International Science Group

ISG-KONF.COM

VI

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE «CURRENT STATE AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND EDUCATION»

Bilbao, Spain

February 10-13, 2026

ISBN 979-8-90214-604-9

DOI 10.46299/ISG.2026.1.6

CURRENT STATE AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND EDUCATION

Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference

Bilbao, Spain
February 10-13, 2026

UDC 01.1

The 6th International scientific and practical conference “Current state and trends in the development of science and education” (February 10-13, 2026) Bilbao, Spain. International Science Group. 2026. 275 p.

ISBN – 979-8-90214-604-9
DOI – 10.46299/ISG.2026.1.6

EDITORIAL BOARD

Pluzhnik Elena	Professor of the Department of Criminal Law and Criminology Odessa State University of Internal Affairs Candidate of Law, Associate Professor
Liudmyla Polyvana	Department of accounting, Audit and Taxation, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
Mushenyk Iryna	Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Mathematical Disciplines, Informatics and Modeling. Podolsk State Agrarian Technical University
Prudka Liudmyla	Odessa State University of Internal Affairs, Associate Professor of Criminology and Psychology Department
Marchenko Dmytro	PhD, Associate Professor, Lecturer, Deputy Dean on Academic Affairs Faculty of Engineering and Energy
Harchenko Roman	Candidate of Technical Sciences, specialty 05.22.20 - operation and repair of vehicles.
Belei Svitlana	Ph.D., Associate Professor, Department of Economics and Security of Enterprise
Lidiya Parashchuk	PhD in specialty 05.17.11 "Technology of refractory non-metallic materials"
Levon Mariia	Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Scientific direction - morphology of the human digestive system
Hubal Halyna Mykolaivna	Ph.D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING		
1.	Корчак М.М. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ТА ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ	10
AUTOMATION AND COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES		
2.	Chantadze I. DESIGN AND EVALUATION OF AN ENERGY-EFFICIENT AUTOMATED GREENHOUSE MANAGEMENT SYSTEM FOR OPTIMIZED MICROCLIMATE CONTROL	13
BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY		
3.	Коц В.В. ОСОБЛИВОСТІ АРТЕРІАЛЬНОЇ ГІПОТОНІЇ	24
CHEMISTRY		
4.	Habiby A.S., Bakdauletuly A. MODELING THE KINETICS, THERMODYNAMICS, AND STABILITY OF HYDROCARBON OXIDATION OVER RECYCLED PGMS-CONTAINING COMPOSITES	31
5.	Koshchii I., Klimko Y. SYNTHESIS OF POTENTIAL CORROSION INHIBITORS BASED ON QUATERNARY SALTS OF PYRIDE-CONTAINING AMIDES AND UREAS	41
CYBERSECURITY AND INFORMATION PROTECTION		
6.	Andrushchak I., Boyko L. PROSPECTS FOR MANAGING DECENTRALIZED SYSTEMS USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY	50
7.	Syrotynskyi R. THREATS AND ISSUES OF NETWORK INFRASTRUCTURE MANAGEMENT IN ZERO-TRUST ARCHITECTURE	55
8.	Syrotynskyi R. ZERO TRUST ARCHITECTURE: PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE “NETWORK AND ENVIRONMENT” PILLAR	58

DENTISTRY		
9.	Удод О.А., Ахмедов А.А.О., Таланов В.М., Афоніна В.В. КРАЙОВЕ ПРИЛЯГАННЯ ТА КРАЙОВЕ ЗАБАРВЛЕННЯ НА МЕЖІ ПРЯМИХ ВІДНОВЛЕНЬ ЗУБІВ	62
ECOLOGY		
10.	Poleva J. THE ECOSYSTEM AS A KEY CONCEPT FOR INTEGRATING BIOLOGICAL KNOWLEDGE IN THE COURSE “FUNDAMENTALS OF BIOLOGY”	66
ECONOMICS		
11.	Войцеховський М.Я. ІНСТРУМЕНТИ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ НЕЛЕГАЛЬНОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ	72
EDUCATION		
12.	Antokhiv-Skolozdra O., Sholota K. INTER- AND INTRALINGUAL PROBLEMS FOR UKRAINIAN RESEARCHERS	75
13.	Chornyy G. AI-ENHANCED PERSONALIZED LEARNING PATHWAYS FOR FOREIGN LANGUAGE READING COMPETENCE	78
14.	Galetskyi S., Topishko N., Biloshytska T., Galetska T. BARRIERS TO EFFECTIVE ONLINE LEARNING IN DEVELOPING ECONOMIES: A MULTI-DIMENSIONAL ANALYSIS AND PATHWAYS TO EQUITY	85
15.	Guliyeva M. STABLISHING AN INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENT USING DIGITAL PLATFORMS	89
16.	Ісаєва С.Д., Соловей Н.В. ПЕДАГОГІЧНЕ СПІЛКУВАННЯ ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНИЙ ЧИННИК ЕФЕКТИВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ	91
17.	Золотарьова Т.В. НАУКОВІ ДИДАКТИЧНІ КАЗКИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСВОЄННЯ ТЕМИ "ВЗАЄМОДІЯ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ" НА ЗАНЯТТЯХ З ГЕНЕТИКИ ДЛЯ МАЙБУТНІХ КОРЕКЦІЙНИХ ПЕДАГОГІВ	94

18.	Казачінер О.С., Бойчук Ю.Д. ФОРМУВАННЯ І РОЗВИТОК ІГРОВИХ НАВИЧОК ЯК ВАЖЛИВА СТРАТЕГІЯ КОРЕКЦІЙНО-РОЗВИТКОВОЇ РОБОТИ З ДИТИНОЮ З РАС	103
19.	Капітула М.С. СУ-ДЖОК ТЕРАПІЯ ЯК ЗАСІБ СТИМУЛЯЦІЇ МОВЛЕННЄВОГО РОЗВИТКУ ДІТЕЙ З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ ПОРУШЕННЯМИ	107
20.	Корж Т. РОЛЬ КЕРІВНИКА У ФОРМУВАННІ ТА РОЗВИТКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ОСВІТИ	109
21.	Кропотова А. СЕНСОРНА ІНТЕГРАЦІЯ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ	114
22.	Сапогова Г. КОРЕКЦІЙНО-РОЗВИВАЛЬНА РОБОТА З УТОЧНЕННЯ ТА ЗБАГАЧЕННЯ АКТИВНОГО СЛОВНИКА У ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ	118
23.	Щербина С.В. ЕФЕКТИВНА КОМУНІКАЦІЯ ВИКЛАДАЧА НА ЗАНЯТТЯХ З ІНОЗЕМНОЇ МОВИ	122
	INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES	
24.	Selmenska Z., Dubnevych M. QUALITY CRITERIA FOR THE TYPOGRAPHY OF CHILDREN'S PUBLICATIONS FOR YOUNGER SCHOOL AGE CHILDREN	125
25.	Selmenska Z., Sinyavsky Y., Hudkovskyi M. USING REGULAR EXPRESSIONS IN SEARCH AND REPLACE OPERATIONS IN THE NOTEPAD++ PROGRAM ENVIRONMENT	129
26.	Selmenskyi R., Maik V. EFFECTIVENESS OF SEMANTIC MODELING OF THE STRUCTURE OF A VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT	133
27.	Сисоєнко С., Аркушенко П., Гузій Є., Садаєв А. СТІЙКІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ	137

LAW		
28.	Бондаренко С.Ю. ІНТЕГРАЦІЯ OSINT У ДІЯЛЬНІСТЬ ПОЛІЦІЇ ДЕМОКРАТИЧНИХ КРАЇН ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЯВЛЕННЯ ЗАГРОЗ ГРОМАДСЬКІЙ БЕЗПЕЦІ	139
29.	Бугайчук К.Л. РЕФОРМУВАННЯ ДИСЦИПЛІНАРНИХ ПРОЦЕДУР В ОРГАНАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІЦІЇ УКРАЇНИ	148
30.	Нестерова І.А. СУЧАСНИЙ КРИМІНОЛОГІЧНИЙ ПОРТРЕТ ПРАВОПОРУШНИКА В УМОВАХ СУСПІЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ	152
MANAGEMENT		
31.	Кушнірук О. ІНСТРУМЕНТИ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ПІДПРИЄМСТВА	155
32.	Ткаченко О., Ямурджі Д. ЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛІНГУ В ОПЕРАЦІЙНОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ	158
MECHANICAL ENGINEERING		
33.	Zenkin M., Remezovskyi O. MODERN COATING TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE PERFORMANCE PROPERTIES OF PRINTING EQUIPMENT COMPONENTS	161
MEDICINE		
34.	Abduali A.A., Oshanova A.B., Ustabay D.A. OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA SYNDROME	167
35.	Akkazykyzy Z., Ongaibayeva S.M., Dametken M. IRRITABLE BOWEL SYNDROME: NEW APPROACHES TO DIAGNOSIS AND TREATMENT	173
36.	Badambekova A.Y., Absebay N.S., Ydyrysheva S.M., Nsanbayeva Z.Y. ALLERGIC TRIGGERS OF TOXIC EPIDERMAL NECROLYSIS IN CHILDREN	179

37.	Khlamanova L., Yaremenko L., Grabovyi O. STUDENT-CENTERED TECHNOLOGY-PSYCHOLOGICAL MODEL OF TEACHING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE 1-2 COURSES OF STUDENTS AT A MEDICAL UNIVERSITY	186
38.	Sergienko O., Chernobai A., Tehelska H. THE USE OF PROBIOTICS IN THE TREATMENT OF DIVERTICULAR DISEASEOF THE COLON	190
39.	Shaken A.D., Kulmukhambetova A.S., Alovyagin A.A., Khamitova D.M., Niftaliyeva K.T. MINIMALLY INVASIVE GLAUCOMA SURGERY (MIGS) IN MODERN GLAUCOMA TREATMENT: A LITERATURE REVIEW	193
40.	Ісакова Н.М., Касьяненко Д.М., Бондаренко Б.Р., Ісакова Я.П. НЕОБХІДНІСТЬ ВИДАЛЕННЯ ТРЕТІХ МОЛЯРІВ ЯК КОРЕЛЯЦІЯ МІЖ ПОЛОЖЕННЯМ ТА РИЗИКОМ ДИСТАЛЬНОГО РЕЦИДИВУ ПІСЛЯ ОРТОДОНТИЧНОЇ ТЕРАПІЇ	201
41.	Кремінська І.Б., Левицька Б.Р., Ярмолюк Я.М., Матлюк М.П., Ковалевський В.В. ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО ДИСБАЛАНСУ МІНЕРАЛЬНО-ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПИТНОЇ ВОДИ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ: ПАТОФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА НАСЛІДКИ	204
42.	Литвинова О.М. ОСОБЛИВОСТІ ПОСТКОВІДНОГО СИНДРОМУ ТА АСПЕКТИ ПРОФІЛАКТИКИ COVID-19 У ДІТЕЙ	208
	PHARMACY	
43.	Minina D., Koval A. INNOVATIVE METAL–ORGANIC FRAMEWORKS	214
	PHILOLOGY	
44.	Petrova E., Boryan Y. SEMANTIC PORTRAIT OF THE OPPOSITION СЛАДКО – ГОРЧИВО / SLADKÝ – HOŘKÝ IN BULGARIAN AND CZECH: A COGNITIVE-LINGUISTIC PERSPECTIVE	217
45.	Rakhymbay A. THE ARTISTIC WORLD AND THE NATURE OF PSYCHOLOGISM IN SAFUAN SHAIMERDENULY'S PROSE	222

46.	Камінська О. ПСИХОЛІНГВІСТИЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ В ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ	229
47.	Тулюлюк К. ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ В КОНТЕКСТІ ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ	232
	PSYCHOLOGY	
48.	Гручман Є.П. ПОЛІТИЧНЕ САМОВИЗНАЧЕННЯ МОЛОДІ ЯК ІНТЕГРАЦІЯ ІДЕНТИЧНОСТІ ТА ЦІННІСНОЇ СТРУКТУРИ	235
49.	Кожедуб О.В., Зубець Я.О., Зіняк І.Я. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДИ ФЕНОМЕНУ “ПСИХОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ”	237
	SOFTWARE ENGINEERING	
50.	Chuprina A., Melnyk S. USER INTERFACE DEVELOPMENT AS A KEY COMPONENT OF MODERN SOFTWARE ENGINEERING	243
51.	Амброскін М. ІНТЕГРАЦІЯ ФІЗИЧНО-ОБІЗНАНОГО ШІ ТА ПРИНЦИПІВ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ У ТРАНСПОРТНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ	246
52.	Міненок Р. ВИКЛИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	249
	TRANSPORT	
53.	Biliakovych O., Kharchenko O. AVIATION GROUND SUPPORT EQUIPMENT AS A FACTOR OF AIRPORT ENVIRONMENTAL SAFETY	252
54.	Tamargazin O. FEATURES OF THE ORGANIZATION OF OPERATION OF AIRFIELD UNMANNED VEHICLES	255

55.	Кім К.В., Ковальова О.В. ОСОБЛИВОСТІ ДОКУМЕНТАЛЬНОГО СУПРОВОДУ АВТОМОБІЛЬНИХ ТА ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ЄВРОПІ	259
56.	Личик В.І. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ У СИСТЕМІ A-SMGCS АЕРОПОРТУ	262
57.	Пізінцалі Л.В., Россомаха О.І., Александровська Н.І., Дімова С.М., Рабоча Т.В. МЕТРОЛОГІЯ: АНАЛІЗ РІЗНОВИД ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТІВ	266

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ТА ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ

Корчак Микола Миколайович
к.т.н., доцент
Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

На сьогодні ячмінь є другою зерновою культурою в Україні. Його площі сягають 2,5-4,5 млн га. В Україні вирощують переважно ярий ячмінь. Озимий менш зимостійкий, ніж пшениця, тому його посіви розміщують у районах зі сприятливими умовами перезимівлі. Це зумовлюється його цінністю в продовольчому, зернофуражному й технічному відношенні, а також високою врожайністю, кращою пристосованістю до несприятливих факторів середовища, дає добру віддачу при застосуванні інтенсивних технологій і мінерального живлення [1, 2].

Попередники. Ячмінь вирощується в сівозмінах переважно після кукурудзи на зерно та цукрових буряків, рідше після стерньових попередників, де він у більшій мірі уражується хворобами та засмічується бур'янами. При виборі попередника необхідно враховувати, на які цілі буде використаний урожай. Так, ячмінь для пивоварного виробництва краще розміщувати після просапних культур, оскільки в цьому випадку отримують не тільки високий урожай, але й якісне зерно [3].

Сорти. Слід відмітити, що у великих господарствах доцільно висівати два-три різних за біологічними властивостями сорти. Зокрема, для господарств рекомендовані такі сорти: Аспект, Звершення, Джерело, Бадьорий, Фенікс, Ефект, Етикет, Докучаєвський 15, Вакула. Козак, Скарлет, Парнас, Виклик, Приклад, Здобуток та ін.

Обробіток грунту. Після збирання цукрових буряків поле дискують дисковими лущильниками, а потім проводять безполицевий обробіток наявними знаряддями: важкими дисковими боронами, чизельними культиваторами, плоскорізами або комбінованими агрегатами. Глибина обробітку – від 16 до 22 см. Після стерньових попередників проводять лущення стерні у два сліди дисковими лущильниками, а потім чизельне розпушування або оранку на 20–22 см [3].

Після кукурудзи система обробітку включає дворазове дискування важкими дисковими боронами на 8–10 см, а потім зяблеву оранку на глибину 20-22 см. Весною поле боронують важкими зубовими боронами, а потім проводять передпосівну культивацію на глибину загортання насіння.

Внесення добрив. Ячмінь найкраще з усіх ярих колосових культур реагує на внесення добрив. При середній забезпеченості чорноземів поживними речовинами під ячмінь за інтенсивної технології рекомендується вносити повне мінеральне добриво за нормою N40P40K40. Під сорти пивоварного ячменю

норми азотних добрив слід зменшувати на 25–30 %. Більша частина добрив (70–75%) вноситься під основний обробіток ґрунту. Під час сівби в рядки необхідно внести складне мінеральне добриво з нормою N10-15P10-15K10-15 під фуражні посіви, а під пивоварні тільки гранульований суперфосфат (60 кг/га у фізичній масі). При вирощуванні ячменю за адаптивною технологією обмежуються тільки припосівним внесенням добрив [3].

Висновки. Для правильного проведення технологічних операцій обробітку ґрунту та внесення добрив при вирощуванні ячменю потрібно чітко дотримуватися агротехнічних вимог та враховувати його особливості як культури [4-13].

Список літератури

1. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник / С.М. Каленська, Л.М. Єрмакова, В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, М.І. Поліщук. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 448 с.

2. Павліський В.М., Нагірний Ю.П., Мельник І.І. Проектування технологічних систем рослинництва. Тернопіль: Збруч, 2003. 262 с.

3. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія /Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін.: за ред. Л.М. Тіщенка. Харк. нац. техн. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2015. 273 с.

4. Victor Sheichenko, Ihor Marynchenko, Ihor Dudnikov, and Mykola Korchak. (2019). Development of technology for the hemp stalks preparation / Independent Journal of Management and Production // State agrarian and engineering university in Podilia. V. 10, № 7, pp. 687 – 701. (ISSN: 2236-269X).

http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/913

5. M. Korchak, S. Yermakov, V. Maisus, S. Oleksiyko, V. Pukas and I. Zavadskaya. Problems of field contamination when growing energy corn as monoculture. E3S Web of Conferences. Krynica, Poland. 6th International Conference – Renewable Energy Sources. Volume 154 (2020). (ISSN: 2267-1242).

https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401009

6. Mykola Korchak, Serhii Yermakov, Taras Hutsol, Lesya Burko, and Weronika Tulej. Features of weediness of the field by root residues of corn // Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Rezekne, Latvia (2021), Volume 1, pp. 122 – 126. https://doi.org/10.17770/etr2021vol1.6541

7. Korchak, M., Bliznjuk, O., Nekrasov, S., Gavrish, T., Petrova, O., Shevchuk, N., Strikha, L., Kostyrkin, O., Semenov, E., and Saveliev, D. (2022). Development of rational technology for sodium glyceroxide obtaining. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Volume 5, № 6 (119), pp. 15 – 21.

https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265087

8. Korchak, M., Bragin, O., Petrova, O., Shevchuk, N., Strikha, L., Stankevych, S., Svishchova, Ya., Khimenko, N., Filenko, O., and Petukhova, O. (2022). Development of transesterification model for safe technology of chemical modification

of oxidized fats. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Volume 6, № 6 (120), pp. 8 – 13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266931

9. Yermakov S., Korchak M., Duhanets V., Pukas V., and Vusatyi M. (2024). Rationale for the combined cultivator design for cultivating soil littered with plant remains of rough-stemmed crops. Environment. Technology. Resources. 15th International Scientific and Practical Conference. June 27-28, 2024, "Vasil Levski" National Military University, Veliko Tarnovo, Bulgaria.
https://doi.org/10.17770/etr2024vol1.7959

10. Mykola Korchak, Anatolii Shostia, Svitlana Usenko, Liudmyla Floka, Nadiia Hnitii, Liubov Morozova, Vita Glavatchuk, Larysa Marushko, Serhii Nekrasov, and Roman Mylostyvyi. (2024). Determination of rational parameters of chemical transesterification technology of sunflower oil. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Technology organic and inorganic substances, Volume 5, № 6(131), pp. 26 – 33. ISSN 1729-3774.
https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313095

11. C. Lu, S. Shevchenko, V. Geichuk, M. Korchak, and A. Topalov. (2024). Research on Improving Seals to Suppress Vibration of Rotary Machines", C. R. Acad. Bulg. Sci., Vol. 77, no. 6, pp. 881–891, Jun. 2024.
https://doi.org/10.7546/CRABS.2024.06.11

12. W. Hui, S. Shevchenko, M. Korchak, A. Lesko, A. Monakhov, Yu. Halynkin, and O. Gerasin. (2025). A Study of Mechanical Seal Rings Thermal and Force Deformations in Energy Rotor Machines. C. R. Acad. Bulg. Sci., vol. 78, no. 1, pp. 109–118, Jan. 2025. https://doi.org/10.7546/CRABS.2025.01.13

13. Korchak, M., Knysh, V., Shostia, A., Usenko, S., Hmelnitska, Y., Rachynska Z., Viaskov V., Kostenko I., Glavatchuk V., Zygin S. (2025). Establishing the influence of sunflower oil quality indicators on the efficiency of the transesterification catalyst. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (6 (138)), 6–13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.344900

DESIGN AND EVALUATION OF AN ENERGY-EFFICIENT AUTOMATED GREENHOUSE MANAGEMENT SYSTEM FOR OPTIMIZED MICROCLIMATE CONTROL

Chantadze Irakli,
Doctoral student
Georgian Technical University

Abstract: Energy consumption and microclimate instability remain critical challenges in modern greenhouse agriculture, particularly under conditions of rising energy costs and increasing climate variability. Efficient regulation of temperature, humidity, lighting, and irrigation is essential for maintaining high crop productivity while minimizing resource losses. This study proposes an automated, energy-efficient greenhouse management system designed to optimize environmental control processes through continuous monitoring and intelligent regulation. The developed system combines sensor-based data acquisition with centralized control strategies to manage heating, ventilation, lighting, and irrigation in an integrated manner. A key innovation of the research is the application of a soil-assisted air circulation approach for humidity control, which enables moisture removal through condensation while simultaneously contributing to soil water balance. Experimental validation confirms that this approach enhances humidity stabilization and reduces the overall energy demand of greenhouse operation. The research methodology involves system design, algorithm development for automated control, and experimental testing under real greenhouse conditions. Performance evaluation focuses on energy efficiency, environmental stability, and the operational reliability of the proposed solution. The results demonstrate that intelligent automation significantly improves microclimate regulation and resource utilization compared to conventional greenhouse management practices. This study contributes to the advancement of sustainable greenhouse technologies by presenting a practical and scalable management framework that supports energy-efficient agricultural production. The proposed system has strong potential for application in modern greenhouse enterprises, educational initiatives, and national strategies aimed at improving resource efficiency and agricultural resilience.

Keywords: energy-efficient greenhouse, automation systems, humidity regulation, heating control, LED lighting, sustainable agriculture, greenhouse technology, resource optimization.

1. Introduction

Energy-efficient greenhouses represent a modern and sustainable approach to agricultural production, aimed at reducing energy consumption while ensuring stable and optimal microclimatic conditions for plant growth. In recent years, increasing energy costs, climate variability, and environmental concerns have intensified the need

for innovative greenhouse technologies that combine automation, resource efficiency, and environmental control. Traditional greenhouse systems often rely on manual regulation and inefficient use of energy and water resources, which leads to significant heat losses, unstable temperature and humidity levels, and a decline in crop quality.

The development of automated greenhouse management systems provides an effective solution to these challenges by enabling continuous monitoring and real-time control of key environmental parameters. By integrating modern sensors, control algorithms, and energy-efficient technologies such as LED lighting and optimized irrigation systems, it is possible to improve both productivity and sustainability. Special attention is given to advanced humidity regulation methods that utilize natural soil thermal resources, offering an energy-saving alternative to conventional ventilation and dehumidification techniques. In this context, the present study focuses on the design, implementation, and experimental evaluation of an energy-efficient greenhouse management system with automated control functions.

2. Object and subject of research

The object of this research is the greenhouse microclimate system, including the physical processes of heat exchange, air circulation, moisture dynamics, and light distribution that directly influence plant growth and development. Particular emphasis is placed on the interaction between the greenhouse environment and soil thermal resources, as well as the impact of automated regulation on maintaining stable temperature, humidity, and illumination levels.

The subject of the research is the development and practical assessment of an automated, energy-efficient greenhouse management system. This system integrates environmental sensors for temperature, relative humidity, illumination, and carbon dioxide concentration with a central control unit that regulates heating, ventilation, humidity control through underground air circulation, LED lighting, and irrigation processes. The study examines control algorithms, system performance, and experimental results to evaluate the effectiveness of the proposed solution in improving energy efficiency, environmental stability, ecological sustainability, and the quality and competitiveness of agricultural products.

3. Target of research

Based on the identified limitations of traditional greenhouse production systems—such as high energy consumption, weak control of microclimatic parameters, dependence on manual operation, and insufficient adaptability to plant physiological needs—the primary target of this research is to design, implement, and experimentally validate an energy-efficient greenhouse management system based on integrated and automated control principles. The proposed system aims to optimize heating, ventilation, humidity regulation, lighting, irrigation, and CO_2 concentration by utilizing sensor-based monitoring and intelligent control algorithms, thereby ensuring stable microclimatic conditions with minimal resource consumption.

The research is focused on developing a technological model of an energy-efficient greenhouse that can operate reliably under varying external climatic conditions,

particularly in regions characterized by seasonal temperature fluctuations and limited energy resources. Special attention is given to reducing heat losses, improving air circulation, and regulating humidity through innovative solutions, including underground air circulation pipelines and condensation-based moisture control. These approaches are intended to enhance energy recovery, minimize unnecessary ventilation losses, and improve overall system efficiency.

To achieve the stated target, several core research tasks were defined and implemented. First, the functional structure of an integrated greenhouse management system was developed, incorporating heating, ventilation, humidity regulation, LED lighting, irrigation, and CO_2 supply into a unified control platform. Each subsystem was analyzed in terms of its operational parameters, energy demand, and interaction with other technological components.

Second, experimental studies were conducted to investigate humidity regulation through the circulation of warm, humid air in underground air ducts, where temperature differences between air and soil lead to water vapor condensation. The formation, collection, and potential reuse of condensate were analyzed to evaluate the effectiveness of this method as an energy-efficient and environmentally sustainable solution for humidity control.

Third, an automated LED lighting management system was designed and tested using a hydroponic vertical greenhouse model. The system adjusts light duration and operating режимs in coordination with natural illumination conditions and plant growth requirements, ensuring optimal photosynthetic activity while reducing electrical energy consumption.

Finally, the integrated operation of all subsystems was implemented through a centralized controller that processes sensor data in real time and executes control actions without human intervention. This approach enables precise regulation of greenhouse microclimate parameters, reduces the influence of subjective decision-making, and increases production stability.

Overall, the target of this research is not only to improve the technical performance of greenhouse systems but also to create a scalable, economically justified, and practically applicable solution that can be adopted in small, medium, and large greenhouse enterprises. The developed model is intended to contribute to the modernization of greenhouse agriculture, enhance resource efficiency, and support sustainable agricultural production under contemporary environmental and economic challenges.

4. Literature analysis

Modern greenhouse technologies are increasingly oriented toward energy efficiency, automation, and sustainable resource management. Numerous scientific studies highlight that traditional greenhouse systems rely heavily on manual control and fossil energy sources, which leads to high operational costs, unstable microclimatic conditions, and inefficient use of resources. As a result, recent research focuses on integrated control systems that combine heating, ventilation, irrigation, lighting, and environmental monitoring into a unified automated framework [1-5].

One of the key research directions in greenhouse technology is microclimate regulation. Studies show that maintaining optimal temperature and humidity levels directly affects plant growth rate, yield, and product quality. Automated ventilation and heating systems based on sensor feedback significantly improve climate stability compared to conventional manual systems. Researchers emphasize that precise control reduces plant stress, minimizes disease development, and improves uniformity of production [7] [9].

Energy consumption remains a major challenge in greenhouse operation. According to existing literature, heating and artificial lighting account for the largest share of energy use. To address this issue, several authors propose the use of energy recovery techniques, including underground air circulation systems. Experimental results demonstrate that passing warm and humid air through soil-based pipelines allows partial heat recovery and promotes water vapor condensation, contributing to both energy savings and humidity regulation.

LED lighting technology has been widely studied as an alternative to traditional high-pressure sodium and fluorescent lamps. Research confirms that LEDs provide higher energy efficiency, longer lifespan, and better spectral control tailored to plant physiological needs. In particular, red and blue wavelength combinations have been shown to enhance photosynthesis and biomass accumulation. Automated LED control systems that adjust light intensity and duration based on plant growth stages and natural light availability further reduce electricity consumption.

Irrigation automation, especially in hydroponic and vertical greenhouse systems, is another extensively studied area. Literature indicates that automated watering systems improve water-use efficiency and nutrient uptake while reducing labor requirements. Integration of irrigation control with environmental sensors enables precise regulation of moisture levels, preventing both water stress and over-irrigation [8] [10] [11].

Recent studies also underline the importance of centralized control platforms in greenhouse automation. Such systems collect real-time data from temperature, humidity, light, and CO_2 sensors and apply predefined control algorithms to manage all subsystems simultaneously. Researchers conclude that integrated automation increases system reliability, reduces human error, and improves overall production efficiency.

In summary, the literature review demonstrates that automated, energy-efficient greenhouse systems represent a well-established and rapidly developing research field. However, many existing solutions are costly or technologically complex, limiting their practical adoption. This creates a clear research gap for developing simplified, cost-effective, and reliable automation models that combine underground air circulation, LED lighting, and irrigation control—an objective directly addressed in the present study.

5. Research methods

The research methodology is based on a systematic approach to the design, implementation, and evaluation of an energy-efficient automated greenhouse model.

The study combines theoretical analysis, system modeling, and experimental validation to assess the effectiveness of the proposed technological solution.

5.1 System Architecture

The greenhouse system is designed as an integrated automation framework consisting of the following main subsystems:

- microclimate monitoring and control;
- underground air circulation and heat exchange;
- LED lighting management;
- automated irrigation system;
- centralized control and data processing unit.

Each subsystem operates based on real-time sensor data and predefined control logic, ensuring coordinated and adaptive system behavior.

5.2 Data Collection and Sensors

Meteorological and environmental data are collected using a network of sensors installed inside and outside the greenhouse. The measured parameters include:

- air temperature;
- relative humidity;
- soil temperature and moisture;
- light intensity;
- carbon dioxide concentration.

Sensor readings are continuously transmitted to the control unit, where they are analyzed and used for decision-making. This real-time data acquisition enables prompt response to environmental changes.

5.3 Control Algorithms

The control strategy is based on threshold and rule-based logic that maintains optimal conditions for plant growth while minimizing energy consumption. Temperature and humidity control is achieved through coordinated operation of ventilation, heating, and underground air circulation systems. When excess heat or humidity is detected, warm air is directed through underground pipes, allowing partial heat storage in the soil and moisture condensation.

LED lighting is controlled according to plant growth stages, daily light integral requirements, and natural light availability. Irrigation schedules are adjusted based on soil moisture data, reducing water waste and preventing plant stress.

5.4 Experimental Setup

An experimental greenhouse prototype is constructed to validate the proposed model. The system operates under real environmental conditions over a defined cultivation period. Performance indicators such as energy consumption, microclimate stability, plant growth rate, and water usage are recorded and compared with those of a conventional greenhouse system.

5.5 Evaluation Criteria

The effectiveness of the system is evaluated using the following criteria:

- reduction in energy consumption;
- stability of temperature and humidity parameters;
- efficiency of water use;
- improvement in plant growth uniformity and yield;
- reliability and responsiveness of the automation system.

Statistical analysis is applied to compare experimental results with baseline values obtained from traditional greenhouse operation.

6. Results and Discussion

This section presents the experimental results obtained from testing the automated greenhouse system and provides an analysis of its performance in comparison with conventional greenhouse operation methods.

6.1 Microclimate Regulation Results

The experimental data show that the proposed system ensures stable regulation of temperature and humidity within the greenhouse. The underground air circulation system effectively reduces temperature fluctuations, especially during periods of rapid external temperature change.

In winter mode, heat recovery through the underground heat exchanger significantly reduced heat losses. The internal air temperature remained within the optimal range for plant growth, while relative humidity levels were maintained at stable values, preventing excessive moisture accumulation.

In summer mode, the cooling effect of the soil contributed to lowering air temperature inside the greenhouse without the use of active cooling devices. This passive cooling approach proved effective in maintaining acceptable thermal conditions.

6.2 Condensate Formation and Utilization

During both operational modes, a noticeable amount of condensate formed on the inner surfaces of the underground air ducts due to temperature differences between air and soil. The inclined installation of the pipes ensured efficient drainage of condensate into the collection tank.

The collected condensate was free of mechanical impurities and can be reused for technical purposes, such as irrigation or system cleaning. This contributes to improved water-use efficiency and supports sustainable resource management.

An air circulation and humidity regulation system with automated control for a greenhouse (1) comprises sections arranged along the entire length of the greenhouse, consisting of air-duct pipes (2) installed parallel to each other underground. Along each underground air-duct pipe (2) of every section, closed-loop jacket pipes (3, 4) filled with water are arranged in segments around the air duct.

From each pair of jacket pipes, the front end of the first jacket pipe (3) is connected to the front end of the subsequent jacket pipe (4) by a water-conducting pipe (5), while

the rear end is connected to the rear end of the next jacket pipe (4) by another water-conducting pipe (6). Pumps (7) and (8) are installed in the water-conducting pipes (5) and (6) to ensure water circulation within the jacket pipes.

Each air-duct pipe of the section is installed underground at an incline, enabling condensate formed inside the air duct to be discharged through a condensate drainage pipe (9) into a collection tank (10). The inlet ends of the air-duct pipes (2) are connected to a supply air duct (11), while the outlet ends are connected to an exhaust air duct (12). The supply and exhaust air ducts (11) and (12) are raised from the ground at different heights at the front and rear of the greenhouse, and fans (13) and (14) are installed on these ducts.

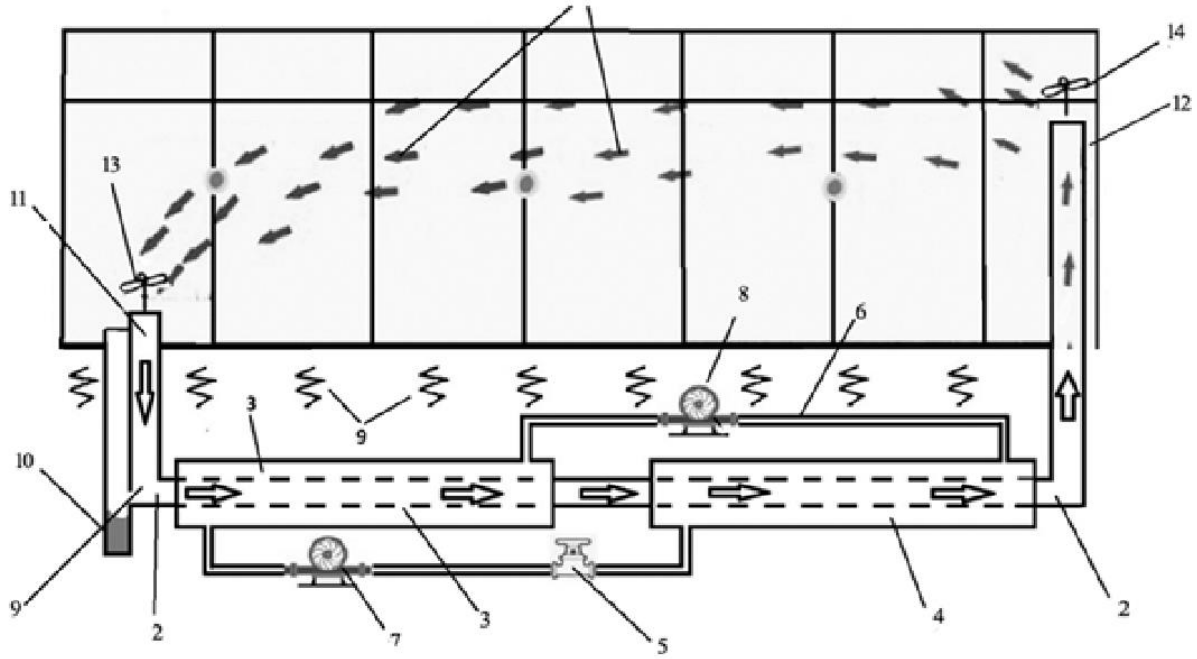


Figure 1. Operating scheme of the automated air circulation and humidity regulation system in the greenhouse. from Patent AP 2025 16849, Irakli Chantadze

The system is capable of operating in both summer and winter modes under automatic control.

In **winter operation mode**, when it is necessary to reduce heating costs and minimize heat losses, the air-duct pipes (2), closed-loop jacket pipes (3) and (4), and connecting water pipes (5) and (6), together with pumps (7) and (8), form a heat recovery system with an underground heat exchanger. The system operates as follows: when warm, humid air passes through the sections containing the closed-loop jacket pipes (3) and (4), it cools down, transferring heat to the water contained within the jacket pipes. The heated water is then pumped by pump (8) through the connecting water pipe (6) into the second jacket pipe (4), where it transfers heat to the already cooled air mass flowing through it. The reheated air is returned to the greenhouse via the outlet pipe (12) using fan (14). Meanwhile, the cooled water from the second jacket pipe (4) is pumped back to the

first jacket pipe (3) via pump (7) and connecting pipe (5), where it is reheated by new masses of warm air extracted from the greenhouse by fan (13), thus repeating the cycle.

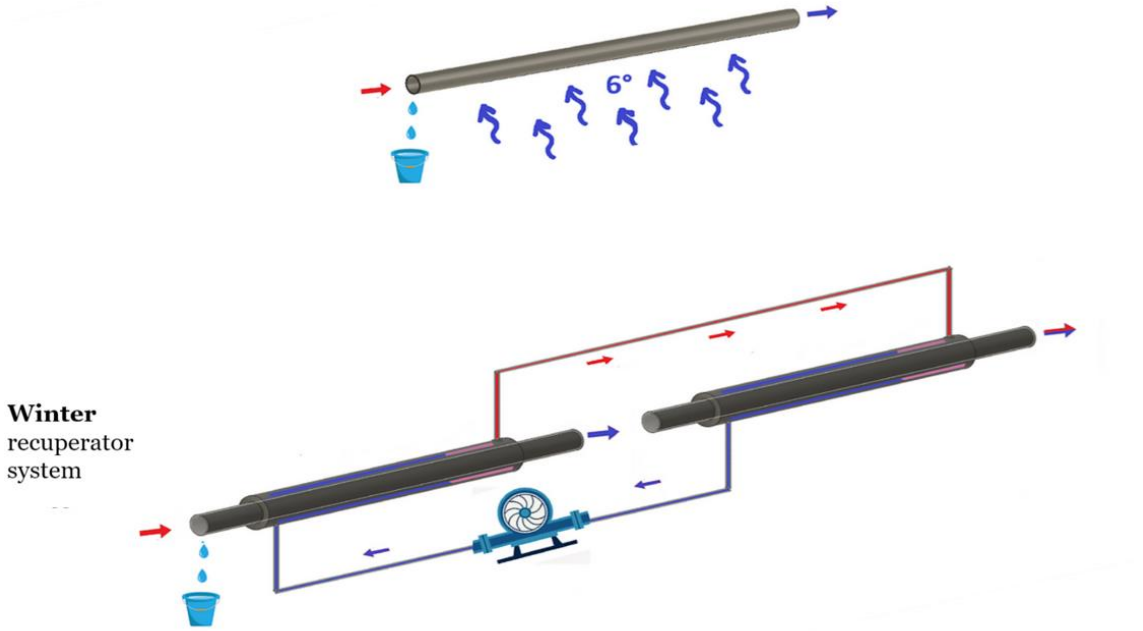


Figure 2. Winter recuperator system representation crated by Irakli Chantadze

In **summer operation mode**, pumps (7) and (8) on the water pipes (5) and (6) are switched off, and the system operates in cooling mode. Warm, humid air from the greenhouse enters the air-duct pipe through a fan and moves along the entire length of the underground air duct. The constant underground temperature (5–10 °C) causes the humid air flow to cool, and the cooled air is returned to the greenhouse by a fan installed at the outlet end of the pipe.

In both operating modes, the temperature difference between the air and the soil causes moisture to condense on the inner walls of the air-duct pipe (2). The resulting condensate is collected in the tank (10) and can subsequently be used for various purposes.

This type of greenhouse ventilation system, utilizing soil thermal resources, offers several advantages. First, it provides a natural and energy-efficient method of humidity control, significantly reducing energy consumption. In addition, improved air circulation within the greenhouse enhances plant health and reduces the risk of diseases caused by excessive humidity.

Excerpt from Patent CN203327636, Irakli Chantadze.

6.3 LED Lighting Performance

The application of LED lighting demonstrated uniform light distribution across the cultivation area. Automated control based on light intensity and growth phase allowed for optimized energy consumption.

Experimental observations confirmed that plants grown under controlled LED lighting exhibited consistent growth patterns and improved morphological characteristics compared to plants grown under non-regulated lighting conditions.

6.4 Energy Efficiency Analysis

One of the most significant outcomes of the research is the reduction in overall energy consumption. The combined use of soil thermal resources, heat recovery, and automated control reduced the demand for conventional heating and ventilation systems.

Energy consumption measurements indicate a noticeable decrease in operating costs, confirming the economic feasibility of the proposed solution.

6.5 Discussion of Results

The experimental results confirm that the integration of automated climate control, underground heat exchange, and LED lighting creates a synergistic effect. The system not only improves microclimate stability but also enhances plant health and productivity.

Compared to traditional greenhouse systems, the proposed model demonstrates higher energy efficiency, reduced environmental impact, and increased operational reliability. These advantages make the system suitable for commercial greenhouse applications and scalable agricultural solutions.

7. Conclusion

This study presents an automated greenhouse air circulation and humidity regulation system based on underground thermal resource utilization and intelligent control. The proposed system integrates air ducts, water-filled closed-loop casing pipes, heat recovery mechanisms, and automated control elements to regulate temperature, humidity, and air circulation efficiently.

Experimental results confirm that the system successfully maintains a stable microclimate inside the greenhouse under both winter and summer operating modes. In winter conditions, the heat recovery process significantly reduces thermal losses and heating energy demand. In summer conditions, passive cooling through soil temperature contributes to effective air cooling without the need for energy-intensive cooling equipment.

The formation and controlled removal of condensate not only prevent excessive humidity but also enable water reuse, increasing overall resource efficiency. Additionally, the integration of LED lighting with automated control enhances plant growth conditions while minimizing energy consumption.

Overall, the system demonstrates clear advantages over conventional greenhouse climate control solutions, including reduced energy consumption, improved environmental sustainability, and enhanced plant health. The modular structure and automated operation make the system adaptable for various greenhouse sizes and climatic conditions.

The results of this research indicate that the proposed solution has strong potential for practical application in modern energy-efficient and sustainable greenhouse technologies.

8. Practical Applications and Future Work

The developed automated greenhouse air circulation and humidity control system has wide practical applicability in modern agricultural production. Due to its energy-efficient design and reliance on underground thermal resources, the system can be effectively implemented in commercial greenhouses, vertical farming facilities, and hydroponic cultivation systems. Its ability to operate in both winter and summer modes allows year-round climate regulation with minimal external energy input.

The system is particularly suitable for regions with significant seasonal temperature variations, where heating and cooling costs represent a major portion of operational expenses. By reducing energy consumption and stabilizing the greenhouse microclimate, the proposed solution improves crop yield quality, shortens growth cycles, and enhances overall production reliability. Furthermore, the collected condensate can be reused for irrigation or technical purposes, contributing to water conservation and sustainable resource management.

Future research may focus on integrating advanced sensor networks and artificial intelligence algorithms for adaptive control and predictive climate regulation. The incorporation of real-time plant physiological feedback could further optimize environmental parameters according to specific crop requirements. Additionally, large-scale field testing and long-term performance analysis will be necessary to evaluate durability, economic feasibility, and return on investment under different climatic conditions.

The proposed system lays a strong foundation for the development of smart, environmentally friendly greenhouse technologies aligned with the principles of precision agriculture and sustainable development.

References

1. Boulard, T., & Wang, S. (2002). Greenhouse crop transpiration simulation from external climate conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 100(1), 25–34. https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00089-9

2. Castellano, S., Scarascia Mugnozza, G., Russo, G., Briassoulis, D., Mistriotis, A., Hemming, S., & Waaijenberg, D. (2008). Plastic nets in agriculture: A general review of types and applications. *Applied Engineering in Agriculture*, 24(6), 799–808. https://doi.org/10.13031/2013.25320

3. Körner, O., & Challa, H. (2003). Process-based humidity control regime for greenhouse crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39(3), 173–192. https://doi.org/10.1016/S0168-1699(03)00079-1

4. Li, T., Heuvelink, E., & Marcelis, L. F. M. (2014). Quantifying the source–sink balance and its impacts on plant growth and development. *Plant, Cell & Environment*, 38(10), 1876–1890. https://doi.org/10.1111/pce.12460

5. López, A., Valera, D. L., Molina-Aiz, F. D., Peña, A., & Marín, P. (2017). Field analysis of a greenhouse with underground air distribution system. *Biosystems Engineering*, 155, 33–45. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.12.003

6. Montero, J. I., Antón, A., Muñoz, P., & Lorenzo, P. (2011). Transpiration from greenhouse crops. *Acta Horticulturae*, 893, 345–352. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.893.36

7. Nelson, J. A., Bugbee, B., & Hopper, N. W. (2020). Economic analysis of greenhouse lighting: LED vs. high pressure sodium fixtures. *HortScience*, 55(3), 361–372. https://doi.org/10.21273/HORTSCI14639-19

8. Pérez-Parra, J., Baeza, E., Montero, J. I., & Bailey, B. J. (2004). Natural ventilation of greenhouses with continuous roof vents. *Biosystems Engineering*, 88(2), 227–239. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.03.007

9. Shamshiri, R. R., Kalantari, F., Ting, K. C., Thorp, K. R., Hameed, I. A., Weltzien, C., Ahmad, D., & Shad, Z. M. (2018). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture. *Biosystems Engineering*, 170, 1–22. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.02.006

10. Otkhozoria, N., Otkhozoria, V., Narchemashvili, M. (2021) Fractality Of Measurements Of Quantities And Real Processes. International Trends In Science And Technology, Engineering Sciences June 2021 Doi: https://doi.org/10.31435/rsglobal_conf/30062021/7620

11. Chkheidze, I., Otkhozoria, N., & Narchemashvili, M. (2021). EVALUATION OF MEASUREMENT QUALITY USING THE MONTE-CARLO METHOD. Universum, 65-70. DOI: 10.32743/UniTech.2021.84.3-4.65-70

12. Sharashenidze, N., Otkhozoria, N., & Menabde, T. (2024). Ultrasonic distance measurement and system simulation. *Georgian Scientists*, *6*(1), 20–25. https://doi.org/10.52340/gs.2024.06.01.04

13. Singh, M. C., Singh, J. P., & Singh, K. G. (2016). Energy efficient greenhouse structures and climate control systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 299–314. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.022

14. Sethi, V. P., & Sharma, S. K. (2007). Survey of cooling technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy*, 81(12), 1447–1459. https://doi.org/10.1016/j.solener.2007.06.004

15. van Straten, G., van Willigenburg, L. G., van Henten, E. J., & van Ooteghem, R. J. C. (2010). *Optimal Control of Greenhouse Cultivation*. CRC Press.

16. Wang, S., & Boulard, T. (2000). Predicting greenhouse climate by neural networks. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104(1), 49–65. https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00141-5

17. Xu, J., Li, Y., Wang, R., & Liu, W. (2021). Energy-saving control strategies for greenhouse environment based on sensor networks. *Energy Reports*, 7, 383–392. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.01.012

18. World Bank. (2020). *Energy-efficient technologies for sustainable greenhouse production*. Washington, DC: World Bank Group.

ОСОБЛИВОСТІ АРТЕРІАЛЬНОЇ ГІПОТОНІЇ

Коц Віталій Віталійович
здобувач DPh
факультету природничої, спеціальної і здоров'язбережувальної освіти,
Харківський національний педагогічний університет імені Г.С.Сковороди,
Харків, Україна

Анотація. У статті розглянуто особливості проявів артеріальної гіпотонії з метою підвищення рівня поінформованості населення щодо стану серцево-судинної системи та збереження здоров'я. Акцент зроблено на можливостях раннього розпізнавання гіпотонічних станів і підходах до покращення загального самопочуття осіб зі зниженим артеріальним тиском. Показано, що гіпотонія часто супроводжується емоційною нестабільністю, підвищеною сугестивністю, схильністю до тривожних і депресивних реакцій, іпохондричних переживань та панічних станів. Обґрунтовано ефективність немедикаментозних заходів корекції, зокрема оптимізації харчування, дотримання режиму дня і сну, регуляції рухової активності та застосування загартовувальних процедур. Підкреслено доцільність щоденних аеробних навантажень (ходьба, біг, плавання, їзда на велосипеді) та недоцільність низькокалорійних дієт і тривалого голодування для осіб із гіпотонією. Запропоновано комплексний підхід до нормалізації вегетативної регуляції, підвищення судинного тонусу та стабілізації артеріального тиску.

Ключові слова: функціональний стан серцево-судинної системи, артеріальна гіпотонія, профілактика, інформованість, вегетативна регуляція.

Актуальність.

У сучасних умовах зростає потреба в систематичному поширенні науково обґрунтованої інформації щодо збереження здоров'я, функціонального стану організму та профілактики порушень регуляторних систем [1–18; 31–37]. Особливої уваги потребують питання стану серцево-судинної системи, механізмів судинної регуляції та профілактики її дисфункцій [19–30].

Зазвичай у фокусі медичних і наукових досліджень перебувають проблеми підвищеного артеріального тиску, тоді як знижений тиск часто сприймається як менш небезпечний стан. Водночас не однозначно визначається причина артеріальної гіпотонії. Проблематичним є і класифікація форм артеріальних гіпотоній. Артеріальна гіпотонія має низку специфічних особливостей, які можуть негативно впливати на якість життя та психоемоційний стан людини.

Мета дослідження — проаналізувати сутність артеріальної гіпотонії, окреслити її потенційні ризики та переваги, а також надати практичні рекомендації щодо мінімізації негативних наслідків цього стану.

Основна частина.

У науковій та клінічній практиці артеріальну гіпотонію нерідко трактують як індивідуальну фізіологічну особливість, а не патологію. Таке твердження є лише

частково коректним, оскільки гіпотонія може мати різну природу. Прийнято розрізняти фізіологічну та патологічну гіпотонію.

Фізіологічна (або так звана «нормальна») гіпотонія характеризується стабільно зниженими показниками артеріального тиску, які не супроводжуються клінічно значущими симптомами та не погіршують самопочуття. У таких випадках низький тиск є індивідуальною нормою, зумовленою конституційними особливостями організму. Найчастіше це спостерігається у осіб астенічної тілобудови — високих, худорлявих, із зниженою масою тіла.

Натомість патологічна гіпотонія є наслідком певних захворювань або порушень регуляторних механізмів. У переважній більшості випадків (близько 90%) вона пов’язана з дисфункцією вегетативної нервової системи, зокрема з вегетативною дистонією, що супроводжується порушенням судинного тонусу. Причиною можуть бути різні фізіологічні системи, точніше порушення їх діяльності, тобто в такому випадку діагностування гіпотонії потребує міждисциплінарного підходу, якщо причини ендокринні, чи неврологічні, чи судинні, чи медикаментозні.

Проблематичним є те, що гіпотоніки не звертаються по допомогу, ігноруючи симптоми, а гіпотонія може призвести до серйозних наслідків.

На відміну від артеріальної гіпертензії, для гіпотонії характерний широкий спектр неспецифічних симптомів. Найчастіше пацієнти скаржаться на загальну слабкість, запаморочення, швидку втомлюваність, зниження працездатності, млявість та серцебиття. Додатково можуть виникати нудота, холодний піт, відчуття ознобу, похолодання кінцівок. Нерідко спостерігаються скарги дифузного характеру — відчуття «загального болю» в тілі або поколювання в ділянці серця.

Нами було проведено дослідження щодо розповсюдження гіпотонії серед студентів. Було опитано 184 студентки, серед яких виявилось 10,3% студенток із гіпотонією (рис.1)

Рис. 1. Кількість студентів із гіпотонією

Найбільш поширеними клінічними скаргами серед обстежених були епізоди запаморочення, порушення зорового сприйняття, відчуття нестійкості під час переходу у вертикальне положення, а також пресинкопальні прояви. Водночас більшість респондентів не повідомляли про наявність вираженої хронічної соматичної патології або регулярного прийому медикаментів, що дозволяє припустити домінування функціональних та нейрогенних механізмів у формуванні виявленої симптоматики.

У випадках, коли подібні прояви мають хронічний характер і поєднуються зі стійко низькими показниками артеріального тиску (менше 100/60 мм рт. ст.), такий стан потребує медичного обстеження і корекції. Якщо ж суб'єктивні скарги наявні за нормальних показників тиску, це може свідчити про інші порушення — зокрема гіпотиреоз, анемію або гіпоглікемію. Особливо небезпечними є критично низькі значення систолічного тиску (нижче 80 мм рт. ст.), які можуть бути ознакою гострих станів, зокрема інфаркту чи інсульту, і вимагають негайної медичної допомоги.

У науково-популярному дискурсі побутує твердження, що гіпотоніки «живуть довше, але сумніше». Дійсно, особи зі зниженим тиском рідше страждають на ішемічну хворобу серця та атеросклероз, однак для них характерні емоційна лабільність, схильність до депресивних переживань, підвищена тривожність, іпохондричні тенденції та панічні реакції.

У зв'язку з цим гіпотонікам доцільно звертатися за консультацією до лікарів-неврологів. Ефективним є санаторно-курортне лікування з чітко структурованим режимом дня, достатнім сном та відпочинком, що сприяє нормалізації нервової регуляції, відновленню функцій вегетативної нервової системи та підвищенню судинного тонусу.

У побутових умовах важливим першим кроком є контроль артеріального тиску. За підтвердженого зниження тиску можливе використання фітотерапевтичних засобів (наприклад, настої елеутерококу), а також рослинних препаратів із тонізувальним ефектом. Оскільки гіпотонія часто супроводжується зниженням рівня глюкози в крові, доцільним є вживання солодких напоїв або продуктів.

Раціон гіпотоніків не потребує суворих обмежень, за винятком алкоголю, який через вазодилатаційний ефект може погіршувати стан. Також не рекомендовані тривалі голодування, низькокалорійні та безсольові дієти. Важливу роль відіграє регулярна фізична активність аеробного характеру, загартовування та дотримання режиму дня, особливо у дітей і підлітків, серед яких гіпотонія зустрічається досить часто.

Зафіксовано низьку обізнаність молоді про потенційну клінічну значущість симптомів, що супроводжують гіпотонію. Виявлено низький рівень настороженості щодо небезпеки симптомів.

Загалом потребується діагностування, моніторинг та виявлення гіпотонії у молоді та респондентів різного віку, а при виявленні такої у обстежених, необхідне інформування про симтоми, про прояви та про етіологію та патогенез, імовірні ризики, поведінку та самодопомогу при імовірних змінах стану на гірше.

У більшій небезпеці знаходяться люди похилого віку та пацієнти із хронічними захворюваннями.

Висновок.

Таким чином, при виявленні артеріальної гіпотонії насамперед необхідно визначити її тип — фізіологічний чи патологічний, проаналізувати можливі внутрішні та зовнішні чинники і, за можливості, усунути їх вплив. Було опитано 184 студентки, серед яких виявилось 10,3% студенток із гіпотонією. Зафіксовано низьку обізнаність молоді про потенційну клінічну значущість симптомів, що супроводжують гіпотонію Узагальнення симптомів та підвищення обізнаності щодо цього стану сприяє своєчасній самодіагностиці та профілактиці ускладнень. Ефективними немедикаментозними засобами корекції є оптимізація харчування, режиму дня і сну, регуляція рухової активності та застосування загартовувальних процедур. Комплексний підхід до регуляції способу життя дозволяє покращити функціональний стан серцево-судинної системи та підвищити якість життя осіб із гіпотонією.

Література:

1.Коц В.П., Коц С.М. Вплив на психофізіологічні показники дітей з високою тривожністю програми відпочинку ПЗОВ. *Тенденції розвитку психології та педагогіки: збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції*. (С. 44-49), 4-5 листопада, 2016, Київ, Україна.

2. Коц В.П., Коц С.М. Реалізація вирішення проблеми високої тривожності у дітей та підлітків педагогічним колективом у дитячому оздоровчому позаміському таборі. *Психологія та педагогіка сучасності: проблеми та стан розвитку науки і практики в Україні: збірник тез наукових робіт учасників міжнародної науково-практичної конференції.* (С. 57-61), 21-22 серпня, 2015, Львів, Україна.

3. Коц С.Н., Коц В.П. Особливості комунікативної компетентності та стресостійкість. *Педагогіка здоров'я: збірник доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції*. (С. 188-191), 18-19 травня, 2018, Харків.

4. Коц С.М., Коц В.П., Максименко М.О. До питання впливу депресії. *Science and society: for being an active participant in XXV International Scientific and Practical Conference*. (С. 64-69), 1-2 листопада, 2021, Берлін, Німеччина. https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2021/11/%D0%9D%D1%96%D0%BC%D0%B5%D1%87%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0_XXV.pdf

5. Kots S., Kots V., Kots V. Study of anxiety level in first-year students. *Science and Education: the 47st International scientific and practical conference.* 27 – 28 February, 2023. Nika Publishing, Liverpool, Great Britain. 2023. 98-106 p. https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/03/GB_28022023.pdf

6. Коц С. Н., Коц В.П. Сум, наслідки та психічне здоров'я. *Розвиток науки та техніки у сучасному світі: XCIII Міжнародна науково-практична конференція.* (С. 43-49), 13 липня, 2022, Вінниця. https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2022/08/Vinnytsia_1307.pdf

7. Коц С.М., Коц В.П. (2016) *Фізіологія вищої нервової діяльності. Навчальний посібник*. Харків: ХНПУ імені Г. С. Сковороди. С.288

8. Коц С.М., Коц В.П., Крат Є.С., Кобченко С.Р. До питання впливу на психічне здоров'я сучасних підлітків. *Здобутки та досягнення прикладних та фундаментальних наук XXI століття: матеріали II Міжнародної наукової конференції.* (Т. 2, С.21-24.), 5 листопада, 2021 Рівне, Україна. https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/mcnd/issue/view/05.11.2021/632

9. Коц С.М., Коц В.П., Зоренко М.В. Інтелектуальна діяльність та психічний стан. *Сучасні тенденції та концептуальні шляхи розвитку освіти і педагогіки [зб. наук. пр.]: матеріали VII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*. (С.23-29), 26 листопада, 2021, Київ. https://openscilab.org/wp-content/uploads/2021/12/suchasni-tendencii-ta-konceptualni-shljahi-rozvitku-osviti-i-pedagogiki_2021_11_26.pdf

10. Коц С.М., Коц В.П., Головко С.В. Деякі аспекти проблеми підвищеної тривожності. *Комплексний підхід до модернізації науки: методи, моделі та мультидисциплінарність: матеріали II Міжнародної наукової конференції*. (С. 77–80),
3 березня 2023 р. Луцьк. Вінниця: Європейська наукова платформа, 2023. URL: https://archive.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/issue/view/03.03.2023/19

11. Коц С.М., Коц В.П., Яценко В. В. Вплив інтернет-мережі на складові емоційного інтелекту сучасної молоді. *Science and technology*. (С. 17-22), 11-12 october, 2021, Lublin, Poland. https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2021/11/%D0%9B%D1%8E%D0%B1%D0%BB%D1%96%D0%BD_%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82-3.pdf

12. Коц С.М., Коц В.П., Коц В.В. Деякі аспекти питання виходу із малої депресії. *Світ наукових досліджень*. (Випуск 14), 24-25 листопада, 2022. Польша. Варшава. Польша. 3 с. http://www.economy-confer.com.ua/full-article/4092/

13. Коц С.М., Коц В.П., Бойко К. Прихована депресія. Martial Law — *Challenges in Modern Science: mhe 31st International scientific and practical conference.* (P. 61-66) p.Warsaw. April 12-13, 2022. Warsaw: Myśl Naukowa, Poland. https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2022/04/Poland_04_2022.pdf

14. Коц С. Н., Коц В.П., Яценко В.В. Рівень тривожності у студентської молоді 2022. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень: матеріали III Міжнародної наукової конференції*. (P. 159-163), 23 вересня, 2022. Київ, Україна. https://archive.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/issue/view/23.09.2022/9

15. Kots SM, Kots VP, Kovalenko PG. Depression does not have a face. *Sectoral research XXI: characteristics and features: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference* (C. 63-66, Vol. 3), April 22, 2022. Chicago, USA. https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/scientia/issue/view/22.04.2022/734

16. Коц С.М., Коц В.П., Бойко К.В., Бехтер А.А. Організація повноцінного сну. *Міжгалузеві диспути: динаміка та розвиток сучасних наукових*

досліджень: матеріали II Міжнародної наукової конференції. (С.58-61), 9 вересня, 2022, Рівне. Вінниця: Європейська наукова платформа, Україна.

17. Коц С. Н., Коц В.П., Коц В.В. Тривожність у підлітків та шляхи впливу. *Sectoral research XXI: characteristics and features: V International Scientific and Theoretical Conference.* (С.103-107), 30 січня, 2023. Чікаго. https://previous.scientia.report/index.php/archive/issue/view/03.02.2023

18. Коц С.М., Коц В.П., Коц В.В. До питання профілактики негативних наслідків перевтоми. *Prospects of modern science and education : V Міжнародна науково-практична конференція*. (С. 57-63). 07-10 лютого 2023 р., Стокгольм, Швеція.

19. Коц В.П. Коц С.М. (2017) Характеристика варіабельності серцевого ритму у молодих людей з різним рівнем рухової активності. *Біологія та валеологія*. 2017. Вип. 19. С. 125-133.

20. Коц СМ., Коц ВП, Кондратенко АО. (2021) Дослідження рівня функціональних показників дихальної системи дітей шкільного віку. *Грааль науки*, 2021, Міжнародний науковий журнал, № 9:160-164. https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/grail-of-science/article/view/15543

21. Коц С.М., Коц В.П., Коваленко П.Г. (2022) Функціональний стан серцево-судинної системи дітей шкільного віку. *Грааль науки*, №12-13: С. 220-226. https://doi.org/10.36074/smpsbr:at.ed-1.03

22. Kots SM, Kots VP. Kots VV. (2022) Characteristics of the functional state of the circulatory system of school-age children. *Грааль науки*, №23: С. 99-105. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.23.12.2022.16

23. Коц С.М., Коц В.П. (2019). Дослідження функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку. *Альманах науки*, (№ 11/1 (32)), 4-8. http://almanah.ltd.ua/save/2019/11%20(32)/101.pdf

24. Коц С.М., Коц В.П. (2020). Стан адаптаційних систем організму дітей шкільного віку. *Альманах науки*, (№ 4 (37)), С.4-8. http://almanah.ltd.ua/save/2020/4%20(37)/1.pdf

25. Коц С.М., Коц В.П., Кондратенко А. О., Кривцун К. В. Характеристика функціонального стану серцево-судинної системи дітей. Development of science and technologyin a pandemic: for being an active participant in LXXIII International Scientific and Practical Conference, (С. 67-71), 18 жовтня, 2021, Львів, Україна https://doi.org/10.36074/grail-of-science.22.10.2021.25.

26. Коц С. Н., Коц В.П (2023) Оцінка функціонального стану серцево-судинної системи дітей 11-12 років. *Природничий Альманах*. Херсон. №34, червень. С.43-58. https://na.kspu.edu/index.php/na/article/view/702

27.Коц С.М., Коц В.П., Коц В.В. (2025) Оцінка функціонального стану серцево-судинної системи дітей з різною масою тіла. *Природничий альманах.* № 37. С. 17-31. DOI: https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2025-37-2

28.Коц С.М., Коц В.П., Коц В.В. (2025) Порівняння показників функціонального стану серцево-судинної системи студенток з різних спеціальностей. *Природничий альманах.* № 37. С. 32-48. DOI: https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2025-37-3

29. Коц В.П., Коц С.М., Коц В.В. Антитіла та антигени і механізм їх утворення. *Innovative scientific research: latest theories, modern methods and practices: XX Міжнародна науково-практична конференція.* (С. 32-48). 20-23 травня 2025 р., Севілья, Іспанія. https://isg-konf.com/uk/innovative-scientific-research-latest-theories-modern-methods-and-practices/

30. Коц С.М., Коц В.П., Коц В.В. Серцево-судинна система та вплив факторів. *Theoretical foundations of scientists and modern opinions regarding the implementation of modern trends: XXV Міжнародна науково-практична конференція*. (С. 48-54), 27-30 червня 2023 р., Сан-Франциско, США. https://isg-konf.com/uk/theoretical-foundations-of-scientists-and-modern-opinions-regarding-the-implementation-of-modern-trends/?utm_source=eSputnik-promo&utm_medium=email&utm_campaign=UA-Sbornik_materialov_konferencii_dostupen&utm_content=1574696963

31. Коц С. М., Коц В. П., Коц В. В. Психічні причини порушень зору. *Innovative approaches to solving scientific problems: the 19th International scientific and practical conference*. (P. 40-45), may 16 – 19, 2023, Tokyo, Japan. International Science Group. 2023. https://isg-konf.com/uk/innovative-approaches-to-solving-scientific-problems/

32. Коц С.М., Коц В.П. (2020) *Вікова фізіологія та вища нервова діяльність . Навчальний посібник.* Харків: ХНПУ імені Г. С. Сковороди. С.288.

33. Коц С.М., Коц В.П. (2015) *Фізіологія людини: навчальний посібник.* Харків: ХНПУ імені. Г.С. Сковороди. С.377.

34. Коц С. Н., Коц В.П., Стребіж В.Є. Гаджети та проблеми хребта. *Science and Education: the 47 st International scientific and practical conference.* (p.106-113), 27 – 28 February, 2023. Nika Publishing, Liverpool, Great Britain. 2023. https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/03/GB_28022023.pdf

35. Коц С.Н., Коц В.П., Стеценко Д.Ю. Профілактика виникнення проблем з хребтом. *Science, latest trends, modern problems and improvement of theories: XXXIV Міжнародна науково-практична конференція.* (С. 27-33) м. Варшава, 29 серпня – 01 вересня 2023 р. Варшава, Польща. https://isg-konf.com/uk/science-latest-trends-modern-problems-and-improvement-of-theories/

36. Коц С.М., Коц В.П., Коц В.В. Вплив сидячого способу життя. *Theoretical and applied aspects of the development of science : the 18th International scientific and practical conference.* (С.66-72), may 09 – 12, 2023. Bilbao, Spain. International Science Group. https://isg-konf.com/uk/theoretical-and-applied-aspects-of-the-development-of-science/

37. Коц С.Н., Коц В.П. Особливості психофізіологічної емоційної компоненти та стресостійкість у студентів-спортсменів. *Стратегічне управління розвитком фізичної культури та спорту: збірник доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю.* (С.174-178), Харків, 17-19 травня 2018 року. Харків, ХДАФК, 2018.

MODELING THE KINETICS, THERMODYNAMICS, AND STABILITY OF HYDROCARBON OXIDATION OVER RECYCLED PGMS-CONTAINING COMPOSITES

Abdul Sadiq Habiby
Master's Student
L.N. Gumilyov Eurasion National University

Bakdauletuly Ayan
Ph.D Student
L.N. Gumilyov Eurasion National University

Abstract: Hydrocarbon oxidation reaction is a key pathway for reducing exhaust pollutants from internal combustion engines, with efficiency strongly dependent on catalyst design. This study proposes a laboratory modeling framework to evaluate hydrocarbon oxidation catalysts based in recycled platinum group metals (Pt, Pd and Rh) integrating reaction kinetics, thermodynamic pathways and structural stability. The framework analyzes combined surface mechanisms (Langmuir-Hinshelwood, Spillover) and Mars-Van Krevelen pathways, emphasizing the role of oxide supports such as CeO2 and CeO2-Al2O3 in lowering light-off temperature and enhancing conversion. The model includes synthetic exhaust generation, controlled operating conditions, gas analysis, aging tests and structural characterization. Kinetic modeling is used to optimize catalyst formulation. Results demonstrate that recycled PGM-based catalysts can achieve competitive activity and long-term stability under realistic exhaust conditions while reducing economic and environmental constraints.

Keywords: Hydrocarbon, Kinetic, PGMs, Recycled catalysts, Stability, Thermodynamic.

Introduction. Hydrocarbon oxidation reaction plays a key role in reducing emissions from internal combustion engines and controlling volatile organic compounds (VOCs) and therefore designing catalysts with high efficiency, long stability and low economic cost are among the priorities of research and development in the field of environment and transportation. In the other hand the limited availability and high cost of platinum group metals (Pt, Pd, Rh, etc.) put significant pressure on the supply chain and cost of catalysts. Therefore, recycling and reuse of PGMs has become increasingly important as a sustainable and cost-effective solution [1].

Recent studies indicate that hydrocarbon oxidation mechanisms over PGM based catalysts typically involve a combination of surface pathways (Langmuir-Hinschel and spillover mechanisms) and Mars-Van Krevelen pathways (involving supported lattice oxygen). Experimental and theoretical evidence (including recent work on metal/oxide systems) emphasize that the presence of water and support metal interaction can significantly alter the mechanisms and activation energy therefore, kinetic and

thermodynamic modeling should be consider these types of pathways and the effects of the reaction environment [2].

Although recycling PGMs from spent catalyst is a good and economical way to reduce costs and environmental impacts. Recycled metals may have changes in oxidation state, particle dispersion, impurities and element distribution that directly affect reaction kinetics, thermodynamic properties of pathways and resistance to deactivation processes like sintering and encapsulation. In addition thermal aging and redox cycling tests indicate that the functional stability of recycled catalysts can be different from that of fresh samples. Therefore, a comprehensive combined study (kinetic, thermodynamic and structural stability) is needed to properly assess the industrial applicability of these materials [3].

The main objective of this paper is to present a modeling and experimental evaluation framework that describes the kinetics of hydrocarbon oxidation reactions on catalytic composites containing recycled PGMs determines the thermodynamic aspects of possible pathways and predicts and tests the stability of performance against thermal aging, oxidation-reduction cycling and impurity effects [4].

The innovation of this work lies in the integration of three key aspects of catalytic performance the precise kinetics of the reactions, the thermodynamic analysis of the pathway under real application conditions (temperature ranges associated with automotive exhaust aftertreatment) and the investigation of the structural operational stability of samples fabricated from recycled PGMs. Furthermore, this study directed focuses on the parameter ranges that are crucial for the industrial use of recycled PGMs, the effect of recycling impurities Pt, Pd ratio and hydrothermal aging effect. Therefore, can provide practical guidance for the design of economical and sustainable catalysts. previous research has shown that with appropriate recycling processes and cognitive composite design, competitive performance of catalysts containing recycled PGMs can be achieved, this paper attempts to translate that evidence into a generalizable analytical framework [5].

Hydrocarbon oxidation over PGM catalysts

The oxidation of hydrocarbon (HC) using platinum group metal (PGM) catalysts, especially Pd and Pt has attracted widespread attention due to its high efficiency in reducing exhaust emissions from combustion engines and removing volatile organic compounds (VOCs). Recent studies of catalytic mechanisms suggest that the reaction pathway in such as catalysts can be a combination of surface pathways such as the Langmuir Hinschel mechanism and Mars Van Krevelen mechanism, where support oxygen plays a major role. In this direction the oxide support such as CeO2 and metal-support interaction affect the activation of oxygen and the stability of the oxide species, which ultimately affects both the reaction rate and the light-off temperature [6].

In this study investigating the effect of carrier type on the complete oxidation of hydrocarbons, Pd-based catalysts supported by CeO2 or a CeO2, Al2O3 composite. We were shown to perform much better than Pd on traditional Al2O3 achieving approximately 90% conversion at around 300°C for CH4 oxidation. While Pd/Al2O3 required a higher temperature to achieve complete conversion. These results highlight the importance of proper carrier selection and design of the catalyst structure (metal +

carrier) in achieving high performance and reduced reaction temperature [7]. On the other hand recent studies in the field of kinetic modeling of hydrocarbon oxidation of PGM catalysts emphasize that for accurate design and performance predictions. The conditions of the reaction environment like present of water vapor, gas composition, oxygen to hydrocarbon ratio, pressure and temperature. As well as the structural changes of the metal such as particle dispersion, metal to carrier ratio and the possibility of surface oxide formation must be considered. For example, in real reaction in engine exhaust the presence of H2 and water can play an important role in changing the reaction direction and the overall efficiency of the oxidation process [8].

However, the practical application of PGM catalysts in exhaust gas purification (CO + HC + NOx mixtures) has shown that combining platinum metals with oxygen storage materials (OSM) such as Ce,Zr compounds or metal spinel's can reduce the ligh-off temperature and improve the simultaneous performance for multiple pollutants (CO, HC and NO). This improvement is due to the spatial proximity of the catalytic metal and the oxygen storage material. Which facilitates oxygen exchange. Such multicomponent configuration often has better performance than simple metal/Al2O3 catalysts [9].

Furthermore, most classical and even recent research focuses on catalysts with new PGM metal, that is recycled or reclaimed metals have been less studied. This is an important gap in knowledge, as the recycling process can change the properties of the metal (oxidation state, dispersion, impurity and element distribution and these changes have a significant impact on the kinetics, thermodynamics and stability of the catalyst. Accurate investigation and modeling of the reaction on catalysts containing recycled PGM is essential to properly assess their industrial applicability at lower cost and long-term stability [10].

The need for integrated kinetics-thermodynamics-stability modeling

Recent studies have shown that separate consideration of reaction kinetics, thermodynamic analysis of pathways and evaluation of structural stability of catalysts is not sufficient to predict the actual performance of PGM catalysts, especially in the case of recycled catalysts, changes in metal dispersion, impurities, particle sintering and carrier effect can simultaneously affect the reaction rate, energy pathways and resistance to deactivation [11]. Therefore, an integrated modeling framework that simultaneously consider reaction kinetics, thermodynamics direction and operational stability is essential for the design of industrial catalysts with predictable and economical performance. This approach allows researchers to comprehensively evaluate the effects of different parameters like operation temperature and operational stability is essential for the design of industrial catalysts with predictable and economical performance. This approach allows researchers to comprehensively evaluate the effects of different parameters (operating temperature, oxygen to hydrocarbon retio, presence of water and impurities) on catalyst behavior and to propose strategies to improve durability and efficiency.

Investigation of the activity, stability and selective properties of platinum group metal (PGM) catalysts

Platinum group metal catalysts including platinum, palladium and rhodium play a vital role in controlling exhaust emissions from internal combustion engines and automobiles due to their high efficiency thermal and chemical stability and resistance to environmental corrosive factors [3,12,13]. As the active component in the conversion of the three main pollutants like CO, HC and NOx into harmless and inert compounds, these materials from the central part of automotive catalytic systems and numerous laboratory and industrial methods have been developed to investigate the performance, useful life, stability of particles and their reactivit [3].

Exploring how kinetic models work

According to scientific evidence and reliable articles the laboratory cycle of catalyst evaluation briefly includes the following steps:

1. **Production of harmful gases (laboratory feed synthesis)**

Preparation of a mixture of gases including O_2, N_2, CO, NOx and HC, accurately by flow controllers and mixers, like real vehicle exhaust conditions [3].

2. **Humidity introduction, temperature and pressure adjustment**

Steam injection via peristaltic pump and linear to create real temperature and humidity, this has a great impact on the aging process and stability of catalyst particles [3].

3. **Passage of the gas mixture through the laboratory catalyst (sample holder)**

The catalyst sample with PGM coating is placed on a cordierite ceramic substrate in a heating chamber. An oxygen sensor and thermocouple are installed to monitor the temperature and oxygen status [12].

4. **Accurate analysis and comparison of gas inlet/outlet**

Using gas analyzers (e.g. FTIR, CLD) the gas concentration before and after the catalyst are recorded and parameters such as oxidation efficiency, activation temperature (T50), oxygen storage capacity (OSC) and NO2/NOx ratio are precisely calculated and evaluated [3].

5. **Aging, stability and cycling tests**

Thermal cycling tests, hydrothermal aging and investigation of the BET specific surface area reduction and pore structure through physicochemical analysis characterize the long-term stability, working strength and transient behavior of the catalyst [14].

6. **Kinetic simulation and modeling feedback**

Experimental data are compared and validated with kinetic and reaction models and a feedback loop is implemented to modify experimental conditions or optimize catalyst formulation if necessary [12].

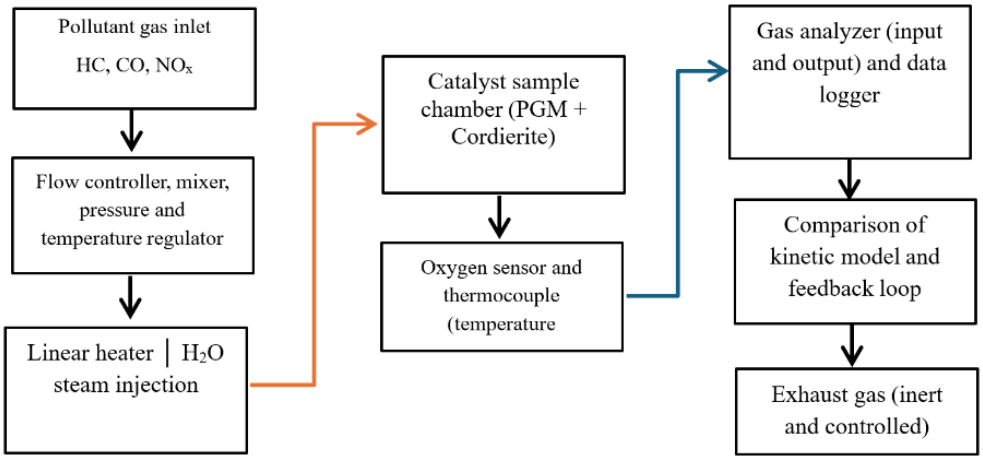


Figure 1. Schematic diagram of the experimental setup for pollutant gas supply, catalyst testing, in situ sensing and exhaust gas analysis [Author's own work]

The main results obtained from the studies based on laboratory cycle simulation were that catalysts containing platinum group metals (PGM) with precise control of operating parameters such as temperature, humidity, gas composition and pressure can maintain thermal stability and high performance in converting pollutants such as CO, HC and NOx into inert gases such as CO2 and N2 for a long time. These studies showed that PGM catalysts, while increasing oxidation efficiency and reducing pollutants exhibit appropriate oxygen storage capacity good tolerance to thermal aging and repeated cycles, also with careful kinetic monitoring and modeling the optimal formulation and favorable operating condition can be determined for longer catalyst life and higher efficiency [3,12].

After a thorough review of the existing literature, we obtained a model that performs relatively better and this model is designed to evaluate and simulate the catalytic activity, structural stability and environmental behavior of platinum group metal based composite catalysts.

Laboratory cycle model for evaluation catalyst activity, stability and PGM composites

1. **Synthetic feed preparation**

Gas such as O_2, N_2, CO, NO_x and HC are carefully mixed to mimic real engine exhaust, using high-precision flow controllers and mass flow meters. Target concentrations reflect real environmental conditions and regulatory requirements [15].

2. **Flow, pressure and humidity conditioning**

The feed is pre-conditioned via linear or tubular heaters and peristaltic steam pumps to regulate temperature and humidity, which directly affect the catalyst aging rate and real-world simulation [16].

3. **Catalyst sample holder with real-time monitoring**

The test bed holds the catalyst with a PGM coating (Pt, Pd, Rh, ternary alloys or supported composites) typically on a cordierite or γ-alumina structure. Integrated sensors (O_2, thermocouples) record temperature and oxygen changes for transient and steady-state condition [15,17].

4. **Exhaust gas analysis (pre/post catalyst, multiple analyzer)**

High-performance gas analyzers (FTIR, CLD, FID and GC-TCD) continuously measure the concentration of CO, HC, NO_x, O_2, CO_2, etc. at the inlet and outlet of the reactor. Data loggers record conversion efficiency, OSC performance, T50 and by-product ration (NO_2/NO_x, NH_3, N_2O) [18].

5. **Aging/deactivation testing (thermal and chemical)**

Simulated rapid aging cycles (thermal cycling, addition of SO2 or other toxins) test long-term activity and highlight deactivation mechanisms related to baking, sulfur/phosphorus poisoning and hydrothermal instability [17].

6. **Structural and surface characterization**

Pre- and post- aging analysis includes XRD for phase composition, SEM/TEM for particle size, EDX/ICP-MS for elemental mapping, UV-Vis surface area analysis and BET for surface, porosity and barrier efficiency evaluation [15,17,19].

7. **Data acquisition-kinetic modeling and feedback optimization**

Real-time and post-test data are used to fit kinetic models (including oxygen storage/release, transient reactivity etc.) to improve catalyst design and operating parameters. Feedback loops allow for adjustment in feed, flow and test environment for maximum conversion and stability [18].

8. **Cleaned emissions**

Efficient catalysts result in maximum conversion of harmful gases to CO_2, N_2 and H_2O, while minimizing emissions of NH_3, N_2O or particulate matter. Any unconverted toxic gases or secondary pollutants are accurately measured and minimized.

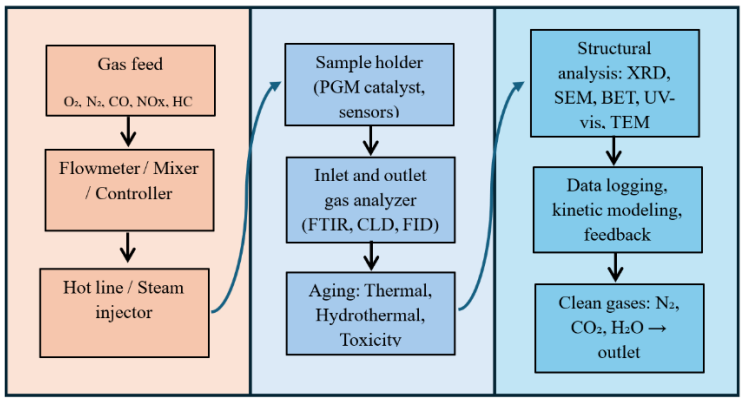


Figure 2. Schematic diagram of the experimental setup for gas feed, catalysts aging, in-suit gas analysis and structural characteristics [Author's own work]

Based in studies by [15,17,18], the model includes the design and analysis of advanced nanoalloys and composites such as Rh–Pd–Pt and $CuO–CeO_2–Al_2O_3$. These structures are evaluated by methods such as phase, surface area and metal dispersion.

These studies show that controlling the nanoscale structure and metal dispersion directly enhances catalytic activity and thermal stability.

According to [18], the model includes measurements of CO, HC and NOx conversion, T50 values, oxygen storage capacity (OSC) and thermal aging resistance.

The results of these studies confirm that catalysts with higher OSC and better structure stability have less activity loss and provide higher efficiency under real operating conditions.

Results

In this study an integrated laboratory cycle was developed to simultaneously evaluate the activity, stability and selectivity of automotive catalysts based on platinum group metals. The proposed model by accurately simulating the exhaust gas composition, humidity, pressure and engine thermal profile, allows for close -to-real world evaluation and significantly increases the accuracy of measuring the dynamic performance of the catalysts compared to classical methods.

The results of the activity and aging tests showed that combining performance data (conversion, T50, OSC) with post-test structural information (XRD, BET, TEM and ICP-MS) allows for the extraction of a quantitative relationship between structure, stability and performance. This facilitates the identification of dominant deactivation mechanisms, including metal sintering, active phase reduction and the effect of water vapor or toxins and paves the way for optimizing Pt-Pd-Rh formulations.

In addition to increasing the analytical resolution, the proposed framework creates a feedback loop between the kinetic model and the test design that can be used in the development of a new generation of catalysts that are more energy-efficient and resistant to aging. Considering the results obtained, it is suggested that in future work, the effects of transient engine cycles, instantaneous fluctuations in the air/fuel ratio, and real-scale field tests should be added to the model to further increase the external validity of the system.

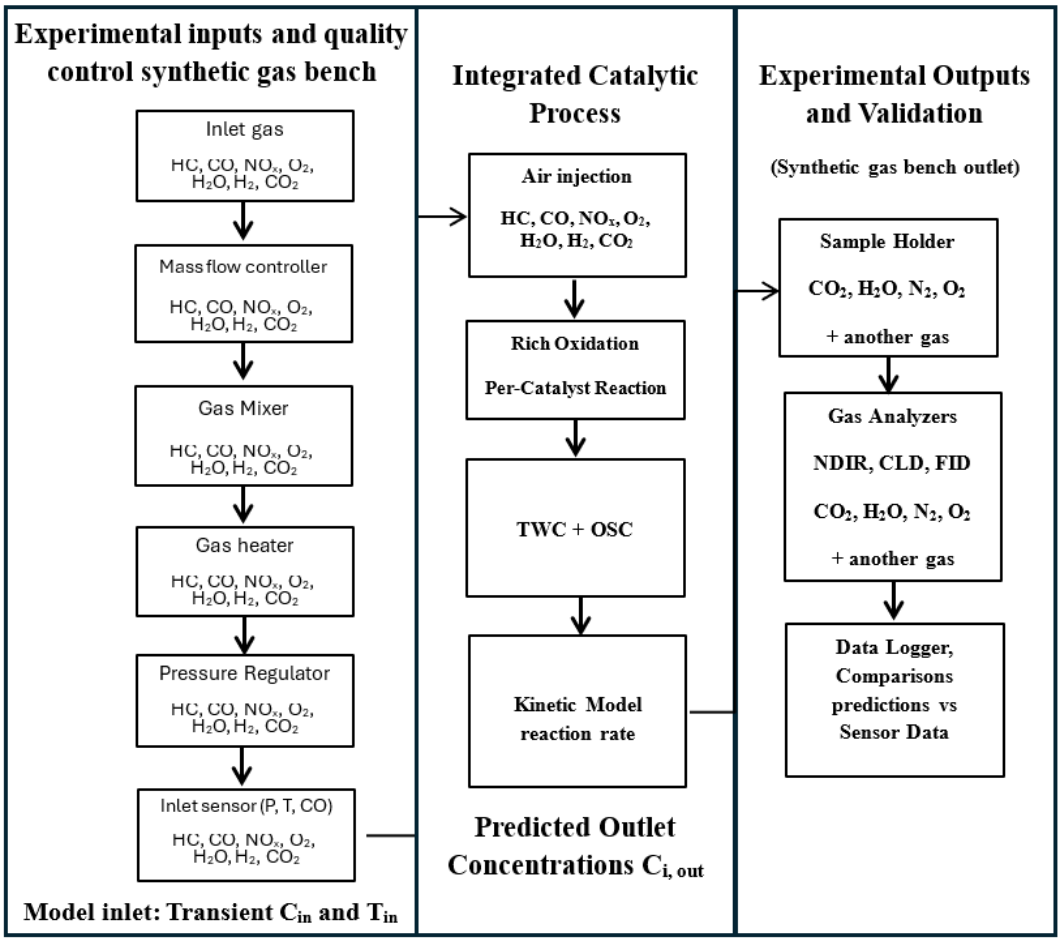


Figure 3. Schematic diagram of the integrated catalysis [Author's own work]

1. Reconstruction of real conditions: precise adjustment of temperature, pressure, humidity and feeding composition allows for more realistic catalyst aging and evaluation.
2. Feedback-based optimization: coupling the cycle with kinetic modeling enables real-time modification of catalyst design and performance.
3. Full structural analysis: using SEM, TEM, BET, XRD and ICP-Ms before and after aging provides a deeper understanding of structural change.
4. Accurate monitoring of secondary pollutants: advanced analytical tools enable accurate measurement of NH_3, N_2O and particulate matter.

Conclusion

This study provides a comprehensive framework for evaluating the performance of recycled platinum group metal-based hydrocarbon oxidation catalysts, demonstrating that it is possible to balance the economic challenges of cost and resource constraints of PGM with stringent environmental requirements. The results show that although the recycling process can change the dispersion, oxidation state and metal distribution, these changes can be managed and even used to improve performance by careful carrier design, structural control and tuning of operating condition.

The integration of kinetics, thermodynamics and structural-operational stability axes along with the design of a laboratory cycle including synthetic feed generation, precise condition control and simultaneous gas analysis, allowed for a quantitative

correlation between nanoscale structure and catalytic activity. Furthermore, the use of a feedback loop between experimental data (CO, HC and NOx conversion, ignition temperature, OSC and side species such as NH_3/N_2O) and kinetic models allowed the Pt/Pd/Rh formulation and operating condition to be dynamically optimized, leading to a model-based design path.

Overall, this research fills an important gap in scientific literature, which has mainly focused on fresh metal catalysts and has shown that recycling provides not only a challenge but also an opportunity for the optimal design of economy and circular economy-compatible catalysts. the presented approach is directly transferable to industrial scale due to the consideration of the effect of impurities metal ratios and hydrothermal stability.

References:

1. Zhang S, He X, Ding Y, Shi Z, Wu B. Supply and demand of platinum group metals and strategies for sustainable management. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2024;204:114821. doi:10.1016/J.RSER.2024.114821
2. Holm A, Davies B, Boscolo Bibi S, et al. A Water-Promoted Mars−van Krevelen Reaction Dominates Low-Temperature CO Oxidation over Au-Fe2O3 but Not over Au-TiO2. ACS Catal. 2024;14(5):3191-3197. doi:10.1021/acscatal.3c05978
3. Moschovi AM, Giuliano M, Kourtelesis M, et al. First of its kind automotive catalyst prepared by recycled pgms-catalytic performance. Catalysts. 2021;11(8). doi:10.3390/catal11080942
4. Mayu Kamisono, Takafumi Hanada, Masahiro Goto. Platinum Group Metal Recycling from Spent Automotive Catalysts Using Reusable Hydrophobic Deep Eutectic Solvent. ACS Sustainable Resource Management. 2024;1(5):1021-1028.
5. Grilli ML, Slobozeanu AE, Larosa C, Paneva D, Yakoumis I, Cherkezova-Zheleva Z. Platinum Group Metals: Green Recovery from Spent Auto-Catalysts and Reuse in New Catalysts—A Review. Crystals (Basel). MDPI. 2023;13(4). doi:10.3390/cryst13040550
6. Papadopoulos C, Kourtelesis M, Dimaratos A, Moschovi AM, Yakoumis I, Samaras Z. Mechanistic Aspects of the Chemical Reactions in a Three-Way Catalytic Converter Containing Cu and Platinum Group Metals. Processes. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). 2025;13(3). doi:10.3390/pr13030649
7. Tabakova T, Grahovski B, Karakirova Y, et al. Effect of Support on Complete Hydrocarbon Oxidation over Pd-Based Catalysts. Catalysts. 2025;15(2). doi:10.3390/catal15020110
8. Piqueras P, Sanchis EJ, Conde C, Herreros JM, Tsolakis A. Role of H2 in CO and HC conversion by automotive oxidation catalysts under real-world driving conditions. Int J Hydrogen Energy. 2025;105:100-115. doi:10.1016/j.ijhydene.2025.01.121
9. Jan Březina, Rudolf Pečinka, Panagiotis Boutikos, Petr Kočí. Comparison of dual CO light-off effect on Pt/CeO2/γ Al2O3, Pd/CeO2/γ Al2O3, Pt/γ Al2O3 and Pd/γ Al2O3 in the presence of C3H6. Chem Eng Sci. 2020;218(115542).

10. Bo Xv, Zhichao Li, Guozheng Zha, Dachun Liu, Bin Yang, Wenlong Jiang. Recovery of platinum group metals from spent automotive catalysts: Review of conventional techniques and vacuum metallurgy. Resour Conserv Recycl. 2025;215:103-108.

11. Ifeanyi Michael Smarte Anekwe, Yusuf Makarfi Isa. Unlocking catalytic longevity: a critical review of catalyst deactivation pathways and regeneration technologies. Energy Advances. 2025;4(9):1075-1113.

12. Twigg M V. Progress and future challenges in controlling automotive exhaust gas emissions. Appl Catal B. 2007;70(1-4):2-15. doi:10.1016/j.apcatb.2006.02.029

13. Yakoumis I, Panou M, Moschovi AM, Panias D. Recovery of platinum group metals from spent automotive catalysts: A review. Clean Eng Technol. 2021;3:100112. doi:10.1016/J.CLET.2021.100112

14. Moschovi AM, Giuliano M, Kourtelesis M, et al. First of its kind automotive catalyst prepared by recycled pgms-catalytic performance. Catalysts. 2021;11(8). doi:10.3390/catal11080942

15. Luong NT, Yamasue E, Okumura H, Ishihara KN. Thermal Stability and Catalytic Performance of Pd, Pt and Rh Loaded on CuO–CeO2–Al2O3 Support for Three-Way Catalysts. In: 2013:167-177. doi:10.1007/978-4-431-54264-3_19

16. Vasile E, Ciocanea A, Ionescu V, Lepadatu I, Diac C, Stamatin SN. Making precious metals cheap: A sonoelectrochemical – Hydrodynamic cavitation method to recycle platinum group metals from spent automotive catalysts. Ultrason Sonochem. 2021;72. doi:10.1016/j.ultsonch.2020.105404

17. Vedyagin AA, Shubin Y V., Kenzhin RM, Plyusnin PE, Stoyanovskii VO. The attractiveness of the ternary Rh-Pd-Pt alloys for CO oxidation process. Processes. 2020;8(8). doi:10.3390/PR8080928

18. Wang C, Wang X, Tan J, et al. Investigation of Engine Exhaust Conversion and N2O/NH3 Generation on Pd-Based Catalyst. Atmosphere (Basel). 2025;16(9). doi:10.3390/atmos16091038

19. Rinkovec J. Platinum, palladium, and rhodium in airborne particulate matter. Arh Hig Rada Toksikol. Sciendo. 2019;70(4):224-231. doi:10.2478/aiht-2019-70-3293

20. Vincent JL, Crozier PA. Atomic level fluxional behavior and activity of CeO2-supported Pt catalysts for CO oxidation. Nat Commun. 2021;12(1). doi:10.1038/s41467-021-26047-8

21. Chen Z, Liu Q, Liu H, Wang T. Recent Advances in SCR Systems of Heavy-Duty Diesel Vehicles—Low-Temperature NOx Reduction Technology and Combination of SCR with Remote OBD. Atmosphere (Basel). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). 2024;15(8). doi:10.3390/atmos15080997

22. Wang J, Chen H, Hu Z, Yao M, Li Y. A review on the Pd-based three-way catalyst. Catal Rev Sci Eng. Taylor and Francis Inc. 2015;57(1):79-144. doi:10.1080/01614940.2014.977059

23. Gao J, Tian G, Sorniotti A, Karci AE, Di Palo R. Review of thermal management of catalytic converters to decrease engine emissions during cold start and warm up. Appl Therm Eng. Elsevier Ltd. 2019;147:177-187. doi:10.1016/j.applthermaleng.2018.10.037

SYNTHESIS OF POTENTIAL CORROSION INHIBITORS BASED ON QUATERNARY SALTS OF PYRIDE-CONTAINING AMIDES AND UREAS

Koshchii Iryna
PhD in Chemistry, Associate Professor
Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Klimko Yurii
PhD in Chemistry, Senior Lecturer
Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract: A method for the synthesis of quaternary salts of mono- and diquaternized N-arylnicotinamides and ureas as potential inhibitors of acid corrosion is proposed. Available reagents were used in the syntheses: benzyl chloride, allyl bromide, nicotinic acid chlorides, aromatic amines and isocyanates. Preparative yields are 67-87%.

Keywords: corrosion inhibitors, quaternary ammonium salts, N-arylnicotinamides, quaternized and diquaternized salts, quaternized salts based on nicotine-containing ureas.

Materials and methods

IR spectra of the synthesized compounds in KBr tablets were recorded on a Specord-75-JR instrument. PMR spectra were obtained on a JEOL spectrometer (90 MHz) in DMSO-d6 and CDCl3, chemical shifts were measured in the δ-scale.

N-phenylnicotinamide (9). Dissolve 4 g (0.043 mol) of aniline 6 in 50 ml of dichloroethane, add 12.06 ml (0.086 mol) of triethylamine and 7.6 g of hydrochloric acid (0.043 mol). After boiling for 7 h, wash twice with a dilute solution of soda and three times with water. Dry with sodium sulfate. Filter, wash the precipitate with chloroform. Remove the solvent. Add 250 ml of methanol and activated carbon to the precipitate, boil for 10-15 min. The resulting solution is filtered and the solvent is evaporated under vacuum. The precipitate is recrystallized from acetone. Yield 4.94 g (58%). M.p. = 127°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3365 (NH), 1705 (C=O).

^1H NMR (δ, m.p., $CDCl_3$): 8.43 (1H, s.s., NH), 9.05 (1H, d., j = 1.0 Hz), 8.70 (1H, d., j = 4.0 Hz), 8.16 (1H, d.d., j = 6.0 Hz, j = 1.0 Hz), 7.62-7.14 (m., 6H).

3-(N-phenylcarboxamido)-N-benzylpyridinium chloride (12). Dissolve 4.94 g (0.025 mol) of amide 9 in 50 ml of benzene (dry) and add 2.86 ml (0.025 mol) of benzyl chloride. The mixture is boiled for 6 hours and cooled. Then the precipitate is filtered off and washed several times with dry benzene to completely remove benzyl chloride. Dry in air. Yield 5.98 g (74%). Mp = 119°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3340 (NH), 1700 (C=O).

^1H NMR (δ, m.p., DMSO-d_6): 3.28 (2H, c., CH_2), 10.29 (1H, s.s., NH), 9.17 (1H, d., j = 1.0 Hz), 8.74 (1H, d.d., j = 4.0 Hz, j = 1.0 Hz), 8.30 (1H, d.d., j = 6.0 Hz, j = 1.0 Hz), 7.73-7.08 (m., 11H).

1-Naphthylnicotinamide (10). Dissolve 4 g (0.028 mol) of 1-naphthylamine 7 in 50 ml of dichloroethane, add 7.8 ml (0.056 mol) of triethylamine and 5 g of hydrochloric acid (0.028 mol). After boiling for 7 h, wash twice with dilute sodium hydroxide solution and three times with water. Dry with sodium sulfate. Filter, wash the precipitate with chloroform. Remove the solvent. Add 250 ml of methanol and activated carbon to the precipitate, boil for 10-15 min. The resulting solution is filtered and the solvent is evaporated under vacuum. The precipitate is recrystallized from acetone. Yield 3.53 g (51%). M.p. = 136°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3310 (NH), 1635 (C=O).

^1H NMR (δ, m.p., $CDCl_3$): 8.26 (1H, s.s., NH), 9.20 (1H, d., j = 1.0 Hz), 8.79 (1H, d.d., j = 1.0 Hz, j = 4.0 Hz), 8.26-7.51 (m., 9H).

3-(N-1-naphthylcarboxamido)-N-benzylpyridinium chloride (13). Dissolve 3.53 g (0.012 mol) of amide 10 in 30 ml of benzene (dry) and add 1.632 ml (0.012 mol) of benzyl chloride. The mixture is boiled for 5.5 hours and cooled. Then the precipitate is filtered off and washed several times with dry benzene to completely remove benzyl chloride. Dry in air. Yield 3.57 g (67%). M.p. = 128°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3340 (NH), 1680 (C=O).

^1H NMR (δ, m.ch., DMSO-d_6): 3.71 (2H, c., CH_2), 10.61 (1H, s.s., NH), 9.10 (1H, d., j = 1.0 Hz), 8.75 (1H, d.d., j = 4.0 Hz, j = 1.0 Hz), 8.49-7.48 (m., 14H).

2-Naphthylnicotinamide (11). Dissolve 4 g (0.028 mol) of 2-naphthylamine 8 in 50 ml of dichloroethane, add 7.8 ml (0.056 mol) of triethylamine and 5 g of hydrochloric acid (0.028 mol). After boiling for 7 h, wash twice with a dilute solution of soda and three times with water. Dry with sodium sulfate. Filter, wash the precipitate with chloroform. Remove the solvent. Add 250 ml of methanol and activated carbon to the precipitate, boil for 10-15 min. The resulting solution is filtered and the methanol is evaporated under vacuum. The precipitate is recrystallized from acetone. Yield 3.04 g (44%). M.p. = 161°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3250 (NH), 1625 (C=O).

^1H NMR (δ, m.h., $CDCl_3$): 8.43 (1H, s.s., NH), 9.12 (1H, d., j = 1.0 Hz), 8.73 (1H, d.d., j = 1.0 Hz, j = 4.0 Hz), 8.28-7.31 (m., 9H).

3-(N-2-Naphthylcarboxamido)-N-benzylpyridinium chloride (14). Dissolve 3.04 g (0.012 mol) of amide 11 in 30 ml of benzene (dry) and add 1.376 ml (0.012 mol) of benzyl chloride. The mixture is boiled for 5.5 h and cooled. Then the precipitate is filtered off and washed several times with dry benzene to completely remove benzyl chloride. Dry in air. Yield 3.3 g (72%). Mp = 148°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3350 (NH), 1670 (C=O).

^1H NMR (δ, m.ch., DMSO-d_6): 3.52 (2H, c., CH_2), 10.80 (1H, s.s., NH), 9.23 (1H, d., j = 1.0 Hz), 8.84 (1H, d.d., j = 4.0 Hz, j = 1.0 Hz), 8.54-7.41 (m., 14H).

3-(N-2-Naphthylcarboxamido)-N-allylpyridinium bromide (17). Dissolve 3.82 g (0.0154 mol) of amide 11 in 50 ml of benzene (dry) and add 1.33 ml (0.0154 mol) of

allyl bromide. The mixture is boiled for 16 h and the solvent is removed. The product is washed with benzene and crystallized from methanol. Yield 4.03 g (71%). M.p. (dec.) = 283°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3350 (NH), 1685 (C=O).

^{1}H NMR (δ, m.h., DMSO-d_6): 5.85 (2H, c., CH2), 8.10 (1H, s.s., NH), 6.01-7.95 (m., 14H).

3-(N-phenylcarboxamido)-N-allylpyridinium bromide (18). Dissolve 12.27 g (0.062 mol) of phenylnicotinamide 9 in 60 ml of benzene (dry) and add 5.4 ml (0.062 mol) of allyl bromide. The mixture is boiled for 10 h. A precipitate forms, which is filtered and dried in air. The product is crystallized from ethanol. Yield 16.4 g (83%). M.p. (dec.) = 221°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3350 (NH), 1695 (C=O).

^{1}H NMR (δ, m.ch., DMSO-d_6): 5.46 (2H, c., CH_2), 8.39 (1H, s.s., NH), 6.28-7.88 (m., 12H).

5-Bromo-2-benzoylamino-N-allylpyridinium bromide (19). Dissolve 6.67 g (0.024 mol) of 5-bromo-2-benzoylaminopyridine 16 in 50 ml of benzene (dry) and add 2.1 ml (0.024 mol) of allyl bromide. The mixture is boiled for 16 h and the solvent is removed. The residue is washed with benzene and crystallized from methanol. Yield 7.28 g (76%). M.p. (dec.) = 238°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3330 (NH), 1650 (C=O).

^{1}H NMR (δ, m.ch., DMSO-d_6): 8.29 (2H, c., CH_2), 8.94 (1H, s.s., NH), 7.54-7.87 (m., 11H).

N-(2-pyridyl)nicotinamide (25). Dissolve 1.03 g (0.011 mol) of 2-aminopyridine 22 in 50 ml of chloroform (dry), add 3.09 ml (0.022 mol) of triethylamine and 2 g (0.011 mol) of hydrochloric acid. After 8 h of boiling, cool and wash with dilute sodium hydroxide solution. Then the residue is recrystallized from benzene. Yield 0.9 g (41%). M.p. = 144°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3200-2910 (NH), 1650 (C=O).

^{1}H NMR (δ, m.h., CDCl3): 9.36 (H5, s.s., NH), 9.14 (H1, d., $j_{1,4}$ = 1.5 Hz), 8.75 (CH_2, d.d., $j_{2,3}$ = 4.5 Hz, $j_{2,4}$ = 1.5 Hz), 8.31-8.12 (m., H6, H9), 7.74 (H8, $j_{8,9}$ = 6.5 Hz, $j_{8,9}$ = 1.5 Hz), 7.40 (H3, d.d., $j_{3,4}$ = 6.5 Hz, $j_{3,2}$ = 4.5 Hz), 7.29 (H4, d., $j_{4,3}$ = 6.5 Hz), 7.04 (H7, d.d., $j_{7,8}$ = 6.5 Hz, $j_{7,6}$ = 4.0 Hz).

3-(N-(2-pyridyl)carboxamido)pyridyl-N,N-dibenzylpyridinium chloride (28). Dissolve 2.33 g (0.012 mol) of amide 25 in 50 ml of benzene (dry) and add 2.75 ml (0.024 mol) of benzyl chloride. The mixture is boiled for 16 hours and cooled. Then the reaction mixture is filtered and dried in air. Yield 1.78 g (33%). M.p. (dec.) = 129°C.

^{1}H NMR (δ, m.h., $CDCl_3$): 9.44 (3H, m.s., NH, CH_2), 8.22 (7H, m., CH_2, Ph), 7.03 (3H, m., Ph), 7.38 (3H, m., Ph, Py), 7.74 (2H, m., Py), 8.76 (2H, m., Py), 9.18 (3H, m., Py).

N-4-pyridylnicotinamide (26). Dissolve 3 g (0.03 mol) of 4-aminopyridine 23 in 50 ml of chloroform (dry), add 8.4 ml (0.06 mol) of triethylamine and 5.4 g (0.03 mol) of hydrochloric acid. After 6 h of boiling, the reaction mixture is cooled and treated with

a dilute solution of NaOH (10%), washed with water until neutral and dried with sodium sulfate. Then the chloroform is evaporated. Yield 4.82 g (38%). M.p. = 186°C.

^{1}H NMR (δ, m.p., $CDCl_3$): 9.51 (1H, s.s., NH), 8.32 (2H, d., j = 6.0 Hz), 8.11 (1H, s.), 7.83 (1H, d., j = 6.5 Hz), 7.57 (2H, d., j = 6.0 Hz), 7.52-7.28 (2H).

3-(N-(4-pyridyl)carboxamido)pyridyl-N,N-dibenzylpyridinium chloride (29). Dissolve 4 g (0.02 mol) of amide 26 in 50 ml of benzene (dry) and add 4.59 ml (0.04 mol) of benzyl chloride. The mixture is boiled for 16 hours and cooled. Then the reaction mixture is filtered and dried in air. Yield 2.99 g (44%). M.p. (dec.) = 174°C.

^{1}H NMR (δ, m.h., $CDCl_3$): 9.63 (3H, s.s., NH, CH2), 8.52 (2H, d., j = 6.5 Hz), 8.24 (m., 7H), 7.87 (2H, d., j = 6.5 Hz), 7.29 (m., 7H), 5.91 (2H, s., CH_2).

N-3-quinolylnicotinamide (27). Dissolve 3.97 g (0.027 mol) of 3-aminoquinoline 24 in 100 ml of chloroform (dry) and add 4.9 g (0.027 mol) of hydrochloric acid. After 9 hours of boiling, a precipitate forms, which is filtered off and dissolved in a minimum amount of water. Then, excess KOH is added, a precipitate forms upon cooling. After that, the substance is filtered off and dried in air. Yield 4.06 g (62%). M.p. = 152°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3330-3050 (NH), 1640 (C=O).

^{1}H NMR (δ, m.p., $CDCl_3$): 9.87 (1H, s.s., NH), 9.13 (1H, s., CH), 8.92 (1H, s., CH), 8.34 (1H, d., j = 6.0 Hz), 7.94-7.41 (m., 7H).

3-(N-(3-quinolyl-N-benzylquinolilium chloride)carboxamido)pyridyl-N-benzylpyridinium chloride (30). Dissolve 3.56 g (0.014 mol) of amide 27 in 100 ml of chloroform (dry) and add 3.21 ml (0.028 mol) of benzyl chloride. After boiling for 10 hours, the chloroform is evaporated. Yield 6.23 g (87%). M.p. (with decomp.) = 136°C.

1H NMR (δ, m.p., DMSO-d_6): 10.19 (1H, s.s., NH), 9.44 (2H, s.s., CH_2), 8.10-7.42 (m., 13H), 6.05 (2H, s., CH_2).

N'-(2-pyridyl)-N''-(phenyl)urea (31). Dissolve 5.0 g (0.05 mol) of 2-aminopyridine 22 in 50 ml of benzene (dry) and add 5.7 ml (0.05 mol) of isocyanate. The reaction occurs instantaneously upon heating – a white precipitate is formed. Then the reaction mixture is filtered, the precipitate is dried in air. Yield 10.83 g (96%). M.p. = 192°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3200-2910 (NH), 1690 (C=O).

^{1}H NMR (δ, m.h., $CDCl_3$): 11.31 (1H, s.s., NH), 10.21 (1H, s., NH), 8.21 (1H, d., j = 7.7 Hz), 7.75-6.93 (m., 8H).

N'-(2-pyridyl-N-benzylpyridinium chloride)-N''-(phenyl)urea (33). Dissolve 5.0 g (0.0235 mol) of urea 31 in 27 ml (0.2354 mol) of benzyl chloride and boil for 20 hours. Next, extract by mixing the reaction mass with water and methylene. Then, evaporate the water from the aqueous layer. Yield 4.72 g (59%). M.p. (dec.) = 179°C.

^{1}H NMR (δ, m.p., $CDCl_3$): 10.45 (1H, s.s., NH), 9.20 (1H, s.s., NH), 7.93 (1H, d., j = 6.8 Hz, CH_2), 7.50-6.71 (m., 14H), 4.57 (1H, d., j = 6.8 Hz, CH_2).

N'-(4-pyridyl)-N''-(phenyl)urea (32). Dissolve 5.0 g (0.05 mol) of 4-aminopyridine 25 in 50 ml of chloroform (dry) and add 5.7 ml (0.05 mol) of isocyanate. After 8 hours of boiling, the chloroform is evaporated and the product is dried in air. Yield 11.15 g (99%). M.p. = 247°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3270-2960 (NH), 1800 (C=O).

^{1}H NMR (δ, m.c., $CDCl_3$): 8.50 (1H, br.s., NH), 8.25 (2H, d., j = 6.4 Hz), 7.63-6.93 (m., 8H).

N'-(4-pyridyl-N-benzylpyridinium chloride)-N''-(phenyl)urea (34). Dissolve 11.27 g (0.053 mol) of urea 32 in 120 ml of chloroform (dry), add 6.08 ml (0.053 mol) of benzyl chloride and boil for 10 hours. Then the resulting substance is filtered off and left to dry in air. Yield 13.82 g (77%). M.p. (dec.) = 225°C.

IR (KBr, cm^{-1}): 3270-2960 (NH), 1750 (C=O).

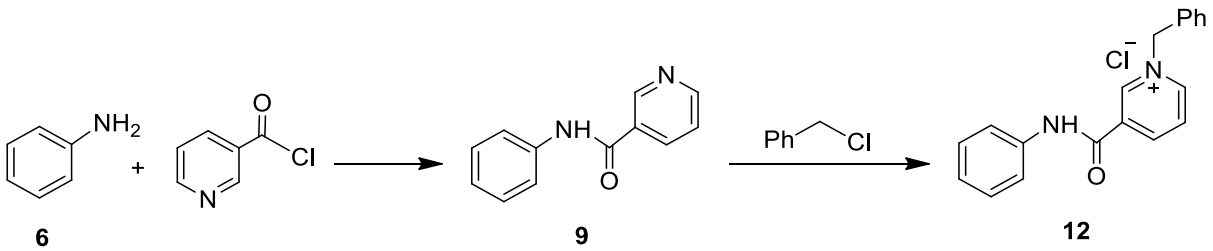
^1H NMR (δ, m.ch., CDCl3): 11.91 (1H, s.s., NH), 9.58 (1H, s.s., NH), 8.40 (2H, d., j = 7.0 Hz), 8.02 (2H, d., j = 7.0 Hz), 7.67-6.95 (m., 10H), 5.49 (2H, p., CH_2).

Results and discussion.

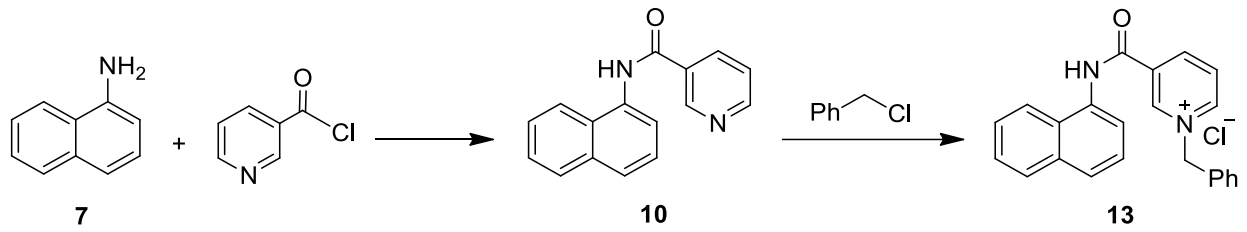
The search for effective adsorption inhibitors of acid corrosion of metals and bactericidal preparations is an urgent task. The compounds used to create the specified industrial reagents include quaternary ammonium salts. For example, it is known [1] that the greatest anti-corrosion effect is exhibited by such quaternary ammonium salts, in the structure of which, in addition to the adsorption center - the quaternary nitrogen atom - there are several adsorption centers of different types: nitrogen atoms with a free pair of electrons, oxo groups, which are characterized by donor-acceptor interaction with the metal surface. The creation of such additional adsorption centers allows obtaining compounds, the action of which as corrosion inhibitors can be enhanced by combining several inhibitory effects. Quaternary ammonium salts are also part of disinfectants for medical and household purposes [2]. It is known that quaternary salts of the pyridine series have a wide range of useful properties. First of all, it is necessary to emphasize their use in technological processes as inhibitors of acid corrosion of metals and antimicrobial drugs [3, 4]. For the development of new promising technologies, it is necessary to develop measures to protect metals from corrosion, and the emergence of resistance in microorganisms to existing bactericides requires the use of new, more effective disinfectants. In this regard, it becomes important to obtain new quaternary salts of the pyridine series, which have the specified properties, based on available and cheap reagents.

1. Synthesis of monoquaternized amides

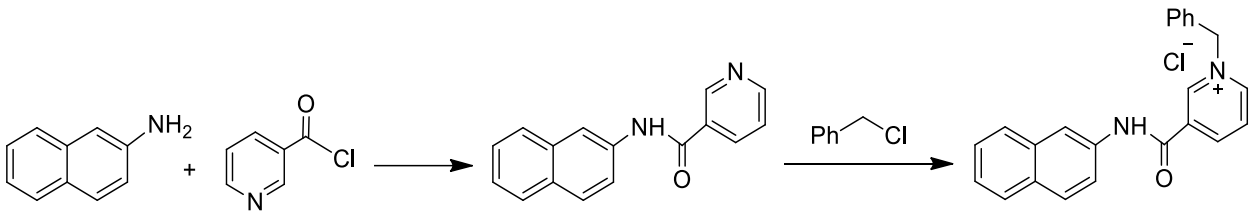
N-phenylnicotinamide 9, 1-naphthylnicotinamide 10 and 2-naphthylnicotinamide 11 were obtained by acylation of aniline 6, 1-naphthylamine 7 and 2-naphthylamine 8 with nicotinic acid chloride, respectively. For the experiments, reagents of the “pure” brand were used. Quaternization of 9-11 with benzyl chloride was carried out in benzene, the yield of salts 12-14 was 67-74%



6 9 12



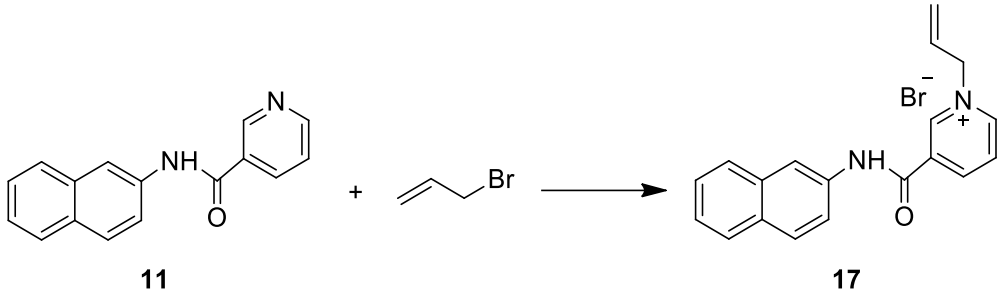
7 10 13



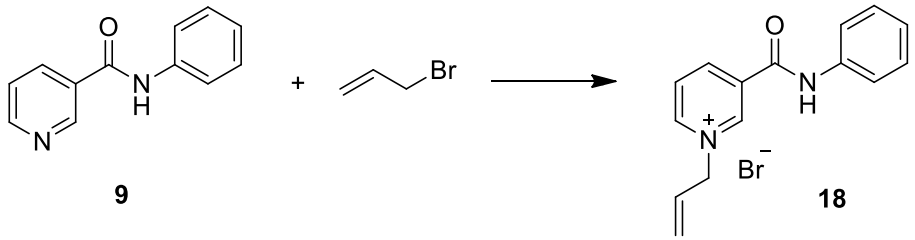
8 11 14

The synthesized salts were purified by recrystallization from benzene. Confirmation of the structure of salts 12-14 was carried out using IR and PMR spectra. Absorption bands characteristic of the amide group are present in the IR spectra at frequencies of 3340-3350 and 1670-1700 cm^{-1}. In the PMR spectra of these salts there are signals of protons of the NH group at 10.29-10.75 m.p. and methylene protons of the benzyl radical at 3.28-3.71 m.p.

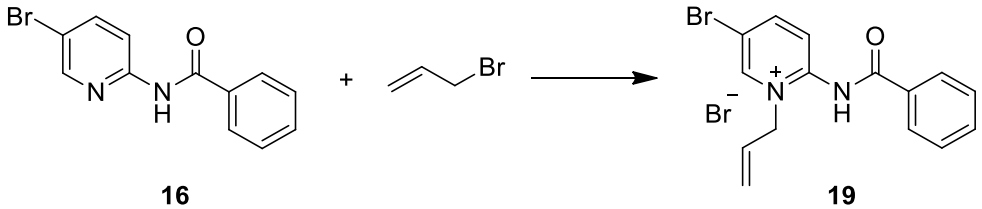
The following substituted N-allylpyridinium bromides were also synthesized:



11 17



9 18

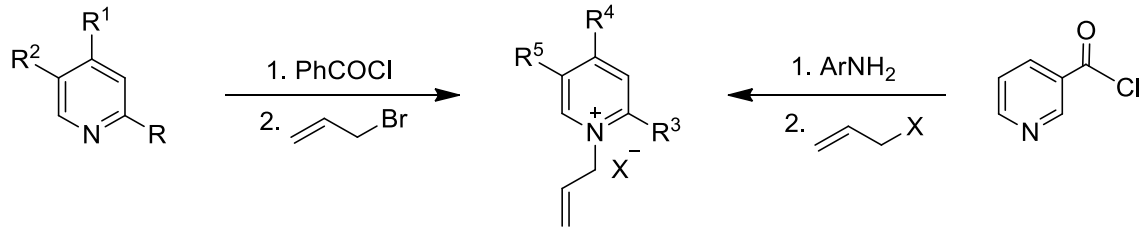


16 19

signals of the NH N-arylnicotinamides 11 and 9 were synthesized by acylation of aniline and 2-naphthylamine with nicotinic acid chloride in benzene. Benzoylaminopyridine 16, required for quaternization, was obtained by boiling a mixture of benzoyl chloride and the corresponding amine in a 1 : 1 ratio in chloroform and purified by recrystallization from benzene. Allyl bromide was used for quaternization of N-arylnicotinamides 11 and 9.

Quaternization of benzoylaminopyridine 16 with allyl bromide was carried out by boiling in benzene. The structure of the compounds was confirmed by IR and PMR spectra. Absorption bands characteristic of the amide group appear in the IR spectra at 1650-1695 (C=O), 3330-3350 (NH) cm^{-1}. The PMR spectra contain -group proton at 8.1-8.9 ppm, methylene protons of the allyl radical at 5.24-5.9 for salts 17 and 18 and at 8.3 for salt 19.

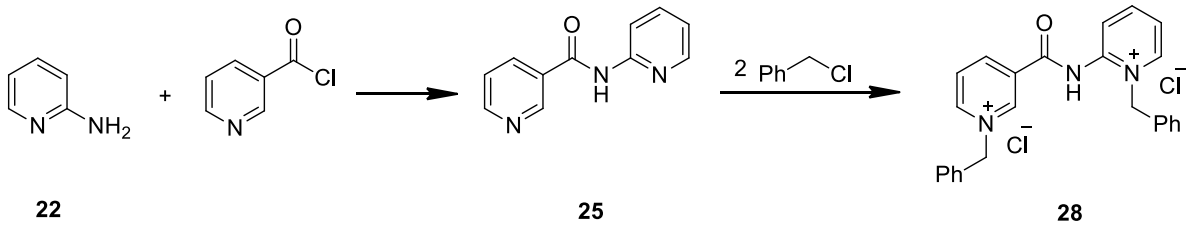
The synthesis of substituted N-allylpyridinium halides was carried out according to the general scheme:



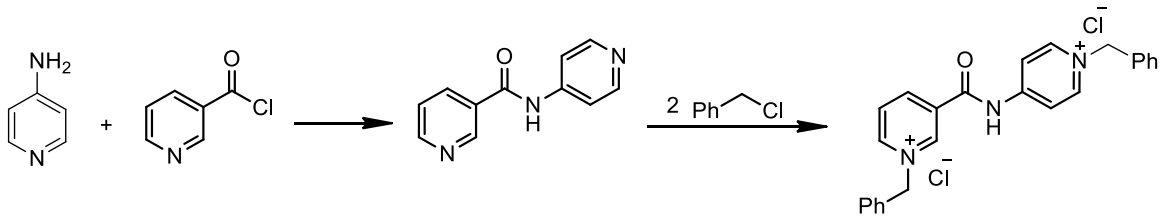
2. Synthesis of diquaternized amides

N-2-pyridylnicotinamide 25, N-4-pyridylnicotinamide 26 and N-3-quinolylnicotinamide 27 were obtained by acylation of 2-aminopyridine 22, 4-aminopyridine 23 and 3-aminoquinoline 24 with nicotinic acid chloride, respectively. Quaternization of 25-27 with benzyl chloride was carried out in benzene or chloroform. The yield of the synthesized salts 28-30 is 33-87%.

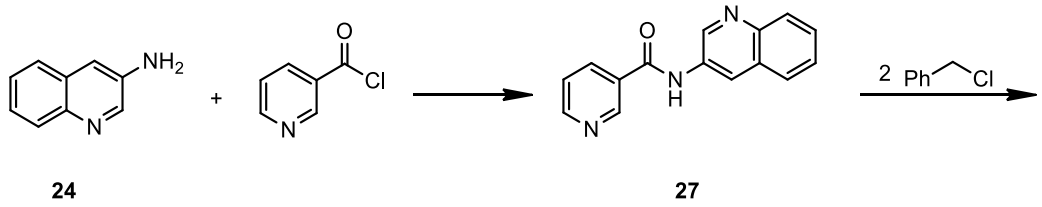
Confirmation of the structure of salts 28-30 was carried out using PMR spectra. Characteristic signals of protons of the NH group at 9.44-10.19 ppm and methylene protons of the benzyl radical at 9.44-6.05 ppm are present. The latter is possibly explained by the fact that the mutual influence of protons of CH_2 groups leads to their shift into a weaker field.



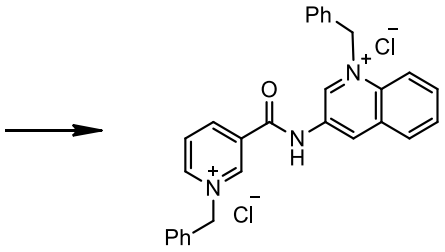
22 **25** **28**



23 26 29



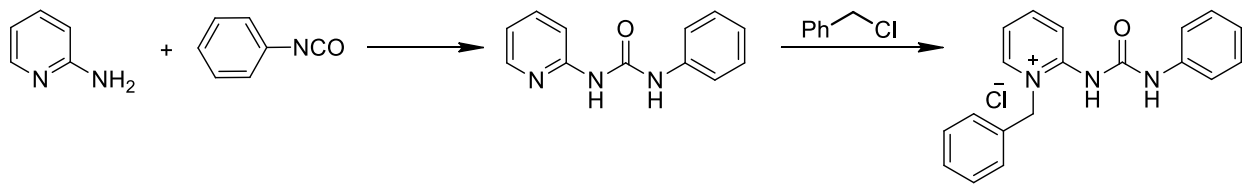
24 27



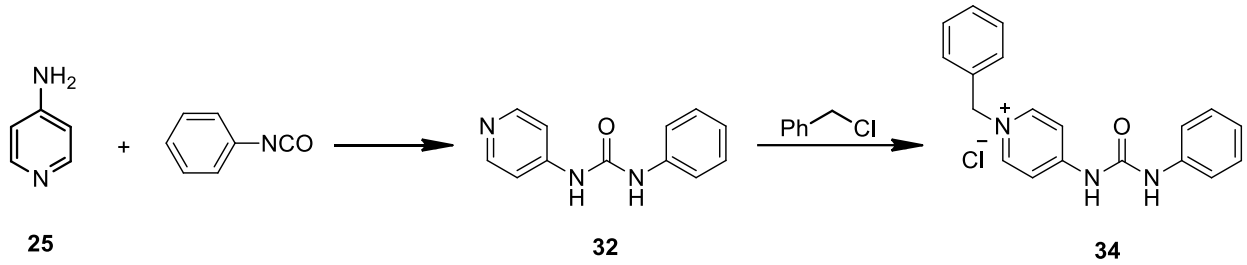
30

3. Synthesis of urea-based salts

N’-(2-pyridyl)-N’’-(phenyl)urea 31 and N’-(4-pyridyl)-N’’-(phenyl)urea 32 were obtained by the interaction of phenylisocyanate with 2-aminopyridine 22 and 4-aminopyridine 25, respectively. “Pure” reagents were used for the experiments. Quaternization of 31 and 32 with benzyl chloride was carried out in chloroform, the yield of salts 33 and 34 was 59-77%.



22 31 33



25 32 34

The structure of salts 33 and 34 was confirmed by IR and PMR spectra. In the PMR spectra of these salts there are signals of protons of the NH group at 11.91-9.20 m.p. and methylene protons of the benzyl radical at 7.93-4.57 m.p. Absorption bands characteristic of the diamidocarbonate group are present in the IR spectrum of salt 34 at frequencies of 3270-2960 (NH) and 1750 (C=O) cm-1.

Conclusions

1. A method for the synthesis of quaternary salts of mono- and diquaternized N-arylnicotinamides and ureas as potential inhibitors of acid corrosion is proposed. Available reagents were used in the syntheses: benzyl chloride, allyl bromide, nicotinic acid chlorides, aromatic amines and isocyanates. Preparative yields are 67-87%.

2. All synthesized substances will be tested as corrosion inhibitors and antibacterial drugs.

References

1. Kuznetsov Yu.I. Chemistry advances. / Yu.I. Kuznetsov. - 2004.

2. Tedder J. Industrial organic chemistry. / Tedder J., Nekhvatal A., Jubb A. - Moscow: Mir, 1977. - 670 p.

3. A.s. 280162 USSR, MKI C23F11/04. Method of protecting metals from acid corrosion.

4. A.s. 557793 USSR, Antimicrobial preparation. Bull. of invention. 1977, No. 18.

PROSPECTS FOR MANAGING DECENTRALIZED SYSTEMS USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Andrushchak Igor,
Doctor of technical sciences, Professor

Boyko Lev,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Lutsk National Technical University

The directions of using blockchain technology and its advantages compared to traditional methods of storing data in distributed systems are considered.

Keywords: blockchain, banks, transaction, information systems, multi-agent p2p network, blockchain infrastructure, cryptocurrency, Bitcoin, transactions of system participants.

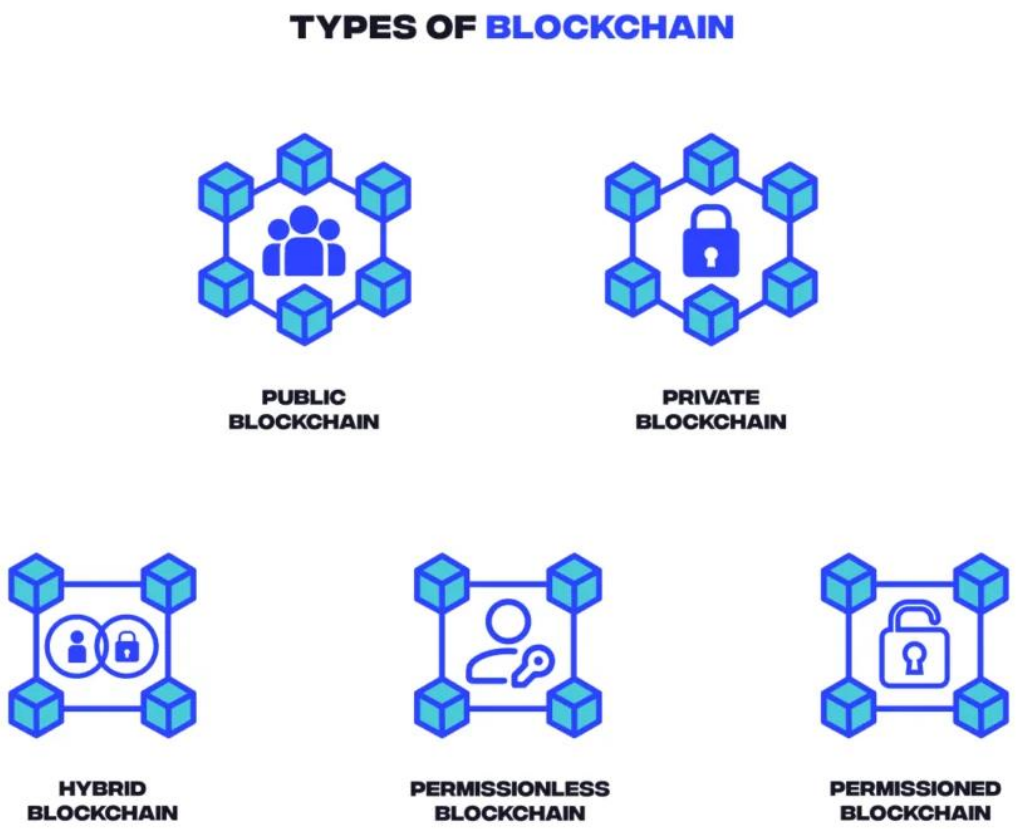
One of the characteristic features of modern post-industrial society is the globalization of the economy. Geographic location ceases to be important in the formation of relations between economic entities. The development of network technologies, e-commerce, remote work systems provides for the possibility and necessity of communication with a large number of enterprises in the environment to select optimal partners.

The development of information networks, increased technical capabilities of modern computers, the rapid development of powerful and flexible intelligent software systems capable of continuously acquiring new knowledge and changing their structure and functions, developing and adapting to the tasks being solved and environmental conditions, create the necessary conditions for the transformation of modern technologies.

With the increase in scale and complexity, reliability in centralized systems decreases, therefore technologies and systems built on the principles of decentralization of management and autonomy of individual elements appear. In modern conditions, companies spend a lot of money on creating and modernizing their systems, these costs are transformed into additional costs that fall on the shoulders of end consumers.

One of the main new trends in the development of information technologies, analysts called the Blockchain distributed ledger technology. Blockchain technology is a self-developing and self-regulating system. Three types of blockchain systems can be distinguished:

- public;
- regulated;
- private (Pic. 1).



Picture 1. – Types of Blockchain technology [2]

Public blockchain systems are Bitcoin and Ethereum, the value of which is that they are very difficult to hack. Private ones are primarily corporate and government systems. Private blockchains can be defined as blockchains with limited access to read/write data with a consensus algorithm that supports a limited and predetermined number of people.

Regulated ones are a certain intermediate stage. An example of such systems can be an online bank, where the user does what he needs, but at the same time uses the bank's infrastructure and works according to its rules.

Let's consider the characteristics of the technology using the example of the most famous modern cryptocurrency bitcoin.

Bitcoin is more correctly considered as a multi-agent peer-to-peer network. A distinctive feature of such a network is the public availability of all transactions made with any virtual currency, i.e. after the transaction, payment information is synchronously distributed to all agents of the payment system.

The result of such work is a time-stamp indicating the date and time of its execution and the unique identification number of the bitcoin unit, while data about the parties carrying out the transaction are not distributed.

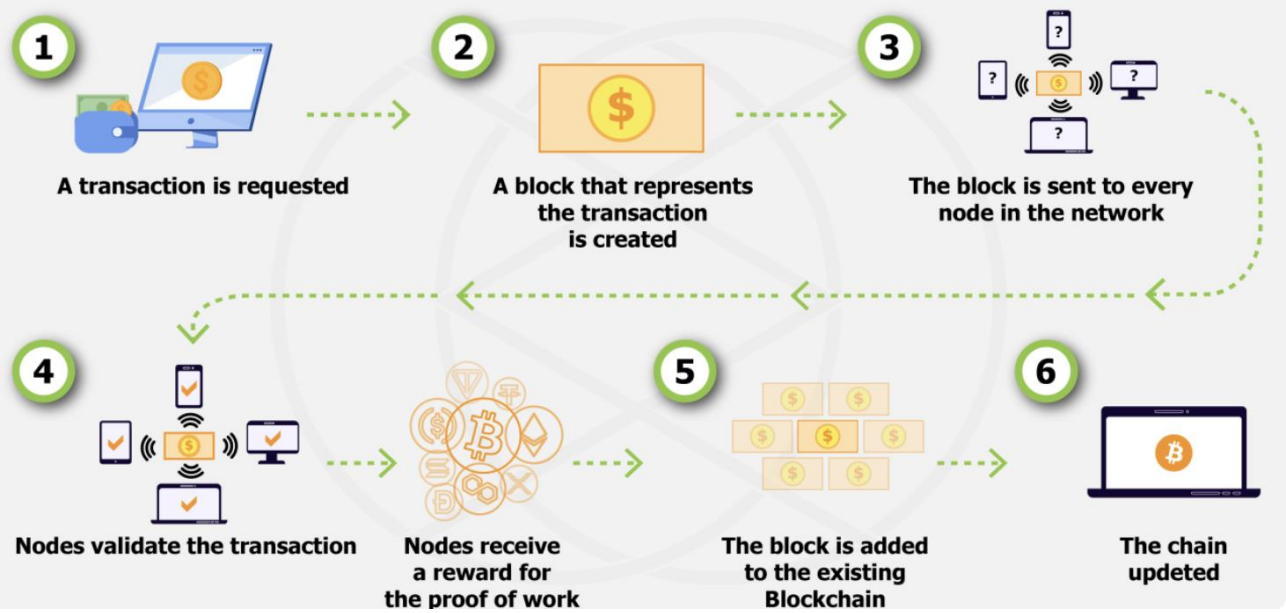
This technology allows you to trace the entire path of the unit from its introduction into the system.

The complete history of all transactions made with bitcoin since its creation is the blockchain database. That is, the blockchain is a distributed database that stores information about each transaction of the system users in the form of a structured chain of blocks. The peculiarity of such a chain is a single intermediary center - all information is reflected in a public open document.

Such a document is distributed among thousands of nodes (users) of a multi-agent network [3].

Each blockchain user can access the registry. Thus, all users of the system act as a collective notary who confirms the veracity of the information in the database.

In essence, the blockchain is a ledger distributed among all participants in the Bitcoin network. Each bitcoin wallet user stores a database on their computer that contains a history of all transactions ever made in the system. This ensures the transparency of each transaction and the ability to verify the origin of each bitcoin by any interested user (Pic. 2).



Picture 2. – How Blockchain work [4]

Blockchain technology, currently used primarily for cryptocurrencies, is a method for securely recording information. Any distributed system, including multi-agent systems, can utilize blockchain tools to process more complex transactions and store any digital information online.

Metadata included in the chain automatically benefits from a peer-to-peer network. This technology ensures openness and access to data by any network participant. Any attempt to modify any block in the system will immediately trigger errors related to the checksum – a number calculated as a mathematical function of the entire block's data. Another advantage of a distributed system is that each user maintains a copy of the encrypted chain, making unauthorized modification and recalculation of the checksum virtually impossible. For unauthorized changes to take effect, data must be modified

for more than half of the system's participants, which is typically problematic given the current number of network users.

Metadata is protected by cryptographic authorship verification and also includes the date and time of creation. Since each record is timestamped, such a system can be used as a decentralized notary.

Previously, the only widely known successful implementation of blockchain technology was the Bitcoin cryptocurrency, but now it is being used by IT industry giants, major banks, and governments.

New technologies always bring new risks, including in the field of information security. In the case of blockchain technology, a new risk is a side-branch attack, also known as a "51 percent attack."

The main advantage of the blockchain is trust, confidence that the base is the same for everyone and has not been changed retrospectively. However, the recent story of the successful attack on the DAO and the methods for eliminating its consequences have shown that, in principle, a rollback of the system in order to destroy "criminal" transactions is possible. The DAO was the most ambitious project on blockchain technology, which was positioned as "the world's first fully autonomous investment fund". The attacker, using vulnerabilities in the system, began to transfer money to his own account (at the exchange rate at the time of the attack, it was about stealing about 50 million USD). The author of the platform proposed to rollback transactions (hard fork) to return the money to the owners.

According to the results of the vote, the majority of miners supported the proposal. This created a precedent for rolling back the system in order to destroy part of the transactions, however, with the consent of the majority of community members [5].

When using the technology, the usual information security problems will remain, for example, theft of not only the wallet, but also the password to it. To reduce the likelihood of such a threat, various cold storage methods are offered. These include generating a bitcoin address and secret key offline and recording them on any media that is not accessible from the Internet, signing transactions offline, using fragmented secret keys and addresses with multi-signature, and finally, hardware wallets with secret keys that cannot be removed. Ensuring information security is a process that users of information systems should always remember. No technology, even a completely safe one, can replace the classic methods of ensuring information security: protecting your keys, antiviruses and firewalls, constant updating of programs, organizational measures.

Now the main problem of the adoption of blockchain technology by the market is an attempt to apply it to existing processes that were built according to a different, centralized scheme and were honed for it for a long time, so it is necessary to try not to apply blockchain to existing processes, but to correctly change the processes themselves. Blockchain should be considered not as a mechanism, but as an environment for implementing business processes.

References:

1. Andrushchak, I., Kosheliuk, V., Yasashnyi, D. Improving container security with honeypot deployment. International Science Journal of Engineering & Agriculture, 4(3), (2025). pp. 15-26. https://doi.org/10.46299/j.isjea.20250403.02 URL: https://isg-journal.com/isjea/article/view/1024

2. Andrushchak I., Shevchuk M., Voytyuk O. Methods of securing information from unauthorized access based on modern blockchain technologies. Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference. Tallinn, Estonia. May 14-17, 2024. Pp. 209-214. URL: https://isg-konf.com/creative-business-management-and-implementation-of-new-ideas/ ISBN – 979-8-89372-179-9 DOI – 10.46299/ISG.2024.1.19

3. Olianin, D., Tsupryk, H., Hovorushchenko, T., Bahrii-Zaiats, O., Andrushchak, I. Transformer neural networks in Industry 4.0. Ceur Workshop ProceedingsOpen source preview, 2025, 4057, pp. 331-336. (Scopus). URL: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54882165900

4. Lakhno V. A., Vasiliu E. V., Gladkikh V. M., Domrachev V. M., Syvkova N. M. Methods and means of information protection [Textbook] Kyiv: Comprint Publishing House, 2021. 444 p.

5. Nosok S., Fal M., Tkach V. Information security management: lecture notes: textbook for students of speciality 125 "Cybersecurity" / Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. 258 p.

THREATS AND ISSUES OF NETWORK INFRASTRUCTURE MANAGEMENT IN ZERO-TRUST ARCHITECTURE

Syrotynskyi Roman
PhD Candidate,
Lviv Polytechnic National University

The Zero Trust Architecture (ZTA) paradigm has emerged as a leading framework in cybersecurity due to its fundamental rejection of implicit trust and its insistence on continuous verification of every access request, regardless of the network location of the user or system. In theory, ZTA promises significant reduction of lateral movement and insider threat exposure by enforcing strict access controls and granular isolation of network domains. However, transitioning from traditional perimeter-based models to a fully realised Zero Trust Network and Environment remains fraught with practical challenges, many of which arise from the complexity and heterogeneity of contemporary IT ecosystems.

One of the most prominent difficulties concerns the complexity of configuration inherent in Zero Trust network design. Deploying micro-segmentation, continuous authentication, and granular access control demands sophisticated orchestration across diverse systems. In practice, organizations frequently encounter rule sprawl - a proliferation of overlapping or redundant access rules that become difficult to manage or validate. This complexity increases the risk of misconfiguration and policy conflict, both of which undermine the security goals ZTA seeks to achieve. As shown in research [1], even well-resourced enterprises face configuration challenges when implementing Zero Trust in cloud environments, where dynamic workloads and API dependencies complicate policy enforcement.

A related issue lies in the ambiguity of micro-segmentation design. While Zero Trust principles advocate dividing networks into small, isolated zones, there is often little consensus on the optimal granularity for segmentation. Over-segmentation can degrade performance and increase administrative burden, while under-segmentation leaves systems vulnerable to lateral movement. Empirical analysis [2] highlights that micro-segmentation remains one of the least-standardized components of Zero Trust adoption, frequently leading to inconsistent implementations across business units and infrastructure layers.

Equally challenging is the adaptation of traditional firewall and access-control mechanisms to align with the principle of least privilege. Conventional firewalls were designed for perimeter defense, permitting broad trust within defined zones. Zero Trust, by contrast, demands identity-aware, context-based enforcement that must operate dynamically and continuously. This paradigm shift renders static firewall rule sets inadequate for fine-grained, session-based verification. According to research [3], legacy network appliances often cannot accommodate the scale or agility required by modern Zero Trust frameworks, forcing organizations to retrofit controls or introduce

additional policy-decision layers, which in turn increases latency and management complexity.

Another major challenge arises from integration with legacy systems and hybrid infrastructure environments. Many organizations still depend on legacy platforms that lack support for API-driven policy enforcement or contextual identity verification. The coexistence of on-premises assets, cloud workloads, and Internet-of-Things devices produces highly heterogeneous environments that are difficult to govern under uniform Zero Trust rules. As described by authors [4], hybrid and 5G-enabled networks amplify this challenge because their disaggregated control planes and software-defined layers require extensive policy coordination between virtual and physical components. The result is often operational friction and inconsistent application of Zero Trust principles.

The human and organizational dimension compounds these technical issues. Establishing Zero Trust network governance requires cross-functional collaboration between IT, security, and operations teams, which can be hindered by skill gaps and cultural resistance. The shift from perimeter-based trust to continuous verification entails re-educating administrators, redefining operational workflows, and investing in new automation and monitoring platforms. Even organizations with strong technical capabilities often underestimate the organizational readiness required to sustain Zero Trust maturity, leading to partial or fragmented implementations that fail to deliver the intended reduction in attack surface [5].

Finally, Zero Trust's policy density and operational overhead can produce new risks of their own. Excessive rule sets, overlapping enforcement points, and continuous validation requirements may degrade network performance, increase administrative workload, and complicate troubleshooting. Without automation and centralized orchestration, the very controls meant to enhance security can introduce instability and misalignment across distributed environments. The maturity analyses in [6] emphasize that progressing toward advanced and optimal Zero Trust states requires not only technological adoption but also disciplined governance, continuous policy validation, and adaptive monitoring mechanisms.

In summary, while the Zero Trust Network and Environment pillar provides a robust framework for minimizing implicit trust and improving defense-in-depth, its implementation faces substantial obstacles. The complexity of configuration, ambiguity in segmentation design, inadequacy of traditional firewall models, difficulty in enforcing least privilege at scale, and integration barriers with legacy systems collectively hinder widespread, consistent adoption. Addressing these challenges requires automation of policy management, consolidation of visibility tools, and investment in workforce training to align operational practices with Zero Trust principles. Only through such strategic and incremental efforts can organizations realize the full potential of the Zero Trust model to deliver secure, resilient, and adaptable digital infrastructures.

References:

1. Gangina, P. (2025). Demystifying Zero-Trust Architecture for Cloud Applications. Journal of Computer Science and Technology Studies. https://doi.org/10.32996/jcsts.2025.7.9.62.

2. Ren, Y., Wang, Z., Sharma, P., Alqahtani, F., Tolba, A., & Wang, J. (2025). Zero Trust Networks: Evolution and Application from Concept to Practice. Computers, Materials & Continua. https://doi.org/10.32604/cmc.2025.059170.

3. Sunkara, G. (2025). Implementing Zero Trust Architecture in Modern Enterprise Networks. SAMRIDDHI : A Journal of Physical Sciences, Engineering and Technology. https://doi.org/10.18090/samriddhi.v17i03.01.

4. Sharma, V. (2024). Zero Trust Architecture for 5G Networks. International Journal of Innovative Research in Engineering & Multidisciplinary Physical Sciences. https://doi.org/10.37082/ijirmps.v12.i6.232707.

5. Santucci, F., Oliva, G., Gonnella, M., Briga, M., Leanza, M., Massenzi, M., Faramondi, L., & Setola, R. (2025). Implementing Zero Trust: Expert Insights on Key Security Pillars and Prioritization in Digital Transformation. Information. https://doi.org/10.3390/info16080667.

6. Gambo, M., & Almulhem, A. (2025). Zero Trust Architecture: A Systematic Literature Review. Journal of Network and Systems Management, 34. https://doi.org/10.1007/s10922-025-09998-x.

ZERO TRUST ARCHITECTURE: PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE "NETWORK AND ENVIRONMENT" PILLAR

Syrotynskyi Roman
PhD Candidate,
Lviv Polytechnic National University

The Zero Trust Architecture (ZTA) represents a paradigm shift in cybersecurity, redefining how organizations design, protect, and operate digital infrastructures. Built on the principle of "never trust, always verify," Zero Trust replaces perimeter-based defenses with a model centered on continuous authentication, authorization, and monitoring. Among its foundational components, the Network and Environment pillar is particularly critical, as it governs how systems interconnect and communicate securely within and across environments. This pillar establishes the operational backbone that ensures consistent verification and minimal exposure of assets to unauthorized access, forming the structural basis for secure digital transformation.

The implementation of this pillar begins with the recognition that visibility, segmentation, and policy enforcement are its core enablers. A Zero Trust network requires complete and continuous visibility into every connected entity—devices, workloads, applications, and data flows. Without an accurate and dynamic inventory, enforcing identity-based trust boundaries is impossible. Automated asset discovery tools, configuration databases, and network telemetry analytics are essential to maintain a real-time understanding of the environment [1]. Once visibility is achieved, the network must be restructured through micro-segmentation, replacing traditional flat topologies with isolated trust zones. Each segment functions as a discrete security boundary, permitting communication only through verified and policy-enforced channels. In critical infrastructure applications, such as electric vehicle charging networks, micro-segmentation has proven highly effective in preventing lateral threat movement and containing breaches to isolated domains [2]. Similar designs have been adopted in industrial and manufacturing networks, where separating operational technology from information technology environments has reduced cross-system vulnerabilities and improved operational resilience [3].

A Zero Trust network infrastructure also relies on adaptive and identity-aware access control. Access is no longer determined by network location but by validated identity, device posture, and behavioral context. This approach requires strong identity management systems integrating multi-factor authentication (MFA), certificate-based verification, and, where possible, federated identity mechanisms such as SAML or OpenID Connect. Every access attempt must be mediated through a Policy Decision Point (PDP) that evaluates real-time conditions before authorization, with Policy Enforcement Points (PEPs) enforcing those decisions at the network and application layers [4]. Within the communication plane, these policies are complemented by strict

deny-by-default configurations, ensuring that connections occur only when explicitly approved and continuously validated.

Equally vital to implementation is the concept of continuous monitoring. Every network interaction must be subject to scrutiny, not merely at the point of access but throughout its lifecycle. Security Information and Event Management (SIEM) systems and Network Detection and Response (NDR) solutions play central roles in collecting telemetry, analyzing behavior, and detecting anomalies. Modern architectures increasingly incorporate machine learning-based analytics to automate the detection of abnormal patterns and accelerate incident response. Studies have shown that AI-powered Zero Trust frameworks can reduce incident response times by more than 80% and improve detection accuracy to above 99% [5]. The continuous verification cycle thus transforms the network into a self-defending ecosystem capable of proactive rather than reactive security enforcement.

Encryption is another indispensable measure within the Network and Environment pillar. All communications—whether between users, devices, or workloads—must be secured through strong cryptographic protocols such as Transport Layer Security (TLS) 1.3 or IPsec tunnels. Mutual authentication (mTLS) ensures that both ends of a communication are verified prior to data exchange, eliminating the risk of impersonation or session hijacking. Research within financial and multi-cloud ecosystems highlights how encrypted service meshes and certificate lifecycle automation enhance cross-platform consistency and compliance [6]. These cryptographic foundations form the essential trust fabric of Zero Trust networks, ensuring that data integrity and confidentiality are preserved throughout the communication process.

Implementing these technologies requires a unified management framework to coordinate security policies across distributed infrastructures. Centralized visibility platforms integrate endpoint telemetry, access logs, and network behavior analytics to create an overarching policy engine capable of contextual enforcement. Such architectures are particularly critical in hybrid environments, where on-premises systems must coexist with cloud workloads. The development of centralized orchestration mechanisms enables unified control of identity, access, and monitoring policies across diverse domains, overcoming the fragmentation typically found in hybrid deployments [7].

To measure and guide progress, the Zero Trust Maturity Model (ZTMM) serves as an essential framework for implementation planning. The model, as outlined by the Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA) and expanded in research on high-performance computing systems [8], defines three maturity levels: Traditional, Advanced, and Optimal. At the Traditional level, organizations rely primarily on static controls and basic segmentation. The Advanced level introduces dynamic policy enforcement, continuous telemetry, and identity-aware authentication. Finally, the Optimal stage represents a fully adaptive and software-defined environment, in which automated, risk-based decision-making dynamically adjusts trust in real time. Progression through these stages typically follows a phased sequence beginning with

network assessment and inventory, followed by segmentation, identity integration, telemetry deployment, and continuous optimization [9].

The practical deployment of these capabilities, however, is not without challenges. One persistent obstacle lies in the integration of Zero Trust controls with legacy systems, which often lack modern authentication interfaces or dynamic policy capabilities. Solutions such as Zero Trust gateways, application-layer proxies, and network overlays can provide transitional protection without requiring immediate replacement of older systems [10]. Performance overhead presents another practical concern, as constant verification and encryption can increase latency in high-speed or low-latency environments. Empirical studies in computational infrastructure demonstrate that tuning security maturity levels to match operational demands can maintain acceptable performance without undermining Zero Trust compliance [11]. Furthermore, successful adoption depends on organizational readiness. Zero Trust is not solely a technical transformation but also a cultural one; it demands new governance models, process redesign, and executive commitment to sustain continuous verification practices across departments.

The future direction of the Network and Environment pillar increasingly integrates artificial intelligence, automation, and post-quantum security. Machine learning algorithms are now used to automate network segmentation, risk scoring, and policy adjustment in near real time, enhancing resilience against rapidly evolving threats [5]. In conclusion, the Network and Environment pillar of the Zero Trust Architecture provides the foundation upon which modern digital infrastructures achieve resilience, adaptability, and security assurance. Its practical implementation involves the integration of asset visibility, micro-segmentation, identity-aware access control, encryption, and continuous monitoring into a unified operational model. The use of maturity frameworks enables organizations to progress from basic segmentation toward adaptive, intelligent trust enforcement. While technical and organizational challenges remain, the empirical evidence demonstrates that adopting this pillar strengthens not only network defense but also governance, compliance, and operational continuity. As cyber threats grow in complexity, embedding Zero Trust principles into network infrastructure is no longer an optional enhancement—it is a structural necessity for maintaining security and trust in an interconnected digital world.

References:

1. Ejiofor, O., Olusoga, O., & Akinsola, A. (2025). Zero trust architecture: A paradigm shift in network security. Computer Science & IT Research Journal. https://doi.org/10.51594/csitrj.v6i3.1871.

2. Carroll, T., Chang, L., & Wright-Hamor, C. (2024). The Design and Evaluation of Zero Trust Architecture for Electric Vehicle Charging Infrastructure: EVs @ Scale Series on EV Charging Station Cybersecurity. . https://doi.org/10.2172/2462754.

3. Paul, B., & Rao, M. (2022). Zero-Trust Model for Smart Manufacturing Industry. Applied Sciences. https://doi.org/10.3390/app13010221.

4. Sunkara, G. (2025). Implementing Zero Trust Architecture in Modern Enterprise Networks. SAMRIDDHI : A Journal of Physical Sciences, Engineering and Technology. https://doi.org/10.18090/samriddhi.v17i03.01.

5. Ajimatanrareje, G., & Agbesi, J. (2025). AI-Powered Zero Trust Architectures for Critical Infrastructure Protection: A Comprehensive Framework for Next-Generation CyberSecurity. International Journal of Scientific Research and Modern Technology. https://doi.org/10.38124/ijsrmt.v4i9.792.

6. Purella, S. (2025). Zero-Trust Architecture in Distributed Financial Ecosystems. International Journal of Computing and Engineering. https://doi.org/10.47941/ijce.3075.

7. Syrotynskyi, R., & Tyshyk, I. (2025). SPECIFICITY OF BUILDING A ZERO TRUST ARCHITECTURE IN HYBRID INFRASTRUCTURES. Cybersecurity Education Science Technique. https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.28.846.

8. Macaulay, T., & Bhasker, D. (2024). High Performance Computing Infrastructure and Zero Trust Architecture. Pulse & Praxis: The Journal for Critical Infrastructure Protection, Security and Resilience. https://doi.org/10.22215/ppj-cipser.vi.4990.

9. Santucci, F., Oliva, G., Gonnella, M., Briga, M., Leanza, M., Massenzi, M., Faramondi, L., & Setola, R. (2025). Implementing Zero Trust: Expert Insights on Key Security Pillars and Prioritization in Digital Transformation. Information. https://doi.org/10.3390/info16080667.

10. Kumar, V., & Mudavatu, N. (2025). Zero Trust Security Architecture for Legacy Systems. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology. https://doi.org/10.32628/cseit25112503.

11. Macaulay, T., & Bhasker, D. (2024). High Performance Computing Infrastructure and Zero Trust Architecture. Pulse & Praxis: The Journal for Critical Infrastructure Protection, Security and Resilience. https://doi.org/10.22215/ppj-cipser.vi.4990.

КРАЙОВЕ ПРИЛЯГАННЯ ТА КРАЙОВЕ ЗАБАРВЛЕННЯ НА МЕЖІ ПРЯМИХ ВІДНОВЛЕНЬ ЗУБІВ

Удод Олександр Анатолійович,
доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри стоматології
Донецький національний медичний університет

Ахмедов Анар Айдин огли,
аспірант кафедри стоматології,
Донецький національний медичний університет

Таланов Вартан Михайлович
аспірант кафедри стоматології,
Донецький національний медичний університет

Афоніна Вікторія Володимирівна,
асистентка кафедри стоматології,
Донецький національний медичний університет

Актуальність. Сучасні реставраційні технології щодо відновлення зубів з ураженням різного походження дозволяють повною мірою відтворити їх природні анатомічні та естетичні параметри. Ці технології передбачають реставраційну роботу безпосередньо у порожнині рота пацієнтів, тобто за прямим методом відновлення, або в іншому варіанті виготовлення реставрацій у лабораторних умовах, і тоді такий процес вважається непрямим методом. Для прямого відновлення останніми двома десятиліттями широко застосовують фотокомпозиційні матеріали, які твердіють під впливом світлового потоку певної довжини хвилі від спеціальних пристроїв – стоматологічних фотополімеризаторів [1, 2]. Фотокомпозити володіють майже повним переліком властивостей, необхідних для відтворення анатомічної форми, функцій та природного вигляду зубів стосовно їх кольорових відтінків та ступеня транспарентності у певних ділянках, наприклад, у ділянці ріжучого краю фронтальних зубів, що особливо важливо для естетичного вигляду зубів у зоні посмішки. Фізичні характеристики фотокомпозиційних матеріалів, серед яких найпершими слід вважати механічну міцність та стійкість до стирання, також оцінюють як чудові, тому що за своїми параметрами вони наближаються до відповідних параметрів твердих тканин природних зубів [3].

Однак ці матеріали не володіють самостійною адгезією до твердих тканин зубів, для забезпечення якої необхідно застосовувати відповідні технології з використанням спеціальних адезивних систем [4, 5]. Саме від міцності приєднання фотокомпозиційних матеріалів до емалі та дентину зубів, які

відновлюються, залежить герметизм реставрації. Порушення герметичного прилягання до твердих тканин будь-яких відновлювальних матеріалів, у тому числі фотокомпозитів, має наслідками низку ускладнень, перш за все, у вигляді вторинного карієсу та подальшої руйнації зубів, що у випадку негативного перебігу призводить до розвитку запалення пульпи або періодонта з перспективою видалення таких зубів. Слід зазначити, що одним з провідних чинників забезпечення якісного прилягання фотокомпозиційних матеріалів до твердих тканин зубів обґрунтовано вважають адгезивні системи та суворе дотримання технологій їх застосування. Серед найпопулярніших щодо використання в клінічній практиці адгезивних систем, як правило, відносять системи п'ятого покоління, застосування яких передбачає попереднє тотальне кислотне протравлене твердих тканин, та системи наступного покоління, до складу яких уже введений кислотний чинник протравлення, внаслідок чого ці адгезивні системи мають статус самопротравлюючих.

Мета дослідження – порівняльна клінічна оцінка крайового прилягання фотокомпозиційного матеріалу та крайового забарвлення на межі у відновленнях зубів за застосування адгезивних систем різних поколінь.

Матеріали та методи дослідження. У приватному стоматологічному кабінеті було обстежено 49 пацієнтів віком від 26 до 47 років, серед них 23 чоловіки (46,9% від усієї кількості обстежених) та 26 жінок (53,1%). В обстежених осіб було відновлено, загалом, 79 уражених карієсом зубів. Усі пацієнти були розподілені на дві групи. У першій групі у 27 осіб (55,1% від загальної кількості пацієнтів) було відновлено 27 зубів (34,2 від усього числа відновлених зубів) з каріозними порожнинами I класу за Блеком на оклюзійній поверхні та 16 зубів (20,3%) з каріозними порожнинами V класу за Блеком, тобто у пришийковій ділянці, у другій групі у 22 пацієнтів (44,9%) було проведено відновлення 22 зубів (27,8%) з каріозними порожнинами I класу на оклюзійній поверхні та 14 зубів (17,7%) з порожнинами V класу у пришийковій ділянці. Усі відновлення проводили прямим методом з застосуванням нанофотокомпозиційного матеріалу. У ході відновлення зубів в осіб першої групи для адгезивної підготовки твердих тканин відпрепарованих порожнин застосовували адгезивну систему п'ятого покоління з попереднім тотальним протравленням зазначених твердих тканин кислотним агентом, водночас у пацієнтів другої групи під час відновлення зубів використовували самопротравлюючу адгезивну систему. Усі інші етапи прямого відновлення зубів нанофотокомпозиційним матеріалом виконували за загальноприйнятими вимогами та умовами. Клінічну оцінку крайового прилягання нанофотокомпозиційного матеріалу до твердих тканин та крайового забарвлення на межі відновлень оцінювали візуально-інструментальним методом через рік після проведення прямого відновлення. Реєстрували кількість відновлень з ознаками наявності порушень за наведеними критеріями в абсолютних значеннях та у відсотках від усієї кількості відновлень в осіб кожної групи.

Результати дослідження. Під час проведеного через рік візуально-інструментального обстеження стану виконаних прямих відновлень у пацієнтів

першої групи встановлено, що серед 27 відновлень на оклюзійній поверхні бічних зубів 2 реставрації (7,4% від їх кількості за даної локалізації в осіб цієї групи) мали незначні порушення крайового прилягання матеріалу до емалі відновлених зубів, лише в 1 реставрації (3,7%) було зафіксовано наявність крайового забарвлення. Щодо 16 пришийкових відновлень в осіб даної групи, то у цій ділянці ускладнень було дещо більше, зокрема, за кожним з наведених критеріїв, які стосувалися порушення крайового прилягання матеріалу до емалі та наявності крайового забарвлення на межі нанофотокомпозиційного матеріалу і емалі, відхилення мали по 4 відновлення (по 25% від числа реставрацій за цього розташування).

У пацієнтів другої групи з 22 реставрацій з локалізацією на оклюзійній поверхні бічних зубів у 3 відновленнях (13,6% від усього числа реставрацій цього розташування в осіб даної групи) встановлено порушення крайового прилягання матеріалу до емалі, в 1 відновленні (4,5%), як і у пацієнтів попередньої групи, було виявлено наявність крайового забарвлення. За локалізації реставрацій у пришийковій ділянці порушення крайового прилягання матеріалу до емалі було зареєстровано у 7 відновленнях (50% від їх кількості за такого розташування), наявність крайового забарвлення на межі з емаллю було зафіксовано у 6 відновленнях (42,9%).

Отже, у прямих відновленнях зубів з ураженнями різної локалізації у пацієнтів першої групи за застосування адгезивних систем п'ятого покоління з попереднім тотальним кислотним протравленням встановлено 11 порушень на клінічними критеріями, за якими проводили оцінку, водночас в осіб другої групи з прямими відновленнями зубів, виконаними з використанням самопротравлюючої адгезивної системи, було виявлено 17 порушень за зазначеними критеріями. Особливо переконливо виглядає порівняння кількості порушень за локалізації реставрацій у пришийковій ділянці, зокрема, якщо порівнювати відсоткові показники, то у пацієнтів другої групи порушень було майже у два рази більше.

Висновок. За результатами дослідження доведено певні переваги застосування під час прямого відновлення зубів нанофотокомпозиційним матеріалом адгезивної системи п'ятого покоління з попереднім тотальним кислотним протравленням твердих тканин.

Список літератури

1. Безвушко Е. В., Шпотюк О. О. Клінічна оцінка реставрацій із композитних матеріалів з урахуванням гігієни порожнини рота. Клінічна стоматологія. 2017. № 2. С. 54-59.

2. Лахтін Ю. В., Сміянов Ю. В. Клінічна оцінка реставрацій при різному дизайні емалевого краю каріозних порожнин I класу за Блеком. Вісник проблем біології і медицини. 2019. № 1 (148). С. 335-340.

3. Лещук Л. С. Зносостійкість стоматологічних матеріалів при динамічному контакті з твердими тканинами зуба. Експериментальне дослідження. Новини стоматології. 2014. № 1. С. 105-110.

4. Удод О. А., Борисенко О. М. Стан фотокомпозиційних відновлень зубів у різних умовах світлової полімеризації адгезивної системи. Український стоматологічний альманах. 2019. № 1. С. 16–19.

5. Adhesive systems effect over bond strength of resin-infiltrated and de/remineralized enamel / A. B. Borges, A. Abu Hasna, AGN Matuda et al. F1000Res. 2019. No. 8. C. 1743. DOI:10.12688/f1000research.20523.1/.

THE ECOSYSTEM AS A KEY CONCEPT FOR INTEGRATING BIOLOGICAL KNOWLEDGE IN THE COURSE "FUNDAMENTALS OF BIOLOGY"

Poleva Julia
Ph.D., Visiting Professor
Florida Institute of Technology,
Melbourne, Florida, USA

Modern biological education increasingly requires a methodological framework that enables students to analyze living systems across spatial, temporal, and climatic scales. In this context, the concept of the ecosystem serves not only as an integrative theoretical construct, but also as a practical methodological tool for studying biological complexity under varying environmental conditions [1 – 3].

In the course *"Fundamentals of Biology,"* the ecosystem approach is employed as a comparative and systems-based methodology for examining ecosystems across different climatic zones - ranging from tropical and temperate regions to arid, polar, and aquatic environments. This approach allows students to identify both universal ecological principles (such as energy flow, nutrient cycling, trophic structure, and stability) and region-specific adaptations driven by climate, geography, and evolutionary history.

The methodological emphasis is placed on comparative analysis of ecosystems with contrasting levels of biodiversity, productivity, and resilience. By examining ecosystems with high species richness alongside simplified or extreme systems, students develop an understanding of how biodiversity influences ecosystem functioning, resistance to disturbance, and adaptive capacity [4, 5]. Such comparisons foster the ability to distinguish between general ecological patterns and climate-dependent mechanisms [6].

Furthermore, the ecosystem framework supports the integration of empirical data, modeling, and case studies derived from real-world ecosystems. This methodology encourages the use of interdisciplinary tools - including ecological indicators, functional trait analysis, and long-term monitoring data - to evaluate ecosystem dynamics under natural and anthropogenic pressures [7, 8]. As a result, students gain methodological competence in applying biological knowledge to diverse ecological contexts and environmental challenges.

The Atlantic coastline represents a complex and highly productive coastal ecosystem shaped by the continuous interaction of oceanic processes and terrestrial environments. Constant wave action drives nutrient exchange and oxygenation of coastal waters, supporting a high diversity of marine organisms, including fish, crustaceans, and other aquatic species that form the foundation of local food webs (photo.1).

Photo 1. Where Waves Meet Wings: An Integrated Coastal Ecosystem (the author's personal development)

This coastal zone is characterized by a remarkable richness of avifauna. Numerous species of seabirds and shorebirds utilize the shoreline and nearshore waters for feeding, nesting, and migration stopovers [9]. Their presence reflects the high biological productivity of the ecosystem and its role as a critical habitat for both resident and migratory bird populations.

A broad belt of mangrove forests extends along the coast, serving as a key structural and functional component of the ecosystem. Mangroves stabilize sediments, reduce coastal erosion, and act as natural buffers against wave energy. Their complex root systems provide essential nursery habitats for juvenile marine organisms, while also offering shelter and breeding sites for birds and other wildlife.

Together, the ocean, mangrove communities, and diverse bird populations form an integrated coastal system in which physical forces and biological processes are closely interconnected, maintaining both ecological resilience and biodiversity [10, 11].

Understanding ecosystems across different climatic zones and geographical regions is essential for developing a holistic view of the natural world. Each ecosystem - whether a meadow, a forest, or a lake - functions according to specific environmental conditions that shape its structure, biodiversity, and ecological processes.

Climate, temperature, precipitation, and geographic location determine which species can thrive and how energy and matter flow within these systems [12]. A meadow ecosystem, for example, is defined by open space, abundant sunlight, and

seasonal variability, supporting grasses, flowering plants, insects, and grazing animals (photo 2).

Photo 2. Where Lavender Blooms and Butterflies Dance (the author's personal development)

Forest ecosystems, in contrast, are structured vertically and characterized by complex interactions among trees, understory vegetation, soil organisms, and wildlife, with climate influencing species composition and productivity (photo 3).

Photo 3. The Watching Forest of New Hampshire (the author's personal development)

Lake ecosystems depend strongly on water temperature, depth, and nutrient availability, forming stratified habitats that support distinct biological communities (photo 4).

Photo 4. The Quiet Pulse of Turkey Creek (the author's personal development)

By studying ecosystems in relation to climate and geography, students gain insight into the adaptability and vulnerability of natural systems [13]. This understanding is crucial for recognizing how ecosystems respond to environmental change and for developing responsible approaches to conservation and sustainable resource management.

An ecosystem (ecological system) is widely recognized as the basic functional unit of ecology, representing the integrated unity of living organisms (biocenosis) and their physical environment (biotope), interconnected through the exchange of matter, energy, and information [14]. I believe that drawing students' attention to individual details and components encourages deeper reflection on the preservation of ecosystem integrity, the protection of biodiversity, and the mitigation of negative human impacts [15].

My photographs (1 – 4) from various regions of the United States vividly illustrate the beauty, diversity, and uniqueness of natural ecosystems.

References

1. Poleva Ju. L. (2024) Life is like a reservoir into which a scientist who is completely devoted to his work plunges. Studies in History and Philosophy of Science and Technology. Oles Honchar Dnipro National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, 32 (2), 125 – 131.

2. Julia Poleva Connection of information communication with the ecological installation //The 17th International scientific and practical conference "Trends in the development of science in the digital transformations" (April 29 – May 02, 2025)

Milan, Italy. International Science Group. 2025. 46. https://isg-konf.com/trends-in-the-development-of-science-in-the-digital-

3. Ju. Poleva, M. Polev The importance of environmental research for science-based and multifaceted climate change action// The 5th International and practical conference "Problems of science development in the context of global transformations"(October 01 – 04, 2024) Zagreb, Croatia. International Science Group. 2024. pp. 26 – 28.

4. Poleva Ju., M. Polev Factors for the formation of theory and methodology for teaching ecology//The 15th International scientific and practical conference "New knowledge: strategies and technologies for teaching young people" Lisbon, Portugal. International Science Group. 2024. pp. 36 – 41.

5. Julia L. Poleva Aspects of the formation of ecological knowledge and skills for students majoring in ocean engineering, marine science, biomedical and chemical engineering //The 11th International scientific and practical conference "Advanced technologies for the implementation of educational initiatives" Boston, USA. International Science Group. 2024. pp. 26 – 28.

6. Poleva Julia (2025) Research work as a part of modern teaching technologies. The 5th International scientific and practical conference "Problems of students in universities and new ways of solving them" (February 04–07, 2025) Paris, France. International Science Group. 2025. 15 – 16.

7. Julia Poleva Features of the process of forming students' interest in studying biology (2025) //The 8th International scientific and practical conference "Modern pedagogical technologies and innovative methods" (February 25 – 28, 2025) Seville, Spain. International Science Group. 2025. 24 – 27.

8. J. Poleva, N. Bilova The use of innovative methods and trends in biological education // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference. (September 16 – 19) Hamburg, Germany. 2025. 18 – 21. https://isg-konf.com/research-on-the-dev

9. Poleva Julia (2025) Observations of climate changes in the Steppe zone of Ukraine. The 7th International scientific and practical conference "Sociological and psychological models of youth communication" (February 18 – 21, 2025) Copenhagen, Denmark. International Science Group. 30 – 33. https://isg-konf.com/sociological-and-psychological-models-of-youth-communication/

10. Poleva Ju., Polev M. (2024) Climate change and agriculture, some methods of adaptation. The 17th International scientific and practical conference "The latest technologies in the development of science, business and education" (April 30–May 03, 2024) London, Great Britain. International Science Group. p. 43-46.

11. Poleva Ju., Polev M. (2024) Raising student awareness to study and address climate change. The 16th International scientific and practical conference "Innovations in education: problems, prospects and answers to today's challenges," (April 23 – 26, 2024), Zagreb, Croatia. International Science Group. 37 – 39. https://isg-konf.com/innovations-in-educ

12. Poleva J. L., Polev M. D. (2024) «Lace Miracle», lichens as an indicator of the ecological situation using the example of Turkey Creek, Florida. Ecology and noospherology, Oles Honchar Dnipro National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, 35 (1), 66 -71.

13. Poleva, J. L. (2020). Characteristics of bottom fauna of small reservoirs of the Steppe zone of Ukraine. Ecology and noospherology. Dnipro, Ukraine, 31(2), 105–107. https://doi.org/10.15421/032017

14. Poleva, Ju. (2021). Specific features of pesticide influence on water ecosystems. Trend in the development of modern scientific. Vancouver, Canada, 31, 17–19.

15. Poleva J. (2024) Use of bioindication and biotesting in studying the state of freshwater ecosystems. The 6th International scientific and practical conference “Old and new technologies of learning development in modern conditions” (February 13-16), Berlin, Germany. International Science Group, 1, 40 – 43.

ІНСТРУМЕНТИ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ НЕЛЕГАЛЬНОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ

Войцеховський Максим Ярославович
Аспірант кафедри Економіки підприємства та інвестицій
Національний університет «Львівська Політехніка»

Нелегальний бізнес ускладнює мобілізацію внутрішніх доходів, підриває конкуренцію та спотворює стимули до інвестицій і формалізації. У воєнний і післявоєнний період зростає потреба в інструментах, які одночасно знижують стимули до тінізації та здешевлюють «ціну легальності», переводячи контроль із карального на ризик-орієнтований, цифровий формат. Воєнні шоки (пошкодження енергетики, логістики) посилюють попит на ліквідність і короткі горизонти планування, що потребує адаптивної політики формалізації. У даних тезах пропонується системно-структурований набір інструментів зниження рівня нелегального бізнесу в Україні з урахуванням сучасних міжнародних рекомендацій, цифрової трансформації адміністрування та воєнно-економічної невизначеності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема тінізації є предметом вивчення класиків економічної думки та сучасних дослідників. Фундаментальні підходи Ф. Шнайдера та Е. де Сото розглядають тінь як реакцію на інституційну слабкість держави. У вітчизняному науковому просторі вагомими є праці В. Гейця, З. Варналія та І. Мазур, які адаптували світовий досвід до українських реалій. Проте динаміка воєнних деформацій та цифрова революція 2024–2025 років потребують оновлення інструментарію детінізації.

У науковій літературі тіньовий бізнес часто поділяють на «вимушений» та «кримінальний». Для зниження рівня першого типу критично важливо змінити співвідношення між витратами на легальність та вигодами від неї. Ключовим інструментом тут виступає реформа оподаткування праці.

Високий кумулятивний рівень навантаження на фонд оплати праці (ЄСВ, ПДФО та військовий збір) створює ситуацію, за якої повна легалізація оплати праці призводить до втрати конкурентоспроможності підприємства. Інструментом вирішення цієї проблеми є запровадження єдиної ставки податку на доходи та збору, яка була б психологічно прийнятною для бізнесу та не перевищувала б межі, за якою починається масове ухилення. Це відповідає концепції податкової сумлінності, де добровільна сплата податків базується на довірі та поміркованих ставках.

Одним із найбільш перспективних інструментів є перехід від суцільного фіскального контролю до предикативного моніторингу на основі великих даних (Big Data). Замість фізичних перевірок, які несуть корупційні ризики, держава має використовувати алгоритми штучного інтелекту для виявлення аномалій у діяльності суб’єктів.

Інструмент AI-Scoring (інтелектуальний скоринг) дозволяє автоматично аналізувати діяльність підприємства за багатьма параметрами: обсяги споживання електроенергії порівняно з декларованим випуском продукції, кількість безготівкових транзакцій порівняно з податковим звітом, а також відповідність середньої зарплати на підприємстві ринковим показникам регіону. Використання моделей «випадкового лісу» (Random Forest) у державних системах моніторингу дозволяє з високою точністю ідентифікувати «сірі» схеми без втручання в операційну діяльність чесного бізнесу. Таким чином, ризик виявлення порушень стає настільки високим, що перебування в тіні втрачає свій економічний сенс.

Науковий інтерес становить інструмент гейміфікації податкової лояльності. Досвід Тайваню та Португалії з лотереями фіскальних чеків підтверджує, що залучення споживача до контролю є ефективнішим за будь-яку інспекцію. В українських реаліях цей інструмент трансформується у систему «смарт-рейтингів» у цифрових державних платформах.

Підприємства, що демонструють високий рівень прозорості (статус «White Label»), мають отримувати не лише звільнення від планових перевірок, а й прямі преференції: нижчі відсоткові ставки за державними програмами кредитування, пріоритет у державних закупівлях та спрощений доступ до грантів. Це створює ситуацію, де легальність стає нематеріальним активом бізнесу, що підвищує його капіталізацію.

Важливим інструментом детінізації є впровадження стандартів SAF-T (Standard Audit File for Tax) та автоматичного обміну інформацією про фінансові рахунки. Ці інструменти роблять транскордонні схеми мінімізації податків видимими для регулятора. У 2026 році Україна має завершити повну синхронізацію своїх баз даних із митними та податковими реєстрами ЄС, що унеможливить існування контрабанди та «скруток» як інструментів накопичення нелегального капіталу.

Таким чином зниження рівня нелегального бізнесу в Україні вимагає переходу від моделі «держава-контролер» до моделі «держава-сервіс» та «держава-аналітик».

Найбільшу ефективність демонструє синергетичне поєднання трьох груп інструментів:

- Економічних: через зниження податкового тиску на фонд оплати праці та дерегуляцію;
- Технологічних: через впровадження AI-моделей моніторингу аномалій та Big Data аналітики;
- Соціально-репутаційних: через цифрову гейміфікацію лояльності та надання преференцій прозорому бізнесу.

Комплексна реалізація цих інструментів дозволить не лише наповнити бюджет, а й сформувати нову культуру податкової сумлінності, що є необхідною умовою членства України в Європейському Союзі.

Список літератури:

1. Танзі, В. (1983). Підпільна економіка у США та за кордоном. Lexington Books. — С. 69–105. (Фундаментальні засади монетарного аналізу тіні).

2. Кауфман, Д., & Каліберда, О. (1996). Інтеграція тіньової економіки в динаміку постсоціалістичних економік. Дослідницький робочий документ Світового банку № 1691. — С. 8–17.

3. Шнайдер, Ф. (2024). Тіньова економіка та ухилення від оподаткування в глобальному контексті. Журнал економічних оглядів (Journal of Economic Surveys), т. 38, вип. 2, С. 312–338. (Сучасні методи оцінки тіньових процесів).

4. Де Сото, Е. (2022). Інша дорога: економічна відповідь на тероризм. Basic Books. — С. 131–187. (Інституційний підхід до легалізації).

5. Міністерство економіки України. Наказ № 123 від 18.02.2009 «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо розрахунку рівня тіньової економіки». — С. 2–14.

6. CASE Україна. (2025). Втрати бюджету від податкових схем: Аналітичне дослідження. — С. 12–28.

7. ОЕСР. (2020). Податкове адміністрування 3.0: Цифрова трансформація податкового адміністрування. Париж: OECD Publishing. — С. 45–72.

INTER- AND INTRALINGUAL PROBLEMS FOR UKRAINIAN RESEARCHERS

Antokhiv-Skolozdra Olesya,
Associate Professor, PhD,
Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine

Sholota Khrystyna,
Associate Professor, PhD,
Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine

The actuality of this research lies in the fact that nowadats the majority of indexed journals require manuscripts to be submitted in English, posing a significant difficulty for translingual writers. A code-switching environment, in which cross-linguistic influences particularly interference from the first language are clearly observable, plays a key role in addressing this issue. Dealing with the complex spectrum of language-related challenges is inconceivable without considering three fundamental levels of written production: lexical, syntactic, and textual. The study examines the nature of possible errors and explores their interlingual and intralingual sources.

This research is a mixed-method study encompassing descriptive qualitative and descriptive quantitative methods. Content analysis was employed as the data gathering technique. The analysis of texts was focused on tracing deviations from consistent principles and rules of Standard English and linguistic features of English research discourse and encompassed such steps as highlighting the error, cross-checking and stating the deviation, listing and classifying the errors, and tracing a possible connection of the error to authors' first language interference.

Presenting research effectively in a foreign language and making it attractive to a wide audience requires the development of a coherent written output viewed through the lens of both code-switching dynamics and writing precision. English, as the dominant language of contemporary science and technology, appears to be securing a prominent position in the linguistic marketplace [1], while academic journal writing is regarded as a cognitively demanding endeavor that necessitates compliance with rigorous criteria and standards of content and presentation in order to achieve the sought-after status of "accepted for publication" [2]. Consequently, cross-linguistic communication within academic settings is becoming an increasingly competitive and demanding domain.

It may be argued that the most significant shifts from linguistic and stylistic norms emerge at the syntactic level, encompassing diverse instances of improper word order, clause structure, or the use of transitional devices that create inter- and intra-sentential links.

A wide range of grammatical errors resulting from authors' inadequate command of the target language, limited precision, or the transfer of grammatical structures from their first language may lead to disruptions at the sentence level (e.g., incorrect subject–

verb agreement, omitted predicates) or appear in localized forms (e.g., missing articles, improper use of quantifiers).

Errors that may potentially lead to ambiguity or reduced sentence clarity are typically associated with the improper use of verbs, particularly predicates. In this respect, the most common errors observed in the writing of Ukrainian authors involve omitted predicates, most notably linking verbs, among others.

Additional instances of verb-related errors identified in the analyzed texts encompassed incorrect subject–verb agreement (typically involving a mismatch between singular noun or pronoun subjects and plural verb forms, or the reverse), inaccurate verb tense selection, as well as unsuitable application of the passive voice.

Furthermore, a range of errors related to the use of infinitive and gerund constructions, as well as modal verbs, was identified.

On the lexical level the results of our analysis demonstrate numerous instances of unsuitable word selection, the formation of non-standard collocations, and erroneous phrases arising from authors' reliance on semantic or structural patterns of their native language.

Many instances of incorrect word and phrase usage in the analyzed texts can be attributed to the phenomenon of loan translation, or calque, which is commonly described as "ad hoc word-for-word or morpheme-by-morpheme renderings from one language into another" [3].

The examination revealed a number of spelling inaccuracies, which may be broadly classified into several categories: deviations from a particular orthographic convention (British versus American English), errors in the spelling of toponyms, improper capitalization, and incidental spelling mistakes [4]. With respect to the first category, it must be acknowledged that authors occasionally alternate between British and American spelling conventions, although American spelling is generally favored. The second category warrants closer consideration, as it clearly reflects the influence of a third language – Russian.

Hence, the current study has identified specific linguistic domains in which Ukrainian authors may struggle to convey their scientific ideas effectively. At the level of text organization and style, these issues include weak paragraph structure and a limited range of academic vocabulary, primarily resulting from insufficient training in academic writing in both native language and foreign language, as well as excessive verbosity influenced by native academic discourse conventions.

At the syntactic level, the most significant departures from linguistic and stylistic norms involve errors in word order, clause construction, linking devices, and transitional elements. Extended, cumbersome sentences with multiple clauses, misplaced modifiers, and incorrect word choices reduce the clarity and readability of manuscripts [5]. These patterns often reflect interference from the native language, as well as the legacy of "post-Soviet" academic writing traditions.

Grammatical errors indicate an incomplete command of the target language, limited precision, or the transfer of grammatical structures from native language. The most frequent mistakes among Ukrainian authors include omitted predicates, particularly linking verbs, incorrect subject–verb agreement, inaccurate verb tense

forms (including verbals), inappropriate use of the passive voice, as well as errors in nouns, pronouns, modal verbs, articles, demonstratives, and quantifiers. These issues largely stem from insufficient language proficiency or lack of precision, highlighting the influence of intralingual factors.

At the lexical level, it was observed that authors' attempts to construct English phrases based on native language structural patterns often produce hybrid collocations that combine features of both mother tongue and foreign language, sounding unnatural to native English speakers [6]. Additionally, numerous prepositional errors were identified, which can be classified as intralingual in nature rather than resulting from native language interference.

Regarding orthography, particular attention should be given to the spelling of toponyms, which is affected by a third language, Russian. The absence of a standardized system for spelling Ukrainian toponyms renders this issue both controversial and debatable.

References:

1. Ndiaye, L. (2014). Errors in advanced learners' written productions: from analysis to practical treatment. *Ugb-senegal*. Mémoire de C.A.E.S. FASTEF. Retrieved from: https://www.academia.edu/12149481/errors_in_advanced_learners_written_productions_from_analysis_to_practical_treatment

2. Asif, F., Jauhar, A., Tajuddin, A. J. A., & Khan, I. A. (2020). Challenges faced by non-native writers in publishing papers in reputed English language journals. *Palarch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 17(4), 1576–1591.

3. Aikhenvald, A. Y. (2006). Grammars in contact: a cross-linguistic perspective. In A. Y. Aikhenvald & R. M. W. Dixon (Eds.), *Grammars in contact: a cross-linguistic typology* (pp. 1–66). Oxford: Oxford University Press.

4. Blake, J. (2021). Scientific research articles: twenty-two language errors to avoid. In G. Kurubacak-Meric & S. Sisman-Ugur (Eds.), *Improving Scientific Communication for Lifelong Learners* (pp. 195–219). IGI Global. doi:10. https://doi.org/4018/978-1-7998-4534-8.ch011

5. Mansoor, M. S., & Salman, Y. M. (2020). Linguistic deviation in literary style. *Cihan University – Erbil Journal of Humanities and Social Sciences*, 4(1), 7–16. https://doi.org/10.24086/cuejhss.v4n1y2020.

6. Marita, T., & Jufrizal, J. (2021). L1 syntactic interference in ESP students' writing assignments. In *Proceedings of the Eighth International Conference on English Language and Teaching* (*ICOELT-8 2020*) (pp. 166–171). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/assehr.k.210914.032

AI-ENHANCED PERSONALIZED LEARNING PATHWAYS FOR FOREIGN LANGUAGE READING COMPETENCE

Chornyy Gennadiy,
Ph.D., candidate
Kryvyi Rih State Pedagogical University, Ukraine

Abstract: The rapid expansion of artificial intelligence (AI) in education has intensified interest in how personalized learning pathways can be designed to support foreign language (FL) reading competence. This article synthesizes current theoretical and empirical work on AI-enhanced personalization in language learning and proposes a conceptual model for structuring personalized reading pathways. Drawing on research into AI-supported adaptive systems, AI-generated adaptive texts, and AI-assisted reading tools, the paper highlights how learner modelling, dynamic content sequencing, and real-time feedback can be aligned with pedagogical goals and reading strategy development. Particular attention is paid to the cognitive and affective dimensions of FL reading, including reading comprehension, strategy use, engagement, and anxiety. The argument is grounded in the broader literature on AI-driven personalized learning and language pedagogy, which stresses the need for a balance between algorithmic adaptivity and human mediation. The article concludes with implications for designing methodical systems of FL reading instruction with AI integration, building on the notion of personalized, strategy-oriented learning trajectories that respect curricular constraints and ethical considerations.

Keywords: artificial intelligence; personalized learning pathways; foreign language reading competence; adaptive learning; reading strategies; engagement; anxiety.

Personalized learning has long been an aspiration in education, yet practical constraints have often limited teachers' ability to tailor instruction to individual learners. AI-driven systems have changed this landscape by making it possible to collect and analyze rich learner data and to adjust content, tasks, and feedback in near real time [1, p. 650]. Within foreign language education, these developments coincide with an increased emphasis on communicative competence and on differentiated instruction that recognizes learners' diverse profiles.

Reading is a central component of foreign language competence and a domain where personalization appears particularly necessary. In typical school classrooms, learners are expected to work with the same texts and to meet common assessment standards, even though their levels of proficiency, strategy repertoires, and affective dispositions may vary widely. As a result, weaker readers can experience persistent overload, while more advanced learners may not be sufficiently challenged.

AI-enhanced personalized learning pathways aim to mitigate this tension by constructing individualized routes through reading activities while preserving shared

curricular goals. Tapalova and Zhiyenbayeva conceptualize such pathways in AIEd as dynamically generated sequences of learning objects and tasks that respond to evidence about learners' current knowledge and performance [1, p. 649]. Fortuna's review of AI-driven personalized learning further emphasizes that pathways are not purely technical artefacts; rather, they embody particular pedagogical approaches, such as mastery learning and competency-based progression. In language education, Saieed Moslemi Nezhad Arani notes that AI should support, rather than displace, the human dimensions of teaching, especially in areas that involve interpretation, culture, and identity[2, pp. 1-22].

This article situates itself at the intersection of these discussions. It focuses on how AI-enhanced personalized learning pathways can be designed to support foreign language reading competence in institutional settings, particularly schools, where methodical systems of instruction provide the overarching structure. The aim is not to present an empirical intervention but to synthesize existing literature and propose a conceptual model that can inform further design and research.

Conceptualizing personalized learning pathways in AI-supported language education: The AIEd literature typically describes personalized learning pathways as trajectories that learners follow through a network of content and activities, guided by an AI-driven learner model. Such pathways are characterized by four key properties: they are (a) responsive to learner data, (b) aligned with explicit learning objectives, (c) capable of adjusting pace and difficulty, and (d) continuously updated as new data become available.

Fortuna's synthesis of AI-enabled personalized learning systems shows that these properties can be realized through various pedagogical logics. In a mastery-oriented approach, progression along a pathway is contingent on demonstrating a predefined level of competence; the AI system recommends additional practice or remedial activities when evidence suggests that mastery has not yet been reached. In contrast, in more exploratory models, AI may propose alternative branches or extension tasks based on learner interests, thereby balancing competence development with motivation[3].

In the domain of foreign language learning, Moslemi Nezhad Arani argues that AI's role in personalized learning must be carefully defined. The paper outlines a conceptual view in which AI supports personalization by handling routine diagnostics and adaptive content selection, while teachers remain responsible for interpreting learners' needs holistically, integrating cultural perspectives, and orchestrating social interaction. From this perspective, AI-enhanced pathways in language learning are hybrid constructs: partly algorithmic, partly human-designed, and embedded in broader pedagogical scenarios[2].

For reading competence, this implies that AI should not be allowed to unilaterally determine the content and direction of learners' trajectories. Instead, pathways need to be grounded in a clear conception of what it means to read effectively in a foreign language and how reading develops over time in institutional contexts such as basic or secondary education.

Foreign language reading competence as a target of personalization: Foreign language reading competence can be understood as the ability to construct meaning from written texts in the target language in ways that are appropriate to the reader's goals and context. This involves not only decoding and vocabulary knowledge but also a repertoire of strategies such as skimming, scanning, predicting, inferring, monitoring comprehension, and evaluating information.

From a methodical perspective, especially in school settings, reading competence is often operationalized through task performance. Learners demonstrate their comprehension by answering literal and inferential questions, completing gap-fills, matching headings to paragraphs, or producing summaries. Reading tasks may align with external frameworks such as the Common European Framework of Reference (CEFR), which provides level-specific descriptors for reading behavior.

Personalized pathways for reading thus need to take into account at least three dimensions:

- Text difficulty and type. Texts may vary in length, lexical density, syntactic complexity, discourse structure, and topic familiarity. Aligning these factors with learners' proficiency is crucial to avoiding both frustration and boredom.
- Task demands. Tasks can call for recognition of explicit information, integration across sentences and paragraphs, or more evaluative responses. Adjusting task demands allows learners to practice specific sub-skills within their zone of proximal development.
- Scaffolding and feedback. Supports such as glossaries, hints, worked examples, and strategy prompts help learners manage difficulty and adopt more effective reading behaviors.

AI technologies are well suited to mediating these dimensions. Adaptive engines can analyze text complexity, generate or select tasks at different levels, and modulate scaffolding according to learner responses. The challenge is to embed these capabilities within a pedagogically coherent system that advances reading competence rather than merely optimizing short-term performance.

Mechanisms of AI-enhanced personalized reading pathways: Empirical work on AI-supported reading provides useful insight into how adaptive mechanisms can be operationalised.

Ibrahim reports on an adaptive learning system for EFL reading in which tasks and feedback are dynamically adjusted on the basis of learner performance. Over several weeks, learners in the experimental group worked with texts and comprehension activities that were automatically tuned to their evolving proficiency[4, pp. 3900-3912]. Compared with a control group receiving non-adaptive instruction, the AI-supported group showed higher gains in reading comprehension and improved awareness of their own reading processes, suggesting that algorithmically guided pathways can support both performance and metacognition.

He focuses on AI-generated adaptive texts, demonstrating that systematic adjustments to lexical and syntactic complexity can improve comprehension outcomes, particularly for learners at lower proficiency levels [5, pp. 46-52]. By generating multiple versions of the same text at different difficulty levels, AI systems can place

learners on differentiated but thematically aligned reading pathways. This form of adaptation is especially relevant in school settings, where curricular content is prescribed but learner readiness to engage with that content varies.

Feng and colleagues extend the notion of personalization to include affective states. Their AI-enhanced reading platform integrates biometric data, such as heart-rate variability and eye-tracking measures, to infer cognitive load and anxiety. The system then adjusts task difficulty, offers breaks, or provides supportive prompts to help learners maintain an optimal level of arousal[6, pp. 1-16]. The study reports improved reading comprehension and reduced anxiety for learners using the biometric-enhanced version of the platform, indicating that affect-sensitive personalization can be beneficial.

At the level of tools rather than full platforms, Riyani examines AI-assisted reading environments in which EFL learners interact with AI-based assistants to clarify vocabulary, paraphrase sentences, and check understanding. Under teacher guidance, learners use the assistant to explore texts more deeply and to receive immediate responses to their questions. The study finds that such interactions contribute to higher reading comprehension scores and greater engagement compared with a purely textbook-based approach.

Kencana's qualitative research on AI in language learning further illuminates how learners experience personalized pathways [7, pp. 249-263]. Participants value the adaptivity and autonomy afforded by AI tools but also highlight concerns about cultural appropriateness, output reliability, and data privacy. Importantly, many express a preference for hybrid learning environments in which AI-mediated personalization complements, rather than replaces, teacher-led instruction and peer interaction.

Taken together, these studies illustrate that AI-enhanced personalized pathways for reading can involve multiple layers of adaptation: to content, tasks, feedback, and even affective states. However, they also suggest that such pathways are most effective when embedded in carefully designed pedagogical contexts.

A conceptual framework for AI-enhanced personalized pathways in FL reading: Synthesizing the above insights, a conceptual framework for AI-enhanced personalized learning pathways in foreign language reading can be articulated along four interrelated components.

- Competence-aligned pathway design: The starting point is a clearly articulated model of FL reading competence that specifies sub-skills and strategies relevant to the curriculum. This model should be decomposed into learning objectives that can be operationalised through tasks and texts. For example, objectives might include "identify the main idea of a short narrative text at B1 level" or "infer the meaning of unknown words from context in expository texts." Personalized pathways then represent different sequences and intensities of practice across these objectives, tailored to learner profiles.
- AI-driven learner modelling and diagnostics: The second component is a learner model that accumulates data on task performance, error patterns, and, where feasible, behavioural or biometric indicators. Following principles outlined in AIEd research, this model should be transparent enough that teachers and learners can understand what

is being inferred and why [1]. In the context of reading, the model might track performance across categories such as literal comprehension, inference, and vocabulary in context, thereby informing decisions about the next steps along an individual's pathway.

- Adaptive content and task generation: The third component involves tools for generating or selecting texts and tasks that align with both the competence model and the learner model. He's work on adaptive texts demonstrates how AI can manipulate linguistic features while preserving topic and key information. Building on this, adaptive engines can assign different text versions and accompanying question sets to learners at different points on their pathways. Ibrahim's and Riyani's studies suggest that such adaptivity is particularly effective when combined with immediate, informative feedback.
- Pedagogical orchestration and responsible use: finally, successful implementation requires thoughtful orchestration by teachers and institutions. Fortuna emphasises the central role of teacher expertise in selecting appropriate pedagogical approaches and managing the impact of AI on classroom dynamics. Moslemi Nezhad Arani similarly argues that teachers must retain control over key decisions, including which AI tools to use, how to integrate them into lessons, and how to address ethical concerns. Kencana's findings about learner perceptions underline the importance of clear guidelines on responsible use, transparency about data collection, and ongoing dialogue about the limitations as well as the affordances of AI [7].

Within this framework, AI-enhanced personalized pathways are not standalone systems but components of broader methodical designs for FL reading instruction. They can be integrated into lesson stages (pre-reading, while-reading, post-reading), into assessment regimes (formative mini-tests along the pathway), and into support structures (additional practice for learners who need it, enrichment for those who progress quickly).

Challenges and directions for future work: Despite encouraging evidence, several challenges remain in implementing AI-enhanced personalized reading pathways in real educational contexts.

One challenge concerns equity and access. Adaptive platforms and AI-assisted reading tools presuppose reliable access to digital devices and connectivity. In many school systems, this is unevenly distributed, which risks exacerbating existing inequalities in reading outcomes.

A second challenge involves teacher preparation and workload. Teachers need support to interpret the data generated by AI systems, to integrate adaptive recommendations into their planning, and to moderate learners' use of AI-assisted tools. Without such support, AI-driven personalization can become an additional burden rather than a help.

A third area of concern is assessment alignment. High-stakes examinations often remain largely non-adaptive and may not fully recognize the types of reading competence that personalized pathways are best suited to develop, such as strategic flexibility or deep inferential skills. This misalignment can create tensions between innovative classroom practice and external accountability.

Finally, ethical and regulatory frameworks for AI in education are still evolving. Issues related to privacy, algorithmic bias, and the long-term effects of pervasive data collection need continued scrutiny. Learner perceptions, as documented by Kencana, show that students themselves are sensitive to these questions and expect transparency and fairness.

Future research should explore how conceptual frameworks like the one outlined here can be instantiated in specific school settings, including those where methodical systems for FL reading instruction are already well-developed. Design-based studies that iteratively refine AI-enhanced pathways in collaboration with teachers and learners would be particularly valuable.

Conclusion. AI-enhanced personalized learning pathways hold significant promise for supporting foreign language reading competence, especially in contexts where diverse learners must engage with common curricular materials and assessments. The literature reviewed in this article suggests that adaptive systems, AI-generated texts, biometric feedback, and AI-assisted reading tools can all contribute to more tailored and responsive learning experiences. At the same time, conceptual analyses stress that such personalization must be anchored in coherent pedagogical frameworks and implemented with careful attention to ethical and practical constraints.

For educators and researchers developing methodical systems of FL reading instruction, AI-enhanced personalized pathways should be seen neither as a panacea nor as an optional add-on. Rather, they represent a set of tools and design possibilities that, when thoughtfully integrated, can help align the aspiration of individualized support with the realities of classroom teaching. As AI technologies continue to evolve, the task will be to ensure that they are harnessed to deepen learners' engagement with texts, strengthen reading strategies, and broaden access to meaningful foreign language literacy, rather than simply to accelerate the delivery of exercises.

References:

1. Tapalova, O., & Zhiyenbayeva, N. Artificial Intelligence in Education: AIEd for Personalised Learning Pathways. Electronic Journal of e-Learning, 2022, 20(5), 639–653. Available at: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1373006.pdf (accessed: 01.02.2026).

2. Moslemi Nezhad Arani, S. M. Navigating the Future of Language Learning: A Conceptual Review of AI's Role in Personalized Learning. Computer-Assisted Language Learning Electronic Journal, 2024. Available at: https://callej.org/index.php/journal/article/download/78/388/1305 (accessed: 01.02.2026).

3. Fortuna, A. Personalized learning through AI: Pedagogical approaches and critical insights. Contemporary Educational Technology, 2025. Available at: https://www.cedtech.net/article/personalized-learning-through-ai-pedagogical-approaches-and-critical-insights-16108 (accessed: 02.02.2026).

4. Ibrahim, M. A. E. S. AI Enhanced Reading Comprehension through an Adaptive Learning System in EFL Contexts. Journal of Computer-Assisted Studies in Communication, 2025. Available

at: http://jcasc.com/index.php/jcasc/article/download/2203/502 (accessed: 02.02.2026).

5. He, X. Enhancing Reading Comprehension with AI-Generated Adaptive Texts. International Journal of New Developments in Education, 2024, 6(7), 46–52. https://doi.org/10.25236/IJNDE.2024.060708

6. Feng, X., et al. Artificial intelligence in language learning: biometric feedback and adaptive reading for improved comprehension and reduced anxiety. Humanities and Social Sciences Communications, 2025. Available at: https://www.nature.com/articles/s41599-025-04878-w (accessed: 05.02.2026).

7. Kencana, N. AI in Language Learning Process: Personalized Pathways for EFL Learners in the Age of AI in Indonesia. MACCA: Journal of Education and Humanities, 2024, 1(3), 249–263. Available at: https://www.journal.adityarifqisam.org/index.php/macca/article/download/108/65/351 (accessed: 05.02.2026).

BARRIERS TO EFFECTIVE ONLINE LEARNING IN DEVELOPING ECONOMIES: A MULTI-DIMENSIONAL ANALYSIS AND PATHWAYS TO EQUITY

Galetskyi Sergii,
Ph.D., Associate Professor
The National University of Ostroh Academy

Topishko Natalya,
Ph.D., Associate Professor
The National University of Ostroh Academy

Biloshytska Tetiana,
Ph.D., Associate Professor
Zhytomyr Ivan Franko State University

Galetska Tetiana,
Ph.D., Associate Professor
The National University of Ostroh Academy

Introduction

In the globalized world of the 21st century, the digital transformation of education is recognized as a key driver of progress and social mobility. Online learning, in particular, is seen not just as a technological innovation, but as a revolutionary tool capable of providing unprecedented access to knowledge, increasing the flexibility and personalization of the learning process, and optimizing the use of limited resources. Its role has become critical during global crises: the COVID-19 pandemic has been a large-scale experiment that has forced large numbers of students around the world to switch to distance learning, while armed conflicts, wars, and mass migrations have highlighted its potential as a mechanism for ensuring access to education.

However, this optimistic narrative is confronted with the harsh reality of developing countries. Here, the potential of online learning is only partially realized, and sometimes not realized at all, transforming from a tool for inclusion into a mechanism for exclusion. Deep structural socio-economic problems, systemic inequality in access to digital technologies, and weak institutional capacity of education systems create a set of interrelated barriers. As a result, online learning risks not only reproducing but also significantly deepening existing educational inequalities, creating a new digital divide—not only in access but also in the quality of learning outcomes.

Online learning, as a modern form of organizing the educational process, is based on the comprehensive use of information and communication technologies for interaction between teachers, students, and available information resources. In the context of developing countries, it is often combined with the concept of open

education, aimed at reducing barriers. However, it is precisely this context – socio-economic, cultural and infrastructural – that becomes the determining factor in the success or failure of these theoretical models in practice [1-7].

1. Technological and infrastructural barriers to the use of distance education in developing countries [4; 5; 7]

- *Fragmented Internet coverage and poor connection quality:* In many regions, the Internet remains a luxury. Even where coverage is available, low data transfer speeds (e.g., less than 3G) make it impossible to use resource-intensive but effective synchronous forms of learning: real-time video lectures, interactive webinars, and group discussions on video platforms. This forces them to resort to asynchronous methods (e.g., downloading text files), which reduces the dynamics and social component of the learning process itself.
- *Shortage and obsolescence of devices:* Owning a personal computer or even a new-generation smartphone remains an unattainable goal for millions of families around the world. Students are often forced to use shared, morally and physically obsolete devices in the family, which makes it difficult to participate regularly in classes, access complex applications, and complete assignments. This "digital poverty" creates unequal starting conditions.
- *Unstable power supply:* Frequent and prolonged power outages in rural areas and some cities in developing countries make any planning for online learning extremely risky. A student may be disconnected at a critical stage of an exam or lecture, undermining the very foundation of the educational process.

2. Economic and resource constraints [3; 4; 7]

- *Financial inaccessibility:* For low-income families, the cost of high-quality internet traffic, even basic devices and licensed software, becomes an unbearable financial burden. This forces them to choose between education and basic human needs.
- *Limited institutional resources:* Many universities and schools in developing countries do not have the budgets to develop or license modern learning management systems (LMS) such as Moodle, Canvas, or Blackboard. The lack of technical support, IT departments, and funds for regular updates of digital content leads to the use of outdated, ineffective solutions, often through free but limited platforms (e.g., social networks).

3. Pedagogical and content challenges [1; 2; 6]

- *Lack of digital pedagogy:* The crisis-driven introduction of online learning often reveals a lack of systematic training for teachers themselves. Many of them, while experts in their discipline, do not have the skills to effectively design online courses, conduct virtual discussions, or create interactive materials. This leads to simply "transferring" lectures to Zoom or sending PDF files, which ignores the didactic potential of the digital environment.
- *Content colonialism and lack of localization:* Global platforms for massive open online courses (MOOCs) and other resources are often developed in a Western context. They may not take into account local cultural realities, examples, historical perspectives, and issues relevant to the region. In addition, the dominance of English

creates an additional barrier, requiring students not only to master the subject matter, but also to overcome the language barrier.

- *Assessment and academic integrity issues:* The online format complicates traditional knowledge monitoring, increasing the risks of plagiarism and unauthorized assistance during testing. Developing reliable, creative assessment methods that test understanding rather than just memory requires additional pedagogical efforts and technological solutions that are often simply unavailable in developing countries.

4. Sociocultural and psychological aspects [4; 7]

- *Widening social gaps:* Online learning can amplify existing inequalities: between urban and rural areas, between rich and poor, between men and women. In many conservative societies, girls and women may have limited access to devices or time for learning due to social norms and domestic responsibilities.
- *Lack of digital and learning autonomy:* Success in an online environment critically depends on the learner's ability to plan their time, motivate themselves, and search for information independently. These skills are often not developed in education systems that focus on passive knowledge acquisition under strict teacher supervision. This leads to loss of motivation, procrastination, and high dropout rates.
- *Digital fatigue and social isolation:* Prolonged screen time, limited nonverbal interaction, and feelings of loneliness can lead to psychological exhaustion, decreased engagement, and increased stress among students, which affects overall learning effectiveness.

5. Systemic and regulatory gaps [3; 7]

- *Lack of national strategy:* Many developing countries simply lack a comprehensive vision for the development of online education as an integral part of national education policy. This leads to fragmented, uncoordinated initiatives, a lack of quality standards, and mechanisms for recognizing credits earned online.
- *Accreditation and data protection issues:* The legitimacy of online diplomas and certificates is often questioned by both employers and government agencies. In addition, the use of international platforms raises complex issues regarding the storage and protection of students' personal data, which is often not adequately regulated by national legislation.

Conclusions

In conclusion, online learning undoubtedly has transformative potential for developing countries. However, this potential is not automatically realized with the advent of new information technologies. This process requires a conscious, comprehensive, and context-sensitive approach that simultaneously addresses technological, economic, pedagogical, sociocultural, and regulatory barriers. Investments in infrastructure must go hand in hand with mass training in digital pedagogy for teachers. The development of localized, relevant content must be accompanied by the formation of learning autonomy skills in students. International cooperation should be aimed not at exporting ready-made models, but at jointly developing flexible solutions and exchanging best practices.

Further research should focus on a thorough empirical evaluation of the effectiveness of various hybrid and fully online models specifically in the context of developing countries to ensure empirically grounded policies that will transform online learning from a source of inequality into a true tool for equity and progress.

References:

1. Bates, A. (2019). Teaching in a digital age: Guidelines for designing teaching and learning. Tony Bates Associates Ltd.
2. Bozkurt, A., Sharma, R. (2020). Emergency remote teaching in a time of global crisis due to Coronavirus pandemic. *Asian Journal of Distance Education,* 15(1), 1–6.
3. Christensen, C., Horn, M., Johnson, C. (2011). *Disrupting class: How disruptive innovation will change the way the world learns*. McGraw-Hill.
4. Mathrani A., Sarvesh T., Umer R. (2021). Digital divideframework: online learning in developing countries during the COVID-19 lockdown, *Globalisation, Societies and Education.*
5. Than Nwe Aung, Soe Soe Khaing. (2016). Challenges of Implementing e-Learning in Developing Countries: A Review. International Conference on Genetic and Evolutionary Computing.
6. Selwyn, N. (2016). Education and technology: Key issues and debates. Bloomsbury Academic.
7. WORLD BANK. (2021). Remote learning during COVID-19: lessons from today, principles for tomorrow. World Bank Group.

STABLISHING AN INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENT USING DIGITAL PLATFORMS

Guliyeva Maia
PhD Student
Department of Chemistry Teaching Methodology
Baku State University

In the modern era, the development of science and education is closely linked to the rapid advancement of information and communication technologies (ICT). Globalization and digitalization have led to the emergence of new approaches in the education system while prompting the modernization of traditional teaching models. In particular, the integration of digital platforms into the teaching process has made it possible to organize lessons in a more flexible, accessible, and interactive manner. In this regard, the formation of an interactive learning environment is considered one of the key priorities of contemporary education.

The Role of Digital Platforms in the Teaching Process

Digital platforms play a crucial role in enhancing interaction between teachers and students. Through online platforms such as Zoom, Microsoft Teams, Google Classroom, Moodle, and others, lessons can be conducted both synchronously and asynchronously. These platforms provide extensive functionalities for sharing educational materials, assigning and evaluating tasks, conducting discussions, and monitoring the learning process.

The use of digital platforms eliminates time and space constraints in the educational process, thereby increasing accessibility to education. Students can access lesson materials at any time, rewatch video lectures, and communicate with teachers online. This, in turn, enhances the continuity and efficiency of the learning process.

Mechanisms for Forming an Interactive Learning Environment

An interactive learning environment aims to transform students from passive listeners into active participants in the educational process. To this end, digital platforms offer a variety of interactive tools. Online polls, quizzes, discussion forums, group work, virtual whiteboards, and presentations increase student engagement and make learning more effective.

Interactivity also positively influences the development of students' critical thinking, problem-solving, and collaborative skills. Group discussions and project-based assignments strengthen students' social and communication competencies. By enabling personalized learning opportunities, digital platforms allow the creation of a teaching environment tailored to the individual knowledge and skill levels of each student. [1]

The Role of Teachers and Digital Literacy

The successful formation of an interactive digital learning environment directly depends on teachers' pedagogical and technological competencies. Teachers must be able to use digital platforms effectively, select appropriate interactive methods, and

apply them properly. Enhancing digital literacy enables teachers to operate in accordance with the demands of modern education.

Furthermore, continuous professional development and participation in training programs positively impact the quality of digital teaching. Purposeful use of interactive tools in lesson planning ensures a more productive educational process. [2]

Challenges and Issues

Despite the benefits, there are certain challenges in forming an interactive learning environment through digital platforms. Technical issues, uneven development of internet infrastructure, and limited digital skills of some users are among the main obstacles. Additionally, maintaining student motivation and ensuring academic integrity in an online environment require careful attention.

In conclusion, the formation of an interactive learning environment through digital platforms plays a significant role in the advancement of contemporary education. The systematic and purposeful application of these platforms enhances teaching quality, increases student engagement, and makes the learning process more effective. Proper pedagogical integration of digital technologies paves the way for the creation of more innovative and sustainable educational environments in the future.

References

1. Salman F. M., Alyoussef I. Y. A systematic review on digital learning platforms and interactivity // Education and Information Technologies. – 2023. – Vol. 28. – P. 1–25.

2. Siemens G., Gašević D., Dawson S. Learning Analytics and Digital Learning Environments. – New York : Routledge, 2022. – 312 p.

ПЕДАГОГІЧНЕ СПІЛКУВАННЯ ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНИЙ ЧИННИК ЕФЕКТИВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Ісаєва Світлана Дмитрівна
Кандидат педагогічних наук, доцент
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Соловей Ніна Василівна
Кандидат філологічних наук, доцент
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У сучасній вищій освіті самостійна робота студентів розглядається як ключовий компонент навчального процесу, що сприяє саморозвитку, самоконтролю, формуванню професійної компетентності та здатності до подальшого навчання упродовж життя (lifelong learning). Самостійна діяльність розширює межі аудиторного навчання, стимулює різнобічне мислення та сприяє пошуку творчих підходів до розв'язання професійних задач. Водночас ефективність самостійної роботи великою мірою залежить від рівня педагогічного спілкування, яке відбувається між викладачем і студентами. Педагогічне спілкування – це не лише обмін інформацією, це й процес мотивування, взаєморозуміння та підтримки, що створює передумови для продуктивної самостійної діяльності.

Розглядаючи сутність та структуру педагогічного спілкування, зазначимо, що воно є специфічною формою взаємодії між викладачем та студентом, що передбачає усвідомлену передачу знань, умінь, норм, цінностей із урахуванням індивідуальних особливостей студентів. Педагогічне спілкування включає вербальні та невербальні засоби взаємодії, емоційне взаєморозуміння та рефлексивний зворотний зв'язок [1, 2, 3, 4, 5].

Щодо структури педагогічного спілкування, воно містить такі компоненти, як: мета та зміст взаємодії; комунікативні засоби та методики передачі інформації; функції спілкування (інформаційна, мотиваційна, регулятивна, виховна); стилі викладача у процесі спілкування; зворотний зв'язок як ключовий елемент комунікації [6, 7, 8, 9].

Характеризуючи самостійну роботу студентів як педагогічне явище, слід відмітити, що самостійна робота – це діяльність студента, спрямована на оволодіння навчальним матеріалом та формування навичок самостійного навчання без постійних підказок викладача. Така діяльність сприяє розвитку мислення, самоконтролю та відповідальності за результати навчання [6, 9].

Серед основних цілей організації самостійної роботи можна виокремити: розвиток творчої активності; формування здатності до критичного аналізу матеріалу; підвищення мотивації до навчання; розвиток професійних умінь;

самовдосконалення упродовж життя, навіть після формального закінчення вищого навчального закладу [6, 9].

Щодо функціональної взаємодії педагогічного спілкування та самостійної роботи, слід наголосити, що ефективність самостійної роботи студентів багато в чому визначається тим, як викладач організовує взаємодію з учасниками освітнього процесу, оскільки комунікативні навички викладача впливають на рівень мотивації студентів, їх розуміння поставлених завдань, здатність долати труднощі, та підтримують самостійний розвиток.

До основних функцій педагогічного спілкування в організації самостійної роботи належать: мотиваційна функція; інформаційно-регулятивна функція; емпатична та підтримуюча функція; рефлексивна функція. Через постановку значущих цілей, обговорення очікуваних результатів та залучення до рішення реальних професійних задач, викладач формує у студентів внутрішню мотивацію до самостійної діяльності (мотиваційна функція). Під час спілкування зі студентами викладач уточнює завдання, алгоритми їх виконання, критерії оцінювання, що забезпечує чітке розуміння студентом вимог до самостійної роботи (інформаційно-регулятивна функція). Викладач створює психологічно безпечне середовище, де студент не боїться помилок, отримує підтримку та рекомендації, що сприяє підвищенню впевненості у власних силах (емпатична та підтримуюча функція). Через діалог, обговорення результатів і помилок викладач допомагає студентам усвідомлювати власний процес навчання та робить його більш ефективним (рефлексивна функція) [7, 5, 10].

Для підтримки самостійної діяльності студентів і підвищення її ефективності, необхідно дотримуватися спеціальних стратегій педагогічного спілкування, серед яких: діалогічне навчання, моделювання реальних професійних ситуацій, індивідуальна підтримка та консультації, застосування методів проблемного навчання. Діалогічне навчання передбачає взаємодію на рівних, обговорення та спільне вирішення освітніх проблем. Моделювання реальних професійних ситуацій стимулює студентів до самостійного пошуку шляхів вирішення покладених задач. Індивідуальна підтримка та консультації враховують індивідуальні потреби та рівень підготовки студентів. Застосування методів проблемного навчання формують навички самостійного аналізу та творчого мислення [1, 8, 11, 12].

Незважаючи на важливість педагогічного спілкування під час організації самостійної роботи, практика показує існування певних проблем та бар'єрів: недостатній рівень комунікативної підготовки викладачів, невідповідність стилю спілкування очікуванням студентів, відсутність зворотного зв'язку, які можуть знижувати мотивацію та ефективність самостійної роботи [7, 10].

Отже, продуктивне педагогічне спілкування є ключовою умовою успішної організації самостійної роботи студентів. Воно стимулює мотивацію студентів, забезпечує розуміння завдань, підтримує психологічний комфорт та сприяє розвитку їх самостійності. Систематичне застосування ефективних комунікативних стратегій дозволяє викладачам створити умови, за яких

самостійна робота студентів стає не вимушеним обов'язком, а активною формою особистісного саморозвитку.

Список літератури

1. Гарькавець С.О., Волченко Л.П. (2021). Спілкування в педагогічному процесі: *навчальний посібник*. Житомир. 100 с.

2. Ісаєва С.Д. (2016). Вербальні і невербальні засоби сприяння педагогічній комунікації. *Економіка, наука, освіта: інтеграція та синергія*. (1), 67-68.

3. Кайдалова Л.Г., Щокіна Н.Б., Вахрушева Т.Ю. (2009). Педагогічна майстерність викладача: *навчальний посібник*. Харків. 140 с.

4. Коновал О.А. & etc. (2012). Теорія і практика організації самостійної роботи студентів вищих навчальних закладів: *монографія*. Кривий Ріг. 380 с.

5. Лісовий М.І., Рисинець Т.П., Юкало В.Я., Кобилянська І.М. (2025). Педагогічне спілкування в системі комунікативних компетентностей викладача ЗВО. *Педагогіка безпеки*. (10, № 1), 18-25.

6. Друзь І.М. (2011). Самостійна робота студентів як важливий чинник професійної підготовки майбутніх фахівців. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. (30-31), 127-133.

7. Ісаєва С.Д. (2014). Комунікативна педагогіка Томаса Гордона: *посібник*. Київ. 164 с.

8. Ісаєва С.Д. (2016). Характерні особливості реалізації системи підготовки викладачів до ефективної педагогічної взаємодії зі студентами. *Імідж сучасного педагога*. 7 (166), 26-29.

9. Мачинська Н., Федорович А., Яремчук Н. (2020). Основи педагогічної майстерності: *навчально-методичний посібник*. Львів-Дрогобич. 286 с.

10. Isaieva S.D. (2017). The role of pedagogical strategies of effective communication in the process of teachers interaction with students. *Science and Education a New Dimension*. (51) 112, 19-21.

11. Козлова Г.М. (2014). Методика викладання у вищій школі: *навчальний посібник*. Одеса. 200 с.

12. Шевчук М.О., Киричок І.І., Новгородська Ю.Г. (2018). Проблеми управління самостійною роботою студентів вищих навчальних закладів. *Молодий вчений*. 1(53), 408–412.

НАУКОВІ ДИДАКТИЧНІ КАЗКИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСВОЄННЯ ТЕМИ «ВЗАЄМОДІЯ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ» НА ЗАНЯТТЯХ З ГЕНЕТИКИ ДЛЯ МАЙБУТНІХ КОРЕКЦІЙНИХ ПЕДАГОГІВ

Золотарьова Тетяна Вікторівна,
кандидат педагогічних наук,
старший викладач кафедри педагогіки,
спеціальної освіти та менеджменту
Комунальний заклад
Сумський обласний інститут
післядипломної педагогічної освіти

Генетика є однією з найважливіших базових навчальних дисциплін у системі підготовки корекційних педагогів. Проте у здобувачів вищої педагогічної освіти першого рівня під час вивчення кожної теми зустрічаються типові труднощі та помилки, які, на жаль, не завжди легко долати стандартними засобами та методами освіти. Наприклад, у процесі опанування теми «Взаємодія неалельних генів» майбутнім корекційним педагогам складно дається розв’язування типових задач.

Під час розв’язування задач на полімерію студенти плутають та записують у неправильному порядку неалельні гени першої та другої пар, оскільки, крім букв, які позначають гени, є ще й індекси, які позначають різні алельні пари цих генів; не враховують кумулятивний ефект неалельних генів та ступінь прояву кількісних ознак (ваги, зросту, насиченості кольору тощо). В ході розв’язування задач на епістаз здобувачам освіти важко уявити результати пригнічення прояву певної ознаки епістатичним геном, особливо якщо він рецесивний. Під час розв’язування задач на комплементарність майбутні бакалаври не беруть до уваги одночасну взаємодоповнювальну дію двох домінантних генів, які разом відповідають за прояв однієї ознаки, плутають її з незалежним успадкуванням домінантних алельних генів, які відповідають за прояв двох окремих ознак під час дигібридного схрещування.

Наукові дидактичні казки підвищують ефективність засвоєння теми «Взаємодія неалельних генів», усуваючи згадані недоліки, оскільки написання якісної казки вимагає від студента кілька разів перечитати та проаналізувати різноманітну наукову літературу, деяку текстову інформацію перетворити на схеми, таблиці та малюнки, підібрати вдалі аналогії та метафори до наукової термінології та сутності процесів, обдумати елементи та структуру казки у відповідності до змісту навчального матеріалу. Такий ґрунтовний підхід до опанування програми з генетики запобігає більшості труднощів і практично не залишає студенту можливості припускатися помилок.

Пропонуємо власну казку з теми «Взаємодія неалельних генів», складену за принципом побудови українських народних казок.

Як студент із царівною одружився

Одного разу в царя сталася велика біда: коли на полях зібрали та обмолотили пшеницю нового заморського сорту, з'ясувалося що серед урожаю є зерно не лише того кольору, якого сіяли, а й інших кольорів. Посіяли пшеницю тільки рожеву, а зібрали білу, світло-рожеву, рожеву, червону, темно-червону.

Цар злякався і звелів відокремити зерно за кольорами, щоб використати в їжу хоча б рожеве, тобто таке, яке посіяли, а біле, світло-рожеве, червоне, темно-червоне зерно дослідити та згодувати худобі, якщо людям цієї пшениці споживати не можна. А потім скликав своїх мудреців, щоб вони пояснили, чому вродило зерно різного кольору. Але жоден мислитель не зміг збагнути першопричини такого дива. Тоді монарх видав указ, який оголошували по всіх усюдах: «Хто з'ясує, чому пшеницю сіяли рожеву, а зібрали білу, світло-рожеву, рожеву, червону, темно-червону? Чи це хороше зерно? Чи можна готувати з нього страви? Хто відповість на ці запитання, той матиме за дружину царську доньку!»

Почали до монаршого двору з'їжджатися юнаки з усієї країни і пропонувати різні версії розгадки, але ніхто навіть не наблизився до сутності таємниці. Одного разу до правителя прийшов незвично вдягнений хлопець і повідомив, що він знає, чому сіяли зерно однакового кольору, а зібрали – різного. Леґінь, якого звали Максим, спочатку пояснив царській родині основи цитології та генетики, а потім почав розказувати про пшеницю.

– У пшениці колір зерен успадковується за типом кумулятивної полімерії. Кумулятивна полімерія – це тип взаємодії неалельних генів, за якого ступінь прояву однієї ознаки контролюється кількома парами генів і залежить від співвідношення домінантних та рецесивних генів у генотипі. Пшениця має дві пари генів, які відповідають за інтенсивність кольору її зерен. Домінантний ген *A* спричинює появу темно-червоного кольору зерен пшениці, а рецесивний ген *a* – білого кольору. «Через те, що полімерні гени діють на ту саму ознаку, їх позначають однією літерою, а різні їх алельні пари позначають цифрами» [1]. У рослин пшениці, які мають у генотипі різну кількість домінантних і рецесивних генів, колір зерен коливається від червоного до світло-рожевого: чим більше у генотипі пшениці домінантних генів, тим темніше забарвлення мають її зерна. Ви посіяли рожеву пшеницю. Рожевий колір її зерен означає, що в її генотипі порівну домінантних і рецесивних генів. Генотип рожевих зерен може бути ось таким: $A_1A_1a_2a_2$, $a_1a_1A_2A_2$, $A_1a_1A_2a_2$.

Якби генотип ваших зерен був $A_1A_1a_2a_2$, то ви отримали б такий урожай (таблиця 1):

Таблиця 1

Схема схрещування пшениці з рожевими зернами

P	♀ $A_1A_1a_2a_2$ x ♂ $A_1A_1a_2a_2$	
	рожеве зерно	рожеве зерно
G	A_1a_2	A_1a_2
F	$A_1A_1a_2a_2$	
	рожеве зерно	

Якби генотип ваших зерен був $a_1a_1A_2A_2$, то ви отримали б такий урожай (таблиця 2):

Таблиця 2

Схема схрещування пшениці з рожевими зернами

P	♀ $a_1a_1A_2A_2$ x ♂ $a_1a_1A_2A_2$	
	рожеве зерно	рожеве зерно
G	a_1A_2	a_1A_2
F	$a_1a_1A_2A_2$	
	рожеве зерно	

В обох випадках, яке зерно посіяли б, таке й зібрали б – однакове і за генотипом, і за фенотипом. Але оскільки серед вашого врожаю є зерна всіх відтінків червоного кольору, то зерно для посіву (F 1) мало генотип $A_1a_1A_2a_2$. Таке зерно можна отримати від схрещування темно-червоної пшениці з білою (таблиця 3):

Таблиця 3

Схема схрещування пшениці з темно-червоними та білими зернами

P	♀ $A_1A_1A_2A_2$ x ♂ $a_1a_1a_2a_2$	
	темно-червоне зерно	біле зерно
G	A_1A_2	a_1a_2
F 1	$A_1a_1A_2a_2$	
	рожеве зерно	

Отже, ви посіяли рожеве зерно з генотипом $A_1a_1A_2a_2$, яке дало такі гамети (таблиця 4):

Таблиця 4

Гамети, які дають рослини пшениці з рожевими зернами

P	♀ $A_1a_1A_2a_2$ x ♂ $A_1a_1A_2a_2$			
	рожеве зерно		рожеве зерно	
G	A_1A_2	A_1a_2	A_1A_2	A_1a_2
	a_1A_2	a_1a_2	a_1A_2	a_1a_2

Коли квітки пшениці з генотипом $A_1a_1A_2a_2$ були ще бутонами, відбулося її самозапилення. А серед нащадків цих рослин, тобто серед врожаю, ви побачили темно-червоне (1 мішок), червоне (4 мішки), рожеве (6 мішків), світло-рожеве (4

мішки) та біле (1 мішок) зерно. Генотипи та фенотипи нащадків (F 2) рослин пшениці з генотипом $A_1a_1A_2a_2$ можна записати так (таблиця 5):

Таблиця 5

Генотипи та фенотипи нащадків рослин пшениці з рожевими зернами

G	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
A_1A_2	$A_1A_1A_2A_2$ темно-червоне зерно	$A_1A_1A_2a_2$ червоне зерно	$A_1a_1A_2A_2$ червоне зерно	$A_1a_1A_2a_2$ рожеве зерно
A_1a_2	$A_1A_1A_2a_2$ червоне зерно	$A_1A_1a_2a_2$ рожеве зерно	$A_1a_1A_2a_2$ рожеве зерно	$A_1a_1a_2a_2$ світло-рожеве зерно
a_1A_2	$A_1a_1A_2A_2$ червоне зерно	$A_1a_1A_2a_2$ рожеве зерно	$a_1a_1A_2A_2$ рожеве зерно	$a_1a_1A_2a_2$ світло-рожеве зерно
a_1a_2	$A_1a_1A_2a_2$ рожеве зерно	$A_1a_1a_2a_2$ світло-рожеве зерно	$a_1a_1A_2a_2$ світло-рожеве зерно	$a_1a_1a_2a_2$ біле зерно

Коли ви зсипали зерно різних кольорів до різних мішків, то побачили розщеплення за фенотипом, а саме за кольором: 1:4:6:4:1. А розщеплення за генотипом буде ось таким: 1:2:2:1:4:1:2:2:1, тому що зерен з генотипом $A_1A_1A_2A_2$ (темно-червоні) 1 частина, зерен з генотипом $A_1A_1A_2a_2$ (червоні) 2 частини, зерен з генотипом $A_1a_1A_2A_2$ (червоні) 2 частини, зерен з генотипом $A_1A_1a_2a_2$ (рожеві) 1 частина, зерен з генотипом $A_1a_1A_2a_2$ (рожеві) 4 частини, зерен з генотипом $a_1a_1A_2A_2$ (рожеві) 1 частина, зерен з генотипом $A_1a_1a_2a_2$ (світло-рожеві) 2 частини, зерен з генотипом $a_1a_1A_2a_2$ (світло-рожеві) 2 частини, зерен з генотипом $a_1a_1a_2a_2$ (білі) 1 частина [1]. Тому, пресвітлий царю, вся пшениця їстівна, з неї можна сміливо пекти хліб, булки, млинці, пиріжки та іншу борошняну продукцію! Отже, я відгадав загадку! Віддавай за мене принцесу!

Цар, цариця, царівна й придворні надзвичайно зраділи, що зерно якісне, і його можна споживати, здивувалися неочікуваній відповіді та доступному поясненню. Але правителю раптом стало шкода видавати заміж свою дочку за простого хлопця, і він сказав:

– Наша родина дуже любить гарбузову кашу. Але у нас є тільки білі гарбузи, а я хочу каші з жовтого. Як зробиш за одну ніч з білого гарбуза жовтий, тоді одружишся із царівною. Гарбузи знайдеш у льоху.

– Добре. – Говорить Максим, а сам розмірковує: «Я знаю, як зробити з білого гарбуза жовтий, тільки мені однієї ночі замало».

Біля льоху юнак побачив бабусю.

– Чому ти, синку, сумний та задуманий? – Запитала старенька.

– Звелів мені цар зробити з білого гарбуза жовтий, але однієї ночі мені замало. Потрібно якось прискорити ріст і розвиток гарбузів.

– Я тобі допоможу. Візьми ось ці добрива та стимулятори росту. А як їх будеш використовувати, то обов'язково тихенько промовляй: «Рости-рости, гарбузище, за царські палити вище! Рости, наливайся соком, виблискуй на сонці боком!».

Хлопець, подякувавши бабусі, пішов у льох і вибрав там три найспіліших і найбільших гарбузи. Потім насіння з кожного плоду парубок висіяв на окрему ділянку, добавивши добрив і стимуляторів росту, гарненько поливши і пошепки примовляючи чарівні слова. Поки сходили посіви та розросталась огудина, Максим збудував окрему теплицю навколо кожної грядки, щоб нічні комахи не перенесли пилок на його гарбузи з інших рослин. Нарешті три споруди були готові. А тут і гарбузи зацвіли. Леґінь ходив навколо гарбузових кущів, переносив пилок із квітки на квітку, спостерігав, як зав'язуються та дозрівають плоди. Цілу ніч провів парубок у теплицях, а на ранок уродила сила-силенна білих, жовтих і зелених гарбузів, які Максим розклав у три купи на подвір'ї та пояснив царській родині, як він отримав жовті гарбузи для смачної каші.

– У гарбузів за колір плоду відповідає дві пари неалельних генів, які взаємодіють за типом епістазу. Епістаз – це тип взаємодії неалельних генів, за якого один домінантний чи рецесивний ген пригнічує прояв іншого домінантного чи рецесивного гену. У гарбузів епістаз домінантний. Домінантний ген *A* забезпечує жовте забарвлення плодів, рецесивний ген *a* – зелене забарвлення плодів; домінантний ген *I* пригнічує прояв жовтого і зеленого забарвлення плодів, тому плоди гарбуза білі, а рецесивний ген *i* не заважає прояву забарвлення, тому плоди жовті або зелені [2, с. 58].

На першій грядці я висадив білий гарбуз, усі нащадки (плоди) якого виявились білими, тому його генотип *IIAA, IIAa* або *IIaa*. Точніше визначити можна, якщо схрестити його з зеленим гарбузом, який має генотип *iiaa*. У нащадків цього білого гарбуза немає розщеплення за фенотипом, оскільки ген *I* не дає проявлятися ні гену *A*, який відповідає за прояв жовтого забарвлення у плодів гарбуза, ні гену *a*, який відповідає за прояв зеленого забарвлення у плодів гарбуза. Отже, нащадки F 1 цього білого гарбуза теж мають білі плоди (таблиці 6,7,8).

Таблиця 6

Схема схрещування білих гарбузів з генотипом *IIAA*

P	♀ IIAA x ♂ IIAA	
	білий гарбуз	білий гарбуз
G	IA	IA
F	IIAA	
	білий гарбуз	

Таблиця 7

Схема схрещування білих гарбузів з генотипом *IIaa*

P	♀ IIaa x ♂ IIaa	
	білий гарбуз	білий гарбуз
G	Ia	Ia
F	IIaa	
	білий гарбуз	

Таблиця 8

Схема схрещування білих гарбузів з генотипом *IIAa*

P	♀ IIAa x ♂ IIAa			
	білий гарбуз		білий гарбуз	
G	IA	Ia	IA	Ia
F	IIAA, IIAa, IIAa, IIaa			
	білий гарбуз			

На другій грядці я висадив білий гарбуз, серед нащадків (плодів) якого виявилось три чверті білих і одна чверть зелених, тому його генотип *Iiaa*. Серед нащадків F 1 є розщеплення за генотипом 1:2:1 (*IIaa:Iiaa:Iiaa:iiaa*) та за фенотипом 3:1 (3 купи білих гарбузів : 1 купа зелених гарбузів), таблиця 9.

Таблиця 9

Схема схрещування білих гарбузів, серед нащадків яких є зелені гарбузи

P	♀ Iiaa x ♂ Iiaa			
	білий гарбуз		білий гарбуз	
G	Ia	ia	Ia	ia
F	IIaa, Iiaa, Iiaa		iiaa	
	білий гарбуз		зелений гарбуз	

На третій грядці я висадив білий гарбуз, серед нащадків (плодів) якого виявилось три чверті білих і одна чверть жовтих, тому його генотип *IiAA*. Серед нащадків F 1 є розщеплення за генотипом 1:2:1 (*IIAA:IiAA:IiAA:iiAA*) та за фенотипом 3:1 (3 купи білих гарбузів : 1 купа жовтих гарбузів), таблиця 10.

Таблиця 10

Схема схрещування білих гарбузів, серед нащадків яких є жовті гарбузи

P	♀ IiAA x ♂ IiAA			
	білий гарбуз			білий гарбуз
G	IA	iA	IA	iA
F	IIAA, IiAA, IiAA,			iiAA
	білий гарбуз			жовтий гарбуз

Щоб отримати тільки жовті гарбузи, потрібно сіяти насіння саме з цих гарбузів. Але слід потурбуватися про ручне запилення, тому що без нього можуть вродити не тільки жовті, а й зелені та білі гарбузи.

Ще білі гарбузи можуть мати генотип *IiAa*. Серед їх нащадків буде 12 частин білих гарбузів, 3 частини жовтих і 1 частина зелених, розщеплення за фенотипом 12:3:1 (таблиці 11 і 12). Але на такий гарбуз у вашому льоху я не натрапив.

Таблиця 11

Гамети, які дають білі гарбузи з генотипом *IiAa*

P	♀ IiAa x ♂ IiAa			
	білий гарбуз		білий гарбуз	
G	IA	Ia	IA	Ia
	iA	ia	iA	ia

Таблиця 12

Генотипи та фенотипи нащадків білого гарбуза з генотипом *IiAa*

G	IA	Ia	iA	ia
IA	IIAA білий гарбуз	IIAa білий гарбуз	IiAA білий гарбуз	IiAa білий гарбуз
Ia	IIAa білий гарбуз	IIaa білий гарбуз	IiAa білий гарбуз	Iiaa білий гарбуз
iA	IiAA білий гарбуз	IiAa білий гарбуз	iiAA жовтий гарбуз	iiAa жовтий гарбуз
ia	IiAa білий гарбуз	Iiaa білий гарбуз	iiAa жовтий гарбуз	iiaa зелений гарбуз

Цар як почув детальне наукове пояснення та побачив купу жовтих гарбузів, то не знав, чи радіти йому, чи засмучуватися, бо все ще не хотів віддавати свою дочку за бідняка. А Максиму сказав:

– Ну, як ти такий розумний, розтлумач мені, чому в наших зелених папужок вилупились білі, жовті, блакитні та зелені пташенята? Як знайдеш відповідь на це запитання, то поберешся з царівною, а не знайдеш, то залишишся неодруженим. Даю тобі строку до завтра.

– Відповім хоч і зараз, пресвітлий царю! – Вигукнув леґінь.

– Ого, який головастий! Ну, розкажи нам!

– У ваших папужок за колір пір'я відповідає дві пари неалельних генів. Домінантний ген *A* забезпечує появу жовтого кольору пір'я, рецесивний ген *a* – білого (не жовтого) пір'я, домінантний ген *B* – блакитного пір'я, рецесивний ген *b* – білого (не блакитного) пір'я. Якщо у папужки в генотипі зустрічаються обидва домінантні гени *A* і *B*, то пір'я матиме зелений колір. Це схоже на те, як ви жовту фарбу змішаєте з блакитною й отримаєте зелену. Ваші зелені папужки мають генотип *AaBb*, оскільки серед їх пташенят є папужки з пір'ям усіх кольорів. Зелені папужки-батьки утворюють такі гамети (таблиця 13):

Таблиця 13

Гамети, які дають зелені папужки

P	♀ AaBb x ♂ AaBb			
	зелений папужка		зелений папужка	
G	AB	Ab	AB	Ab
	aB	ab	aB	ab

Генотипи та фенотипи нащадків (F 2) зелених папужок з генотипом *AaBb* можна записати так (таблиця 14):

Таблиця 14

Генотипи та фенотипи нащадків зелених папужок

G	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB зелений	AABb зелений	AaBB зелений	AaBb зелений
Ab	AABb зелений	AAbb жовтий	AaBb зелений	Aabb жовтий
aB	AaBB зелений	AaBb зелений	aaBB блакитний	aaBb блакитний
ab	AaBb зелений	Aabb жовтий	aaBb блакитний	aabb білий

Серед усіх пташенят, які вилуплюються з яєць ваших зелених папужок, спостерігається розщеплення за кольором (фенотипом) 9:3:3:1, тобто 9 зелених, 3 жовтих, 3 блакитних пташенят і 1 біле пташеня. А розщеплення за генотипом буде ось таким: 1:2:2:4:1:2:1:2:1, тому що зелених пташенят з генотипом *AABB* може вилупитися 1 частина, зелених пташенят з генотипом *AABb* 2 частини, зелених пташенят з генотипом *AaBB* 2 частини, зелених пташенят з генотипом *AaBb* 4 частини, жовтих пташенят з генотипом *AAbb* 1 частина, жовтих пташенят з генотипом *Aabb* 2 частини, блакитних пташенят з генотипом *aaBB* 1 частина, блакитних пташенят з генотипом *aaBb* 2 частини, білих пташенят з генотипом *aabb* 1 частина [1; 3]. Ось і все пояснення!

– І з цим завданням ти впорався! Ти дуже розумний і кмітливий, хоч і простого роду. – Говорить цар до Максима. – А звідки ти це все знаєш, адже ти ще зовсім молодий?

Юнак змушений був відкрити таємницю, що він потрапив у цю країну з іншого часу, з майбутнього в минуле:

– Я пішов до супермаркету за продуктами, але раптом почалася злива. Я й забіг до найближчої крамниці, щоб не промокнути, бо не мав із собою парасольки. А коли дощ закінчився, я вийшов на вулицю і збагнув, що потрапив у минуле. Потім я почув, як оголошували царський указ про пшеницю. Я зрозумів, що знаю відповідь, тому й подався до вашого двору.

– Що ж, ти житимеш у нашому часі чи повернешся до свого? Якщо ти залишишся, то чи зможеш керувати державою нашого часу? Ти любитимеш мою доньку? Адже, хоч вона й розумна, освічена та царського роду, але не має таких знань, як ти…

– У своєму світі я був би корекційним педагогом і допомагав би людям з особливими освітніми потребами покращувати якість їх життя. Я знаю, як це робити, адже я вчився на «відмінно», вже склав державні іспити і скоро мав отримати диплом із відзнакою. Але я не знаю, як перенестися до мого часу… Чи хтось із твоїх мислителів відає, як мені повернутися додому?

– Ні. – Говорить цар. – Мої мудреці не можуть відповісти на твоє запитання. Але ж я не зрозумів, чи ти хочеш стати на рушник із моєю донькою?

– Звичайно! – Посміхнувся Максим і весело глянув на вродливу царівну. – Ну як відмовитися від одруження з цією прекрасною панянкою?

– Тому я не тільки віддаю за тебе свою дочку, а й дарую тобі півцарства. Царюй собі на здоров'я! А коли станеш більш досвідченим, отримаєш і другу половину держави!

Царівна дуже зраділа, що в неї буде розумний чоловік, і погодилась на шлюб. Зіграли пишне весілля. Я там була, задачі з генетики слухала та розв'язувала, а генетичні схеми і вам принесла! А ще я вирішила й далі вивчати надзвичайно корисну науку генетику, чого і вам бажаю!

Отже, майбутні корекційні педагоги, створюючи наукові дидактичні казки, не лише попереджають появу проблем в опануванні складного наукового матеріалу, а й навчаються писати такі казки для дітей з особливими освітніми потребами, що стимулює інтерес і внутрішню мотивацію в усіх здобувачів освіти. У подальшому необхідно охарактеризувати труднощі, які виникають у здобувачів вищої педагогічної освіти першого рівня в процесі вивчення інших тем з генетики.

Список літератури

1. Біологія. Практичний довідник. 9 клас Комплементарна (доповнювальна) дія генів. URL: https://uahistory.co/gdz/biology-practical-guide-9-class-barna/45.php

2. Євсеєв Р. С. Збірник задач з генетики. Харків : Вид. група «Основа», 2016. 127 с.

3. Біологія. Практичний довідник. 9 клас. Приклади розв'язання задач на взаємодію неалельних генів та комплементарну взаємодію. URL: https://uahistory.co/gdz/biology-practical-guide-9-class-barna/46.php#google_vignette

ФОРМУВАННЯ І РОЗВИТОК ІГРОВИХ НАВИЧОК ЯК ВАЖЛИВА СТРАТЕГІЯ КОРЕКЦІЙНО-РОЗВИТКОВОЇ РОБОТИ З ДИТИНОЮ З РАС

Казачінер Олена Семенівна,
доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри здоров'я людини, реабілітології і спеціальної психології
Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди

Бойчук Юрій Дмитрович,
доктор педагогічних наук, професор,
дійсний член (академік) НАПН України,
професор кафедри спеціальної педагогіки, ректор Харківського національного
педагогічного університету імені Г.С. Сковороди

Актуальність теми дослідження. Моя дитина назавжди залишиться такою? Батькам дітей із РАС, особливо тим, хто тільки нещодавно дізнався про діагноз дитини, важко уявити, що з часом вона може стати іншою.

Думки про те, що колись вони разом з дитиною будуть радіти спілкуванню та ділитися новинами наприкінці кожного дня, будуть ходити в магазин без істерики і робити покупки точно за списком, поїдуть у відпустку здаються нереальними. Але не варто одразу опускати руки!

Звісно, діти не змінюються за день. Але якщо кожен день, крок за кроком рухатися до своєї мети, то нічого не вийти просто не може.

Почати корекцію дитини з РАС навіть у найскладніших випадках можна через гру. Саме тоді рано чи пізно можна побачити позитивні зміни у поведінці дитини та знайти особистий шлях формування потрібних навичок.

Для дитини з РАС саме гра – найбільш позитивний, найефективніший і найприродніший метод формування навичок взаємодії та комунікації. Граючи, дитина вчиться виділяти іншу людину з навколишнього оточення, отримує задоволення від взаємодії з ним і вчиться все більш складним формам цієї взаємодії, розуміє, як працює комунікація, і що вона може повідомити іншій людині щось важливе про себе та свої бажання. А це означає, що за допомогою гри кожна дитина, на якому б рівні володіння мовою вона зараз не знаходилася, може зробити значний крок уперед.

Аналіз наукових праць з теми дослідження свідчить про те, що різноманітні проблеми корекційно-розвивальної роботи з дитиною з РАС студіювали такі автори, як: О. Гаяш, М. Кляп [1], Н. Єременко [2], О. Коломійченко [3], В. Кордонець, М. Назаренко [4], С. Конопляста, Я. Крет, В. Кротенко, З. Ленів, О. Літвінова, М. Шеремет [5] та інші.

Таким чином, виникає нагальна необхідність пошуку дієвого інструментарію роботи з дитиною з РАС. І одним із таких інструментів є використання гри.

Метою тез є обґрунтування та окреслення питання формування та розвитку ігрових навичок як необхідної складової корекційно-розвиткової роботи з дитиною з РАС.

«Що таке гра?» – це питання потрібно завжди ставити батькам, які приходять до ігротерапевта на первинну консультацію зі своєю дитиною. І дуже часто вони надають відповідь, що грати – це означає складати пазли, збирати конструктор, у кращому випадку це укладати ляльку спати і катати машинки. Все це, безперечно, може бути грою і є нею.

Але для дитини з аутизмом, особливо, якщо ми говоримо про польову дитину з аутизмом, з якою раніше ніхто не грав і не розвивав у неї ігрових навичок, це надто високий рівень.

Ось 5 причин, чому дитині з РАС потрібно грати обов'язково:

1. Щоб почати дивитися в очі, не боятися дотиків та обіймів близьких людей.
2. Навчитися зрозуміло висловлювати свої бажання.
3. Зуміти вчасно попросити допомоги: словом, жестом, карткою.
4. Отримувати задоволення від спілкування з іншими людьми.
5. Відкрити для себе навколишній світ і не почуватися самотньо.

Проте на шляху цієї діяльності виникають певні перепони: помилки, які заважають членам сім'ї грати з дитиною з РАС, незнання того, як потрібно починати гру, на якому етапі можна вводити помічників та інших дітей у спільні ігри, які підійдуть для 3 та більше учасників.

Починати з дитиною з РАС потрібно з простих сенсомоторних ігор – наздоганяння, потішки, всілякі катання на ручках, лоскіт. А вже потім, дуже потім, можна буде розвивати предметну гру, сюжетну, сюжетно-рольову гру, гру з правилами та кількома учасниками.

У дитини з аутизмом механізми, які відповідають за соціальну мотивацію (цікавість до інших людей, прагнення встановлювати та підтримувати з ними стосунки), не запускаються.

В результаті дитина не лише не намагається взаємодіяти з іншими людьми. Вона не спостерігає за ними, не слухає, не чує їх, не виконує їх інструкції, не розвивається так, як потрібно, не наслідує моделі поведінки батьків, нові навички у неї формуються насилу, спостерігаються проблеми з увагою, пам'яттю, мовленням.

Для того, щоб скоригувати такий перебіг подій, можна почати грати з дитиною в сенсомоторні ігри і показати їй, що інша людина – це чудово, весело та цікаво. І паралельно запровадити навчання емоціям.

В результаті, коли дитина з РАС почне пріоритетно виділяти іншу людину з навколишнього світу і розуміти, яку емоцію вона відчуває або показує, вона навчиться краще орієнтуватися в конкретній соціальній ситуації, та її поведінка в ній стане більш конструктивною.

Наприклад, коли дитина побачить, що інша людина плаче – вона не сміятиметься, не вчинятиме галас або виражатиме агресію, а зрозуміє, що іншому сумно і спробує його заспокоїти.

Якщо діти з РАС навчаться розпізнавати та виражати емоції, їм стане набагато легше долучитися до суспільства.

Це дозволить спростити освоєння навичок взаємодії та комунікації, не накопичувати в собі негативних емоцій і вчасно «випускати пар», стати більш зрозумілим для оточуючих, зробити життя яскравим, цікавим, насиченим.

Чому дитина з РАС не грає у сюжетно-рольові ігри? Для дітей із РАС сюжетно-рольові ігри виконують функцію не просто гри. Завдяки їм формуються соціальні навички, які потім можна перенести у життя.

Змістом сюжетно-рольових ігор є наслідування дорослим. Діти приміряють він різні соціальні ролі, пробують різні варіанти відносин між персонажами, тренують свої соціальні навички – похід у магазин, до лікаря, в кафе.

Однак шлях до сюжетно-рольових ігор для дитини з РАС непростий. Він вимагає послідовної та копіткої роботи на рівні сенсомоторних та предметних ігор.

Щоб дитина з РАС змогла грати в перші прості сюжети, вона повинна мати певні набори навичок:

- розвинена розділена увага
- здатність залишатися в емоційно насиченій взаємодії не менше 30 хвилин
- наслідування
- дотримання правил гри
- вміння повідомляти про свої потреби, погоджуватися та відмовлятися
- здатність долати перешкоди та витримувати програш
- вміння виконувати роль ведучого у знайомих іграх
- здатність одночасно маніпулювати іграшкою та залишатися в контакті з дорослим.

Таким чином, наприкінці тез можна дійти висновку про необхідність формування та розвитку ігрової діяльності у дитини з РАС. За допомогою гри можна знайти контакт навіть із «важкими» дітьми вже на першому занятті; обрати ті ігри, які подобаються саме тій чи іншій дитині, адже в одній і тій самій грі може бути багато варіантів; можна скоригувати небажану поведінку на заняттях; батьки зможуть побачити результати швидше, а це вселяє в них надію та впевненість.

Список літератури:

1. Гаяш, О. В., & Кляп, М. І. (2019). Комплексний психолого-педагогічний супровід дітей з розладами спектра аутизму в умовах інклюзивно-ресурсного центру. *Актуальні питання корекційної освіти*, 37-47.

2. Єременко, Н. (2023). Казкотерапія як комплексний метод корекційної роботи з дітьми, що мають розлад спектру аутизму. *Матеріали конференцій МЦНД*, (26.05. 2023; Черкаси, Україна), 214-219.

3. Коломійченко, О. (2020). Корекційна робота з дітьми з розладами аутистичного спектра в інклюзивному освітньому середовищі. *Освіта осіб з особливими потребами: шляхи розбудови.*, *1*(16), 177-192.

4. Кордонець, В. В., & Назаренко, М. М. (2019). Система комплексного впливу на корекційну роботу для дітей раннього віку із розладами аутистичного спектру. *Науковий часопис НПУ імені МП Драгоманова. Серія 19. Корекційна педагогіка та спеціальна психологія*, (38), 99-105.

5. Конопляста, С., Крет, Я., Кротенко, В., Ленів, З., Літвінова, О., & Шеремет, М. (2021). соціалізація дитини з РАС засобами Floortime і Daily life therapy. *Матеріали І Всеукраїнської науково-практичної конференції «Спеціальна освіта та соціальна інклюзія: виклики XXI століття», 25 листопада 2021 р., м. Запоріжжя, Запорізький національний університет*, 117-118.

СУ-ДЖОК ТЕРАПІЯ ЯК ЗАСІБ СТИМУЛЯЦІЇ МОВЛЕННЄВОГО РОЗВИТКУ ДІТЕЙ З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ ПОРУШЕННЯМИ

Капітула Мар'яна Станіславівна
аспірант, асистент кафедри спеціальної та інклюзивної освіти
Волинський національний університет імені Лесі Українки
м. Луцьк, Україна

Сучасна система спеціального та інклюзивного освіти орієнтована на пошук та впровадження ефективних інноваційних методів корекційно-розвивальної роботи з дітьми з інтелектуальними порушеннями (ІП). Особливу актуальність набуває проблема стимуляції мовленнєвого розвитку цієї категорії дітей, оскільки мовлення є провідним засобом комунікації, пізнання навколишнього світу та соціалізації особистості.

Діти з ІП характеризуються системними порушеннями мовленнєвої діяльності, зокрема недостатнім розвитком лексико-граматичної сторони мовлення, зв'язного мовлення, фонетико-фонематичних процесів, а також зниженим рівнем дрібної моторики, що негативно впливає на формування мовленнєвих навичок. У зв'язку з цим особливої значущості набувають методи, які забезпечують комплексне вплив на мовленнєве, сенсорне та моторне розвиток дитини, що показано в працях таких вчених як: С. Миронова, Н. Пахомова, К. Островська, В. Тищенко та ін.

Одним із методів який стимулює мовлення дитини з ІП є Су-Джок терапія, що ґрунтується на стимуляції біологічно активних точок кистей та стоп, які проектуються на різні органи та функціональні системи організму. Використання елементів Су-Джок терапії у корекційній роботі з дітьми сприяє активізації дрібної моторики, розвитку сенсорної сфери, уваги, пам'яті та мовленнєвої активності, що робить її ефективним засобом стимуляції мовленнєвого розвитку. [1]

Звернувшись до визначення в словнику, встановлюємо, що в перекладі з корейської мови методика Су-Джок означає: Су – кисть, Джок – стопа. Методика базується на впливі на організм людини через руки та ноги. Варто підкреслити, що існує вражаюча схожість будови кисті та стопи з анатомією людського тіла. У структурі людського тіла виділяють тулуб і п'ять виступаючих частин: шию з головою та чотири кінцівки. Аналогічно, руки складаються з долоні та п'яти пальців, які теж виступають.

На кистях та стопах розташовані точки, пов'язані з різними ділянками кори головного мозку, що дозволяє ідентифікувати зони, відповідальні за мовлення, і сприяти їхньому вдосконаленню. За розвиток мовлення відповідають дві основні області мозку: зона Верніке, яка забезпечує розуміння мови, та зона Брока, що регулює вимову звуків. Професор Паком Чже Ву який розробив дану методику

вказує, що точки для стимуляції мовленнєвого розвитку можна знайти на верхніх фалангах пальців, що сприяє активізації центральної нервової системи. [2]

Су-Джок терапія слугує ефективною основою для швидшого переходу до вищого рівня рухової активності м'язів, сприяє цілеспрямованій роботі над мовленнєвими навичками дитини, підвищує фізичну та розумову працездатність дітей. Комбінація Су-Джок терапії з вправами для вдосконалення сенсомоторних умінь дозволяє стимулювати психічні процеси, зміцнювати м'язи, що відповідають за дрібну моторику, а також активно сприяти розвитку мовлення.

Застосування Су-Джок терапії відкриває можливості для впровадження нових методів та прийомів роботи, які не лише покращують дрібну моторику, але й впливають на розвиток ключових аспектів мовленнєвої системи, таких як фонематичний слух, активне засвоєння словникового запасу та граматичних структур. [3]

Отже, науково-теоретичних джерел та практичного досвіду підтверджує ефективність Су-Джок терапії як засобу стимуляції мовленнєвого розвитку дітей з ІП. Використання цієї методики в системі корекційно-розвивальної роботи забезпечує цілісний вплив на мовленнєву, сенсорну та моторну сфери дитини, що є особливо важливим з урахуванням системного характеру мовленнєвих порушень у такої категорії дітей.

Застосування елементів Су-Джок терапії сприяє розвиткові дрібної моторики, поліпшенню сенсорного сприйняття, концентрації уваги, пам'яті та мовленнєвої активності. Крім того, створюються сприятливі умови для стимуляції мовленнєвих зон кори головного мозку. Поєднання цієї методики з традиційними заняттями та сенсомоторними технологіями підвищує ефективність корекційної роботи, сприяє формуванню фонетико-фонематичних процесів, розширенню словникового запасу та вдосконаленню лексико-граматичної структури мовлення.

Список використаних джерел

1. Су-джок терапія в корекційно-практичній роботі з дітьми. / Л. А. Івчатова. – Логопед - 2010. № 1.;

2. Пак Чжэ Ву «Питання терапії та практики Су-Джок терапії: Серії книг по Су-Джок терапії » – Су-Джок Академия, 2009;

3. Ткачук І. Й. Су- джок терапія в роботі вчителя-логопеда з дошкільниками. підготовка майбутніх фахівців у контексті становлення нової української школи: компетентнісний підхід, м. Житомир, 14 берез. 2019 р. URL: https://eprints.zu.edu.ua/32349/1/макет%20збірника%20наукових%20праць%202019%20555.pdf#page=317.

РОЛЬ КЕРІВНИКА У ФОРМУВАННІ ТА РОЗВИТКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ОСВІТИ

Корж Тетяна
директор Комунального закладу освіти
«Спеціальна школа «Світанок» Дніпропетровської обласної ради»

У контексті сучасної парадигми трансформації освітнього простору України постає нагальна детермінанта реалізації обґрунтованих, системних та глибинних реформ усієї галузі надання освітніх послуг, що корелюють із нормативно-правовими вимогами та стандартами Європейського Союзу [2]. Ретроспективний аналіз свідчить, що впродовж тривалого періоду українська система спеціальної освіти осіб з особливими освітніми потребами (ООП) базувалася на функціонуванні спеціальних закладів, які й сьогодні залишаються традиційним інституційним осередком їхнього навчання. Водночас спостерігається інтенсифікація процесів модернізації, зумовлена стратегічним курсом держави на євроінтеграцію. Це зумовлює суттєву реконцептуалізацію освітньої політики, де пріоритетним вектором визначено забезпечення рівного доступу до якісних освітніх послуг для дітей з особливими потребами та створення інклюзивного, безпечного та стимулювального середовища [3, с. 278]. Процес адаптації української системи спеціальної освіти до європейських дескрипторів якості вимагає консолідації зусиль, оптимізації наявних ресурсів та генерування інноваційних підходів, де ключовим механізмом виступає інноваційний розвиток закладів спеціальної освіти (ЗСО) [5].

Інноваційний розвиток спеціального закладу освіти для осіб з ООП інтерпретується як динамічний процес цілісних, взаємопов'язаних трансформацій усіх компонентів педагогічної системи, що ініціюється суб'єктами освітнього процесу та спрямовується на досягнення якісно нових освітніх і соціальних результатів [5]. Провідна роль у забезпеченні цієї траєкторії належить керівнику закладу, оскільки сучасна спеціальна школа вимагає управлінських підходів, адекватних актуальному типу суспільного розвитку. В умовах багатовекторності соціальних трансформацій застосування адміністративно-командних методів управління та тотального контролю індустріальної епохи стає контрпродуктивним, створюючи системні суперечності, що ведуть до деградації соціальних структур. Заклад освіти, як невід'ємна складова цифрової цивілізації, має респондувати на глобальні виклики, орієнтуючись на формування метакомпетентностей та «навичок майбутнього» у всіх учасників освітнього процесу [4]. За умов трансформаційних зрушень в Україні критичного значення набуває компетентнісна підготовка та безперервне підвищення кваліфікації керівників спеціальних закладів освіти [2].

Керівник закладу освіти виступає ключовим гарантом забезпечення якості освітньої діяльності. Відповідно до положень статті 26 Закону України «Про

освіту», керівник здійснює безпосередній менеджмент і несе персональну відповідальність за результативність функціонування інституції. Його повноваження охоплюють: організацію поточної діяльності; стратегічний добір та розстановку кадрового потенціалу; управління фінансово-господарськими активами; моніторинг реалізації освітніх програм та функціонування внутрішньої системи забезпечення якості освіти; створення прозорих умов для громадського контролю; формування безпечного та інклюзивного освітнього ландшафту [1]. Ефективність реалізації управлінських функцій безпосередньо корелює з якістю освіти через створення організаційного клімату, що сприяє досягненню стратегічних цілей закладу та задоволенню суспільних потреб. Керівник постає як лідер-трансформатор, що визначає візію розвитку, забезпечує командну синергію та відповідність освітнього процесу міжнародним стандартам.

Наукові дані підтверджують, що рівень управлінської майстерності керівника є детермінуючим фактором успішності всього педагогічного колективу. У системі післядипломної освіти підготовка менеджерів освіти має базуватися на чіткій дефініції посадових прав та обов'язків. Актуальною залишається проблема раціональної децентралізації управління через делегування повноважень, що дозволяє уникнути функціонального паралелізму, забезпечує унітарність дій та дозволяє рівномірно розподілити когнітивне та адміністративне навантаження на адміністрацію [1]. Згідно з законодавством, директор несе державну відповідальність за організацію та якість навчально-виховної роботи, зокрема з дітьми з ООП, стан здоров'язбереження, розвиток професійної компетентності персоналу, взаємодію з батьківською громадськістю та фінансову стабільність установи тощо [3].

Інноваційний розвиток закладу, як функціональний обов'язок керівника, передбачає циклічність таких етапів: стабільне функціонування – концептуалізація та проєктування – імплементація – верифікація та коригування. Ця діяльність реалізується через систему функцій: інформаційно-просвітницьку, освітньо-самоосвітню, стимулювально-мотиваційну, прогностичну, проєктну, ресурсно-організаційну та оцінно-регулятивну [5]. Управлінська кваліфікація керівника в сучасних умовах повинна інтегрувати такі параметри: стратегічний менеджмент (візіонерство); моніторинг освітніх процесів; компетентнісне управління персоналом; фінансово-господарський фандрейзинг; розвиток внутрішніх та зовнішніх комунікативних мереж [1]. До структури професійного профілю керівника також належать: фундаментальні знання; розвинена організаційна культура; здатність до інноваційного та технологічного розвитку; управління людським та соціальним капіталом; майстерність у володінні інформаційними ресурсами та інфраструктурними активами [4].

У межах європейського вектора розвитку керівник закладу зобов'язаний: демонструвати високий рівень фахових знань та м'яких навичок (soft skills); забезпечувати реалізацію стратегічного плану розвитку; досконало володіти нормативно-правовою базою; орієнтуватися на якісний освітній продукт; здійснювати системний аналіз результатів державної атестації; забезпечувати

прозору звітність; сприяти безперервному професійному розвитку персоналу; стимулювати науково-методичну та грантову активність; ефективно управляти бюджетом та залучати позабюджетні інвестиції; володіти технологіями конфлікт-менеджменту та формування особистого портфоліо лідера. Особливого значення набуває готовність до роботи в умовах широкої автономії закладу [1].

Сучасний профіль управлінської кваліфікації керівника спеціального закладу освіти є складним інтегрованим конструктом, що охоплює низку стратегічних доменів, необхідних для ефективного функціонування установи в умовах транзитивної економіки та освітніх реформ. Першим і ключовим доменом є стратегічний менеджмент, що полягає у формуванні далекоглядної візії розвитку закладу. Керівник має не лише визначати вектор руху, а й проєктувати майбутній стан інституції як центру інклюзивної експертизи. Наступним складником є управління освітнім контентом, що передбачає глибоке розуміння дидактичних процесів та здатність модернізувати зміст навчання відповідно до запитів соціуму. Не менш важливим є HR-менеджмент, спрямований на розбудову сильної професійної спільноти, де кожен фахівець (від асистента вчителя до реабілітолога) залучений до спільної мети. У фінансовій площині на перший план виходить фінансово-господарська автономія та фандрейзинг, що вимагає від керівника навичок пошуку додаткових джерел фінансування, грантової діяльності та залучення інвестицій для покращення матеріально-технічної бази. Завершує цей профіль розвиток внутрішніх і зовнішніх комунікаційних стратегій, що забезпечує сталий діалог між закладом, батьківською громадою, органами влади та міжнародними партнерами [3].

Окрім зазначених доменів, архітектоніка професійної компетентності сучасного менеджера освіти включає фундаментальні складники організаційної культури, яка в спеціальних закладах базується на цінностях дитиноцентризму, емпатії та високої професійної етики. В епоху цифрової трансформації критичного значення набуває здатність працювати з великими масивами даних. Це дозволяє здійснювати глибинний моніторинг динаміки розвитку кожного учня, аналізувати ефективність корекційних методик та приймати управлінські рішення на основі валідних статистичних даних. Паралельно з цим, управління людським капіталом трансформується у стратегію плекання таланту кожного працівника, що в результаті підвищує соціальну капіталізацію самого закладу. Керівник також має виступати ініціатором розвитку сучасної ІТ-інфраструктури, інтегруючи асистивні технології та цифрові інструменти в освітній процес, що є базовою умовою доступності освіти для осіб з особливими освітніми потребами [4].

Перехід до європейських стандартів управління детермінує готовність керівника нового типу до роботи в парадигмі широкої автономії — академічної, фінансової, кадрової та організаційної. Така автономія не є самоціллю, а виступає інструментом підвищення якості освіти. Вона передбачає не лише розширене право на самостійне прийняття рішень щодо освітніх програм чи кадрової політики, а й суттєве зростання персональної відповідальності.

Керівник має забезпечувати повну прозорість бюджетних процесів, що реалізується через оприлюднення фінансової звітності на публічних вебресурсах, зміцнюючи тим самим довіру суспільства. Окрім того, важливим важелем управління стає впровадження гнучкої системи стимулювання педагогічних працівників, де матеріальне та моральне заохочення безпосередньо корелює з результативністю їхньої діяльності та якістю реалізації інклюзивних практик [2].

Особливе, ексклюзивне місце в структурі професійної діяльності керівника спеціального закладу посідає організація індивідуальних освітніх траєкторій. У контексті забезпечення справжньої, а не формальної інклюзії, менеджер повинен виступати модератором процесу адаптації та модифікації навчальних планів. Це вимагає від керівника не лише адміністративних здібностей, а й фахових знань у сфері спеціальної психології та корекційної педагогіки. Саме менеджер освіти має пропонувати такий тип освітньої програми та види майбутньої соціальної діяльності, які корелюють з індивідуальними можливостями дитини, забезпечуючи її максимально успішну інтеграцію у відкрите суспільство та ринок праці [3]. Керівник має розуміти специфіку кожного нозологічного профілю, щоб раціонально організувати роботу мультидисциплінарної команди супроводу.

Отже, варто акцентувати на тому, що модернізація української освітньої галузі становить собою перманентний процес динамічних трансформацій, у якому постать керівника постає стратегічним вектором та ключовим гарантом інституційних змін. Ефективна конвергенція спеціальних закладів освіти у високотехнологічні інноваційні осередки є можливою виключно за умови формування цілісного фундаменту, що інтегрує теоретико-методологічні, нормативно-правові та організаційно-управлінські детермінанти. Саме такий синергетичний підхід дозволяє здійснити системний перехід від архаїчних адміністративно-директивних методів до гнучкої інноваційної моделі менеджменту спеціальної освіти, що максимально респондує викликам глобалізації та специфічним запитам здобувачів з особливими освітніми потребами. Зазначена управлінська парадигма ґрунтується на фундаментальних імперативах відкритості, академічної свободи та високої соціальної відповідальності перед майбутніми поколіннями.

Список літератури

1. Іноземцева С. Спеціальна освіта на сучасному етапі розвитку суспільства / Vzdelávanie a spoločnosť. Medzinárodnýne konferenčný zborník. Prešov. 2016. Вип. 1. С. 278-279.

2. Калініна Л. Управління новою українською школою. *Директор школи*. 2017.Січень. № 1-2 (793-794). С. 16, 19, 20.

3. Кравченко О. Педагогічні умови формування компетенції зі стратегічного управління майбутніх керівників освітніх закладів в умовах магістратури. Науковий вісник Донбасу. 2019. № 1-2. С. 39-40.

4. Лукіна Т. Управління якістю загальної середньої освіти навчально-методичний посібник. Київ : Педагогічна думка, 2020. 230 с

5. Пузіков Д.О. Інноваційний розвиток загальноосвітнього навчального закладу для дітей з особливими потребами як об'єкт оцінювання. *Актуальні проблеми навчання та виховання людей в інтегрованому освітньому середовищі у світлі реалізації Конвенції ООН про права інвалідів: тези доповідей* XV Міжнародної науковопрактичної конференції (м. Київ – 18-19 листопада 2015 р.). К.: Університет «Україна», 2015. – С. 301, 302.

СЕНСОРНА ІНТЕГРАЦІЯ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ

Кропотова Альвіна
вчитель-дефектолог
Комунального закладу «Заклад дошкільної освіти (ясла-садок) компенсуючого типу №12 «Сонечко» Кам'янської міської ради

Період дошкільного дитинства є етапом найінтенсивнішого нейрофізіологічного розвитку. Для дітей з особливими освітніми потребами (ООП) цей період є критичним, оскільки саме зараз закладається фундамент для подальшої соціалізації та навчання. Сенсорний розвиток дитини з ООП не може відбуватися стихійно; він потребує цілеспрямованої сенсорної інтеграції – процесу, під час якого нервова система отримує інформацію від рецепторів і організовує її в адекватну поведінкову відповідь.

Висуваючи пріоритет сталого розвитку спеціальної освіти, ми визначаємо ключовим завданням створення адаптивного предметно-ігрового середовища. Організація такого простору для дітей з ООП передбачає обсягове задіяння всіх каналів сприйняття (візуального, аудіального, тактильного, вестибулярного), що є необхідною умовою для виховання сенсорних якостей та компенсації наявних порушень.

Теорія і практика спеціальної освіти доводять, що сенсорне виховання набуває найбільшого значення для дітей дошкільного віку, коли формуються процеси відчуттів та наочних уявлень. У дітей з ООП часто спостерігається фрагментарність сприйняття, що гальмує розвиток вищих психічних функцій. Дитина з ООП на кожному віковому етапі потребує специфічних впливів, які б стимулювали її нервову систему до об'єднання розрізнених сигналів у цілісний образ.

Проблема сенсорного виховання дітей з ООП була предметом наукового інтересу провідних психологів та дефектологів (Л. Венгер, О. Запорожець, В. Мухіна, М. Подд'яков та ін.). Вони наголошували, що сенсорний розвиток дитини це не лише накопичення знань про властивості предметів, а складний процес оволодіння системою еталонів. Для дитини дошкільного віку з ООП сенсорна інтеграція стає «містком» до логічного пізнання, оскільки без адекватного сприйняття форми, кольору, ваги та простору неможливе формування абстрактного мислення [1].

Я. Коменський вивів «золоте правило» навчання, яке для дітей з ООП стає базовим принципом: задіяти якомога більше органів чуття одночасно. Пізнання дитини з ООП починається не зі слова, а з безпосереднього чуттєвого досвіду. Чим якісніше організована сенсорна інтеграція, тим стабільнішою стає пізнавальна діяльність дитини.

Пізнавальна діяльність дітей дошкільного віку з ООП є складним структурним утворенням, що базується на інтелектуальній ініціативі та вмінні оперувати отриманими образами. У дітей цієї категорії пізнавальний інтерес часто є зниженим або має фрагментарний характер через труднощі в опрацюванні інформації. Сенсорна інтеграція стає тим стимулом, що переводить дитину зі стану пасивного спостерігача до стану активного дослідника. Завдяки впорядкуванню сенсорних потоків, у дитини з ООП формується здатність до базових розумових операцій: аналізу (виділення окремих властивостей предмета), синтезу (об'єднання їх у цілісний образ) та порівняння.

Важливим етапом розвитку пізнавальної діяльності є перехід від конкретно-чуттєвого сприйняття до формування елементарних понять. Якщо дитина з ООП має можливість багаторазово маніпулювати предметами різної фактури, ваги та температури в умовах сенсорно збагаченого середовища, її мозок поступово вибудовує систему узагальнень. Це дозволяє дитині не просто бачити «червоний кубик», а виділяти «червоність» як абстрактну ознаку, що є початком розвитку логічного мислення [2].

Таким чином, пізнавальна активність стає внутрішньою потребою дитини, адже успішний сенсорний досвід створює ситуацію інтелектуальної впевненості. Розвиток пізнавальної сфери через сенсорні канали забезпечує не лише накопичення суми знань, а й формування вміння самостійно знаходити зв'язки між явищами, що є ключовим показником інтелектуальної готовності до подальшого навчання та інтеграції в суспільство.

Для дитини дошкільного віку з ООП корекція порушень розвитку не виділяється в окремі заняття, а інтегрується в увесь комплекс навчання. Метою сенсорної інтеграції є корекція сенсорно-перцептивних процесів, які у дітей з ООП часто мають дефіцитарний характер. Якщо процес засвоєння сенсорного досвіду у такої дитини відбувається стихійно, вона наражається на хибні уявлення про світ, що штучно затягує її розвиток.

Основними завданнями корекційних занять для дітей з ООП є [2]:

– Формування сенсорних еталонів: навчання розрізняти величину, форму та колір предметів у межах корекції інтелектуальних чи мовленнєвих порушень.

– Нейромоторна корекція: розвиток дрібної моторики та координації як базису для активації мовленнєвих центрів головного мозку.

– Мультисенсорне обстеження: стимуляція слухового, зорового, тактильно-рухового, смакового та нюхового аналізаторів для створення цілісної картини світу.

– Просторова орієнтація: формування у дитини з ООП «схеми власного тіла» та орієнтування у просторі, що часто є порушеним при ППР чи РАС.

Для дітей з особливими освітніми потребами структура заняття має бути чіткою та передбачуваною, що знижує тривожність і сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

Вона включає [2]:

– створення ситуації успіху та вправи на розвиток крупної моторики;

– спеціальне обстеження предметів із залученням тактильного відчуття;

– виконання завдань за словесною інструкцією, що розвиває зв'язок між дією та мовленням;

– релаксацію як засіб стабілізації нервової системи після сенсорного навантаження.

Для дітей з особливими освітніми потребами сенсорна інтеграція є не просто частиною виховання, а базовим механізмом, що дозволяє «ввімкнути» пізнавальну активність. Згідно з теорією сенсорної інтеграції, мозок дитини має отримувати, опрацьовувати та організовувати сигнали від органів чуття для створення адекватної відповіді на виклики навколишнього середовища. У дітей з ООП (зокрема із порушенням психічного розвитку, розладами аутистичного спектра чи порушеннями опорно-рухового апарату) часто спостерігається дисфункція сенсорних систем, що проявляється у формі гіпер- або гіпочутливості. Це створює серйозний когнітивний бар'єр: дитина не може зосередитися на навчальному завданні, якщо її мозок перевантажений хаотичними сенсорними стимулами або, навпаки, перебуває в стані сенсорного «голоду».

Сенсорна інтеграція виступає фундаментом «піраміди навчання». Доки не налагоджена робота базових систем – вестибулярної (рівновага), пропріоцептивної (відчуття тіла) та тактильної – перехід до вищих когнітивних функцій (мова, логічне мислення, читання) є надзвичайно складним. Для дитини з ООП розвиток пізнавальної діяльності починається з формування «сенсорного інтелекту» [3]. Наприклад, взаємодія з природними матеріалами, робота у сенсорних басейнах або вправи на балансирах дозволяють дитині стабілізувати свій емоційний стан і підготувати кору головного мозку до сприйняття складнішої інформації.

Впровадження елементів сенсорної інтеграції в освітній процес дозволяє педагогу м'яко коригувати поведінкові реакції дитини. Коли дитина з ООП отримує необхідну кількість пропріоцептивного та тактильного насичення, у неї знижується рівень тривожності, покращується концентрація уваги та з'являється пізнавальний інтерес. Це створює основу для розвитку операцій мислення: аналізу, синтезу та порівняння. Дитина, яка навчилася чітко розрізняти властивості предметів на дотик чи на слух, значно швидше опановує еталони кольору, форми та величини, що є необхідною умовою для успішної інтеграції в інклюзивне середовище. Таким чином, сенсорно-інтегративний підхід трансформує пасивне сприйняття світу дитиною з ООП на активну дослідницьку діяльність.

Для дітей із ООП надзвичайно важливо вчитися сприймати та характеризувати оточення через практичну дію. Корекційна програма для таких дітей базується на ліпленні, малюванні та аплікації. Тільки під час безпосереднього обстеження предмета дитина з ООП одержує можливість інтегрувати свої відчуття.

У процесі малювання дитина не просто відтворює образ, вона здійснює складний рух руки по контуру предмета, що є актом сенсорно-моторної координації. Ліплення та оригамі для дитини з ООП це можливість відчути

об’єм, фактуру та пластичність матеріалу. Педагог вчить таку дитину добирати кольори та форми не механічно, а через емоційне переживання та естетичне задоволення, що стимулює пізнавальний інтерес.

Найскладнішим для дітей дошкільного віку з ООП є аналітичне сприйняття складних структур. Недостатньо бачити колір – дитину треба навчити розрізняти відтінки, відчувати ритм у розміщенні предметів, розділяти ціле на частини. Це досягається через спеціальні ігрові вправи: проштовхування форм у відповідні отвори, сортування кубиків за розміром та кольором («маленьке відерце для маленьких предметів, велике – для великих») [4].

Для дитини з ООП кожна дія/завдання, як-от нанизування кілець на стрижень, є тренуванням зорового контролю та координації. Індивідуальний підхід дозволяє надавати дитині саме ту допомогу, якої вона потребує – від повної фізичної підтримки «рука в руку» до незначної підказки.

Розвиток спостережливості у дітей з ООП найкраще реалізується через екологічні стежки. Під час прогулянок дитина з особливими потребами вчиться фіксувати зміни: як скрипить сніг під ногами (аудіальна стимуляція), які на дотик сніжинки (тактильна стимуляція), як змінюються кольори неба (зорова стимуляція). Такі спостереження є основою сенсорної інтеграції в природному середовищі.

Отже, сенсорна інтеграція є невід’ємною частиною корекційного процесу для дітей з особливими освітніми потребами. Вона забезпечує впорядкування сенсорного досвіду, що є фундаментом для розвитку уваги, пам'яті, мислення та мовлення. Використання різноманітних каналів сприйняття у поєднанні з ігровими та образотворчими методами дозволяє дітям з ООП долати когнітивні бар’єри та успішно розвивати пізнавальну діяльність.

Список літератури

1. Венгер Л. А. Виховання сенсорної культури дитини від народження до 6 років: кн. для вихователя дит. саду. 2005. 144 с.

2. Водолага Н. В. Шляхи розвитку пізнавальних здібностей старших дошкільників. *Дошкільна освіта.* 2003, №2. С.16–21.

3. Педагогічні умови сенсорного розвитку дітей дошкільного віку засобами образотворчого мистецтва / Н. Сех. *Молодь і ринок.* 2018. № 9. С. 150–154.

4. Сенсорне виховання дошкільнят URL : http://dnz28.org/index.php/2012-02-28-23-40- 23/sensorne-vykhovannia-doshkilniat.

КОРЕКЦІЙНО-РОЗВИВАЛЬНА РОБОТА З УТОЧНЕННЯ ТА ЗБАГАЧЕННЯ АКТИВНОГО СЛОВНИКА У ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ

Сапогова Ганна
вчитель-логопед
Комунального закладу освіти
«Спеціальна школа «Світанок»
Дніпропетровської обласної ради"

Сучасний етап реформування системи спеціальної освіти та активне впровадження інклюзивної парадигми висувають нові вимоги до фахової компетенції педагогів та логопедів у роботі з дітьми з особливими освітніми потребами (ООП). Однією з найбільш гострих проблем корекційної педагогіки залишається подолання мовленнєвих порушень, що виступають суттєвим бар'єром на шляху соціалізації та інтеграції дитини у суспільство. У структурі загального недорозвинення мовлення центральне місце посідає дефіцитарність лексичного компонента, яка виявляється не лише в кількісній обмеженості словника, а й у якісній несформованості семантичних зв'язків та труднощах вербалізації власних думок.

Актуальність дослідження зумовлена тим, що словниковий запас є когнітивним фундаментом, на якому базується не тільки комунікативна діяльність, а й розвиток вищих психічних функцій, зокрема логічного мислення, пам'яті та уяви. Для дітей з ООП характерним є значний розрив між пасивним та активним словником: дитина може ідентифікувати предмети та явища, проте виявляється неспроможною самостійно актуалізувати потрібні лексеми у процесі живого спілкування. Це спричиняє вторинні порушення, такі як зниження комунікативної мотивації та труднощі в опануванні навчальних програм.

Корекційно-розвивальна робота у цьому напрямі вимагає переходу від традиційного накопичення номінативних одиниць до складного процесу семантизації – уточнення значень слів, розкриття їхньої багатозначності та формування парадигматичних зв'язків [1]. Необхідність пошуку нових методичних стратегій, що забезпечують перетворення пасивного лінгвістичного досвіду на активний інструмент комунікації, визначає теоретичну та практичну значущість даної проблеми.

Розвиток лексичної компетентності стає не просто лінгвістичним завданням, а стратегічним вектором компенсації наявних порушень, що дозволяє забезпечити дитині з ООП рівні можливості для самореалізації в освітньому просторі [3]. Словниковий запас у контексті сучасної лінгводидактики розглядається як когнітивний базис мовленнєвої діяльності, що забезпечує процеси комунікації, вербального мислення та гнозису. Він репрезентує собою

складну ієрархічну систему мовленнєвих одиниць, які дитина здатна ідентифікувати та репродукувати у процесі експресивного мовлення. Рівень сформованості лексикону безпосередньо детермінує якісні характеристики комунікативної взаємодії, глибину пізнавальних процесів та загальну академічну успішність, оскільки слово є ключовим інструментом засвоєння навчального матеріалу та формування понять.

Особливої уваги в контексті корекційної стратегії заслуговує етапність формування лексичних систем. Процес збагачення словника не може обмежуватися лише механічним накопиченням номінативних одиниць; він має передбачати розбудову складних семантичних полів та встановлення парадигматичних і синтагматичних зв'язків. Розширення значень слів у дітей з ООП відбувається через подолання явищ як вербалізму (вживання слів без розуміння їх суті), так і надмірної конкретизації. Науково обґрунтованим підходом є впровадження методики системного аналізу мовленнєвих одиниць, де кожне нове слово опрацьовується на декількох рівнях: фонетичному (звуковий склад), морфологічному (словотвірна структура) та контекстуальному (можливості поєднання з іншими лексемами) [2].

У багатьох дітей з порушеннями розвитку спостерігається переважання іменників, тоді як дієслівна лексика та прикметники залишаються у пасивному стані або використовуються вкрай обмежено. Це створює перешкоди для переходу від однослівних речень до розгорнутого зв'язного мовлення. Корекційний вплив у цьому напрямі має базуватися на принципі онтогенетичної послідовності: від засвоєння слів із конкретним значенням (дії, що можна продемонструвати) до абстрактних понять (стани, якості, відношення).

Ефективність уточнення активного словника значною мірою залежить від використання полісенсорного підходу та візуалізації мовленнєвого матеріалу. Оскільки у дітей з ООП часто спостерігається дефіцит вербальної пам'яті, залучення зорових опор (піктограм, мнемотаблиць, інфографіки) та предметно-практичної діяльності дозволяє створити міцні асоціативні зв'язки. Слово стає частиною активного лексикону лише тоді, коли воно багаторазово інтегрується в різні комунікативні ситуації. Відтак, створення штучних мовленнєвих середовищ, що моделюють реальну взаємодію, є необхідною умовою для подолання мовленнєвої інертності.

Не менш значущим аспектом є розвиток словотворчих навичок. Формування вміння утворювати нові лексеми за допомогою суфіксів та префіксів не лише кількісно збільшує словниковий запас, а й сприяє розвитку «мовного чуття» (лінгвістичної інтуїції). Це дозволяє дитині самостійно декодувати значення незнайомих слів, спираючись на знання морфемних моделей. Такий підхід трансформує процес навчання з репродуктивного на продуктивно-творчий, що є критично важливим для інтелектуального розвитку учнів.

У площині соціально-комунікативної адаптації розвиток словника має бути спрямований на подолання труднощів прагматичного використання мови. Це передбачає роботу над доречністю вживання слів у різних соціальних регістрах, розуміння переносного значення слів, фразеологізмів та мовного підтексту.

Лише за умови комплексного охоплення всіх рівнів мовленнєвої системи – від фонеми до цілісного тексту – можлива успішна корекція лексичної сфери [4].

Підсумовуючи, слід зазначити, що системна корекційно-розвивальна робота з уточнення та збагачення словника у дітей з ООП вимагає не лише фахової логопедичної компетенції, а й міждисциплінарної взаємодії спеціалістів. Моніторинг динаміки лексичного розвитку має ґрунтуватися на оцінці не тільки кількості засвоєних слів, а й на вмінні дитини оперувати ними у процесі вільного, нерегламентованого спілкування. Таким чином, лексична підсистема мови стає не просто об'єктом вивчення, а дієвим інструментом інтеграції особистості в освітній простір та соціум у цілому.

Специфіка мовленнєвого розвитку дітей з ООП характеризується низкою типових феноменів, серед яких провідне місце посідає кількісний та якісний дефіцит словникового запасу. Обмеженість активного словнику виявляється у звуженні номінативної, предикативної та ад'єктивної лексики, що призводить до низької варіативності висловлювань. Водночас спостерігається інертність пасивного словника, що суттєво ускладнює дешифрування зверненого мовлення. Патогномонічними ознаками лексичного недорозвинення є порушення семантичної структури слова, що проявляється у неадекватному вживанні лексем поза контекстом, труднощах диференціації конкретних та абстрактних значень, а також у несформованості операцій узагальнення та конкретизації.

Особливу увагу привертає переважання конкретно-побутової лексики над категоріальними поняттями. Діти з ООП часто демонструють схильність до стереотипізації мовлення, що виражається у надмірній експлуатації обмеженого кола вербальних одиниць та труднощах при актуалізації слів, навіть за умови їх наявності у пасивному резерві. Етіологія зазначених порушень має мультифакторну природу, охоплюючи біологічні детермінанти (органічні ураження ЦНС, генетичні аберації), соціальні чинники (дефіцит мовленнєвої стимуляції в мікросоціумі, педагогічна занедбаність) та психологічні особливості (зниження комунікативної мотивації, емоційна лабільність) [4] .

З погляду лексичної семантики, кожне слово є конгломератом лексем, у яких відображено узагальнені уявлення про предмети, дії та ознаки. Відтак, завдання опанування лексичним значенням полягає у послідовній інтеріоризації системи понять та встановленні парадигматичних зв'язків між ними. Корекційний процес передбачає не лише кількісне збагачення словника, а й роботу над його якісними параметрами: фонологічною структурою, морфологічним складом та орфографічною грамотністю. Формування стійких звукових образів слів та їх семантизація мають здійснюватися паралельно, з урахуванням єдності лексичного та граматичного значень [1].

Граматична система мовлення, як сукупність морфологічних та синтаксичних категорій, відіграє організуючу роль стосовно лексичної системи. У процесі практичного оволодіння мовленням дитина засвоює закономірності трансформації та поєднання слів, що перетворює ізольовані лексеми на зв'язне висловлювання. Робота над граматичною будовою виступає дієвим засобом інтенсифікації мовленнєвого розвитку, оскільки вправи з аналізу та синтезу на

певному лексичному матеріалі сприяють свідомому засвоєнню фонемного складу та диференціації мовленнєвих одиниць.

Практична реалізація корекційного впливу, спрямована на формування граматичних умінь та навичок, має позитивний кореляційний зв'язок із розвитком когнітивної сфери учнів. Удосконалення операцій порівняння, синтезу та класифікації мовленнєвого матеріалу стимулює виникнення мовленнєвих узагальнень, що є фундаментом для розвитку понятійного мислення. Таким чином, формування лексичного складу мовлення дітей з ООП є комплексним завданням, де кінцевим критерієм ефективності виступає здатність до адекватного та самостійного вживання засвоєних мовленнєвих одиниць у різноманітних комунікативних ситуаціях.

Список літератури

1. Алексєєнко-Лемовська Л. В. Збагачення словника дітей старшого дошкільного віку в театрально-ігровій діяльності : монографія. Київ : Видавничий дім «Слово». 2021. 184 с.

2. Збагачення та активізація словника дітей із порушенням мовленнєвого розвитку/ упоряд. Є. П. Кулькіна. Харків : Вид. група «Основа», 2011. 96 с

3. Марченко І. С. Спеціальна методика розвитку мовлення (логопедична робота з корекціїпорушень мовлення у дошкільників) : навч. посіб. для студентів вищ. пед. навч. закл. Спец.: Корекц. освіта (логопедія) 3-тє вид., перев. та доп. Київ, 2017. 312 с.

4. Шеремет М. К. Логопедія. Підручник, третє видання, перероблене і доповнене. Київ : Видавничий Дім «Слово», 2014. 672 с.

ЕФЕКТИВНА КОМУНІКАЦІЯ ВИКЛАДАЧА НА ЗАНЯТТЯХ З ІНОЗЕМНОЇ МОВИ

Щербина Світлана Володимирівна
кандидат педагогічних наук,
доцент, кафедра міжнародних економічних відносин та іноземних мов
Центральноукраїнський національний технічний університет

Однією з ключових складових успіху у вивченні іноземної мови є ефективна комунікація викладача — той функціональний аспект, який сприяє розвитку навичок спілкування у студентів, активному мовленню, міжкультурному розумінню.

Комунікація викладача включає не лише передачу знань про граматику та лексику, але й організацію інтерактивних задач, роль ігор, дискусій, моделювання реальних ситуацій і стимулювання готовності студентів до спілкування. У контексті освітніх методик це пов’язано з Комунікативним підходом (Communicative Language Teaching, CLT) та іншими сучасними інтерактивними методиками. Також, сучасне навчання іноземних мов прагне не просто передати знання, але й розвинути здатність використовувати мову в реальних ситуаціях — спілкування як основна ціль. У цьому контексті викладач відіграє вирішальну роль, адже саме через його спілкування зі студентами, його комунікацію формується середовище, яке може або сприяти, або стримувати ефективність навчання. Тому проблема успішної комунікації викладача зі студентами є актуальною в контексті сьогодення.

Н.Волкова визначає комунікативну поведінку вчителя як організацію мовного процесу, що впливає на створення емоційно-психологічної атмосфери педагогічного спілкування, відносини між учителем та учнями, на стиль їх взаємодії [1, с.61].

Для оптимізації комунікативної діяльності викладача необхідно програмування мети спілкування та шляхів її досягнення (вибір засобів впливу, способів аргументації, форми репрезентації навчального матеріалу), організації зворотного зв'язку, прогноз реакції учнів, володіння технікою спілкування, обґрунтованість прийомів педагогічного спілкування, використання дидактичних функцій іноземної мови для забезпечення різних видів висловлювань.

З вищезазначених особливостей діяльності викладача на заняттях з іноземної мови випливають наступні компоненти: [2, с. 259]:

1. Концентрація на комунікації.
2. Сприяння навчанню через практику.
3. Відображення реального процесу спілкування.
4. Різноманітне інформаційне наповнення.

Сприятливий психологічний клімат на заняттях з іноземної мови має стимулювати активність, увагу, пам'ять, сприйняття, мотиви говоріння

студентів. Формування форм адекватної успішної взаємодії при різних установках, вміннях, навичках, обсязі інформації, рівні компетенції в процесі вирішення навчальних, пізнавальних, комунікативних завдань займає важливе місце в навчанні, базується на взаємодії викладача і студента в процесі навчальної діяльності, узгодженні зусиль знаючого (викладача) і незнаючого (студента), на ефекті взаємного соціально-інформаційного збагачення, на рівноправному співробітництві під час планування та здійснення навчального процесу.

Педагогічна комунікація сприймається як засіб організації іншомовної діяльності, сприятливих оптимальних відносин між викладачем і студентом. Педагогічне спілкування як діяльність визначається заздалегідь програмованою активністю суб'єкта, установкою, готовністю до навчання, сприйняття тієї чи іншої інформації. На основі вищевикладеного, можна визначити основні функції та компоненти комунікативної діяльності викладача:

1. Проєктування навчальних ситуацій і задач, які спрямовані на спілкування: рольові ігри, дискусії, діалоги, проблемні ситуації, симуляції.
2. Ініціювання й підтримка вербальної та невербальної комунікації — викладач має бути доступним, використовувати інтонацію, міміку, жести, стимули, створювати атмосферу довіри.
3. Використання автентичних матеріалів і ситуацій, що максимально наближають мову до реального вживання.
4. Організація парної й групової роботи, що заохочує взаємодію між студентами.
5. Корекція помилок в рамках спілкування, фокус не на перфекціонізмі, а на комунікативній функціональності.
6. Мотивація і розвиток готовності до спілкування — створення умов, де студент відчуває потребу і зацікавленість використовувати іноземну мову.

Комунікативний підхід навчання іноземних мов базується на тому, що процес навчання є моделлю комунікації [3, с.44]. Організація успішної взаємодії викладача і студента на заняттях з іноземної мови будується не на трансляції інформації, а на активізації, стимуляції процесів осмисленого вчення, на розвиток мотивації, створенні в процесі навчання атмосфери свободи вибору, відповідальності, задоволення комунікативних потреб, на використанні минулорічного досвіду, на пошуку спільних культур. Комунікативний імпульс, стимуляція правильного судження спрямовані на підвищення інтенсивності викликаної реакції у студентів за допомогою переконливої мови викладача, оскільки характер взаємодії впливає на ефективність спільної мисленнєвої діяльності та, зрештою, на успішність навчання іноземної мови.

Оскільки навчальний процес є інтерактивною категорією, ефективна комунікація між викладачем і студентами на заняттях з іноземної мови є важливою умовою успішності навчання. Тому слід визначити наступні принципи комунікативної діяльності викладачів:

- повага до всіх суб’єктів навчального процесу;
- заохочення студентів до спілкування;

- налагодження зворотнього зв’язку;
- використання різноманітних засобів комунікації.

У цьому контексті викладач повинен прагнути до оптимального спілкування, яке характеризують як діалогічне, довірливе, відкрите, рівноправне, поважливе, адекватно вимогливе, конгруентне, бажане, суб’єкт-суб’єктне, що передбачає встановлення позитивних стосунків, які сприяють успішному розв’язанню поставлених завдань, призводить до взаємопізнання, взаєморозуміння та взаємосприйняття [4, с.176].

Ефективна педагогічна комунікація на заняттях з іноземної мови – це спілкування, яке створює оптимальні умови для розвитку мотивації студентів та творчого характеру навчальної діяльності, забезпечує сприятливий емоційний клімат, перешкоджає виникненню «психологічного бар'єру».

Список літератури

1. Волкова Н.П. Професійно-педагогічна комунікація: навч. посіб. /Н.П.Волкова. – Київ: «Академія», 2006. 256с.
2. Agbatogun A. O. Developing Learners’ Second Language Communicative Competence through Active Learning: Clickers or Communicative Approach? Educational Technology & Society, 2014. Vol. 17, no. 1. P. 257-269.
3. Карп’юк О.Д. Особливості комунікативного орієнтованого навчання англійської мови в початковій школі за серією навчально-методичних комплексів 2-4 класів загальноосвітніх навчальних закладів / О.Д. Карп’юк. – Київ: Навчальна книга, 2004. 78с.
4. Яшенкова О.В. Основи теорії мовної комунікації: навч. посібник /О.В.Яшенкова. – Київ: ВЦ «Академія», 2010. 312с.

QUALITY CRITERIA FOR THE TYPOGRAPHY OF CHILDREN'S PUBLICATIONS FOR YOUNGER SCHOOL AGE CHILDREN

Selmenska Zoriana,
Ph.D., Associate Professor
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Dubnevych Myroslava,
Ph.D., Associate Professor
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Abstract. The main criteria for the quality of font design in children's publications for primary school age are considered. The relevance of researching fonts as an important factor in effective learning, the development of reading skills, and the formation of a positive reading experience in children is substantiated. The psychological, physiological, and aesthetic aspects of children's perception of font information are analyzed, and key requirements for the font design of modern children's literature are identified.

Keywords: font design, children's publications, readability, primary school age, typography, book design, reading experience.

The study of font design in children's publications is of great practical importance in the current context of education and publishing. For primary school children, the process of reading is not only a way of obtaining information, but also a key element of learning, speech development, and the formation of cognitive interests. In this context, the quality of font design directly affects the effectiveness of text perception and the success of educational activities [1,2].

One of the main criteria for font quality is readability, which is determined by the shape of letters, spacing between letters and lines, font size, and contrast between text and background [1,3]. For younger schoolchildren, it is advisable to use fonts with a clear graphic structure, open forms, and sufficient difference between letters that are similar in writing, which helps to reduce the number of errors during reading [4,5].

An important criterion is also the psychophysiological comfort of the font. An unsuccessful choice of font design can cause visual fatigue, decreased concentration, and negative emotional perception of the text. Taking into account the age-related characteristics of children's visual perception allows minimizing the strain on their eyes and creating favorable conditions for prolonged reading [6].

The aesthetic appeal of the font plays a separate role, influencing the child's motivation to read and their overall perception of the book. A harmonious combination of font with illustrations, color design, and page layout contributes to a positive reading experience and increased interest in the book.

The main criteria and indicators that determine the quality of font design in children's publications aimed at primary school-age audiences are presented in Table 1.

Table 1.
Criteria and indicators of quality in the typography of children's publications for primary school age children

Quality criteria	**Indicators (characteristics)**	**Impact on reading and perception**
Ease of reading	Clear letter shapes; open apertures; distinction between similar characters (а-о, л-п, і-ї); optimal stroke thickness	Facilitates character recognition, reduces the number of errors when reading
Font size	Font size no less than 12-14 pt (depending on format); consistent size throughout the text	Ensures comfortable reading without straining your eyes
Spacing between letters (aproshi)	Sufficient tracking; no letter sticking together	Improves the perception of words as whole units
Line spacing	Line spacing 120-140% of font size	Facilitates eye movement across lines, reduces fatigue
Contrast	High contrast between text and background; avoidance of bright or colorful background solutions	Promotes rapid text perception
Psychophysiological comfort	No excessive decorativeness; smoothness of forms	Reduces visual fatigue, increases concentration
Aesthetic appeal	Harmony of the font with illustrations and layout	Increases motivation to read
Age appropriateness	Adaptation to the cognitive and visual characteristics of children aged 6–10	Provides a positive reading experience
Functional versatility	Suitability for main text, headings, captions	Ensures stylistic integrity of the publication

The proposed criteria cover both functional and psychophysiological and aesthetic aspects of children's perception of text, allowing for a comprehensive assessment of the effectiveness of typographic solutions.

The criterion of font readability is fundamental, as it directly affects the process of character recognition and the formation of reading skills. Clear letter shapes, open apertures, and sufficient differentiation between similar-looking characters reduce the number of errors during reading and facilitate text perception, which is especially important for children whose reading skills are still developing.

The font size determines the visual accessibility of the text. Using a font size of at least 12-14 points, taking into account the format of the publication, ensures comfortable reading and prevents eye strain. The stability of the font size within the main text contributes to the formation of reading rhythm and reduces cognitive load.

The spacing between letters plays an important role in the perception of words as whole graphic units. Sufficient tracking and the absence of letter crowding facilitate rapid reading and increase overall reading comfort, especially during prolonged reading [1,2].

Line spacing (interline spacing) affects the comfort of eye movement across the page. A value of 120-140% of the font size creates optimal conditions for shifting the gaze between lines, reduces visual fatigue, and helps maintain concentration.

The contrast criterion determines the clarity of text perception on the page. High contrast between the font and background, as well as avoiding bright or colorful background designs, ensure quick visual recognition of text and reduce the strain on the child's visual system.

The psychophysiological comfort of the font design is associated with the absence of excessive decorativeness and the smoothness of the letter forms. These characteristics help reduce visual fatigue, increase concentration, and positively influence the emotional perception of the text.

The criterion of aesthetic appeal reflects the harmony of the font with the illustrations and the overall composition of the publication. Visually appealing font design increases children's motivation to read and forms a positive attitude towards books.

Age appropriateness involves adapting the font design to the cognitive and visual characteristics of children aged 6-10. Taking these characteristics into account ensures comfortable perception of the text and contributes to the formation of a positive reading experience.

Special attention is paid to the functional versatility of the font, which determines its suitability for use in various elements of the publication – the main text, headings, and captions. Such versatility ensures the stylistic integrity of the book and simplifies its typographic design.

Thus, the criteria and indicators presented in the table allow for a comprehensive assessment of the quality of font design in children's publications and can be used as a basis for developing expert assessment methods and making informed typographical decisions in publishing practice.

Current trends in font design and the development of digital technologies open up new opportunities for creating font solutions tailored to the needs of a children's audience. The integration of innovative approaches into the font design of children's publications allows for an increase in their competitiveness and quality.

Conclusion. Thus, the criteria for the quality of font design in children's publications for primary school age are complex and cover readability, psychophysiological comfort, and aesthetic appeal of the font. Taking these criteria into account contributes to improving the reading experience, developing reading skills, and increasing children's interest in literature. The results obtained can be used in the practice of publishing and designing children's books in order to improve their quality and pedagogical effectiveness.

References:

1. Pitushenko O. A., Selmenska Z. M. Cause-and-effect model of forming readability for children's publications // Polygraphy and Publishing. – 2024. – No. 2 (88). – P. 32–40.

2. Selmenska Z. M., Pitushenko O. A. Criteria for selecting font design for children's publications // Scientific and Technical Conference of Professors, Lecturers, Researchers, and Graduate Students (online) (February 5–9, 2024, Lviv): abstracts / Ukrainian Academy of Printing. – 2024. – pp. 34–35.

3. T. Kojić, D. Ali, R. Greinacher, S. Möller and J. -N. Voigt-Antons, "User Experience of Reading in Virtual Reality — Finding Values for Text Distance, Size and Contrast," 2020 Twelfth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX), Athlone, Ireland, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/QoMEX48832.2020.9123091.

4. Y. Ito, C. Ishizawa and Y. Kageyama, "Eye Fixation Duration for Detecting Gazing Area Using Text Reading Speed," 2022 7th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR), Bangkok, Thailand, 2022, pp. 112-115, doi: 10.1109/ICBIR54589.2022.9786475

5. Wallace Shaun Towards Individuated Reading Experiences: Different Fonts Increase Reading Speed for Different Individuals ACM Transactions on Computer-Human Interaction Vol. 29, No. 4 (August 2022), pp. 1–56 https://doi.org/10.1145/3502222

6. ISO 9241-3:2011. Ergonomics of human-system interaction – Part 3: Visual display requirements. – International Organization for Standardization, 2011.

USING REGULAR EXPRESSIONS IN SEARCH AND REPLACE OPERATIONS IN THE NOTEPAD++ PROGRAM ENVIRONMENT

Selmenska Zoriana,
Ph.D., Associate Professor
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Sinyavsky Yuriy
Ph.D. student
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Hudkovskyi Maksym
student
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Abstract. This paper discusses the possibilities of using regular expressions in Notepad++ to perform search and replace operations on text information. It shows that the use of regular expressions significantly increases the efficiency of processing text arrays, automates routine editing operations, and helps reduce errors when working with large amounts of data. Typical examples of the use of regular expressions in the Notepad++ environment are given, and their practical value for educational and professional activities is outlined.

Keywords: regular expressions, search and replace, Notepad++, text information, editing automation, text templates.

Modern work with text information in the fields of programming, publishing, and information technology involves processing large amounts of data, which requires effective search and editing tools. One such tool is regular expressions, which allow you to describe complex text patterns and perform automated operations on text.

Notepad++ is a popular text editor that supports the use of regular expressions in search and replace mode. This allows users to perform not only simple keyword searches, but also complex text analysis and transformation operations.

The use of regular expressions in Notepad++ is particularly effective when:

- searching for text fragments according to specified templates (dates, email addresses, links);
- mass replacement of similar structures in text files;
- deleting or normalizing spaces and service characters;
- converting structured text data into the required format.

Using regular expressions in Replace mode allows you to perform complex text transformations in a single operation, significantly reducing editing time and manual actions. This is especially important when working with program code, HTML markup, or when preparing texts for further processing.

Thus, the use of regular expressions in the Notepad++ environment is an effective means of automating text search and replacement operations, increases the productivity of working with text information, and is useful for studying disciplines related to text data processing and software tools for information processing. Fig. 1 shows a structural diagram of the search and replace process in Notepad++.

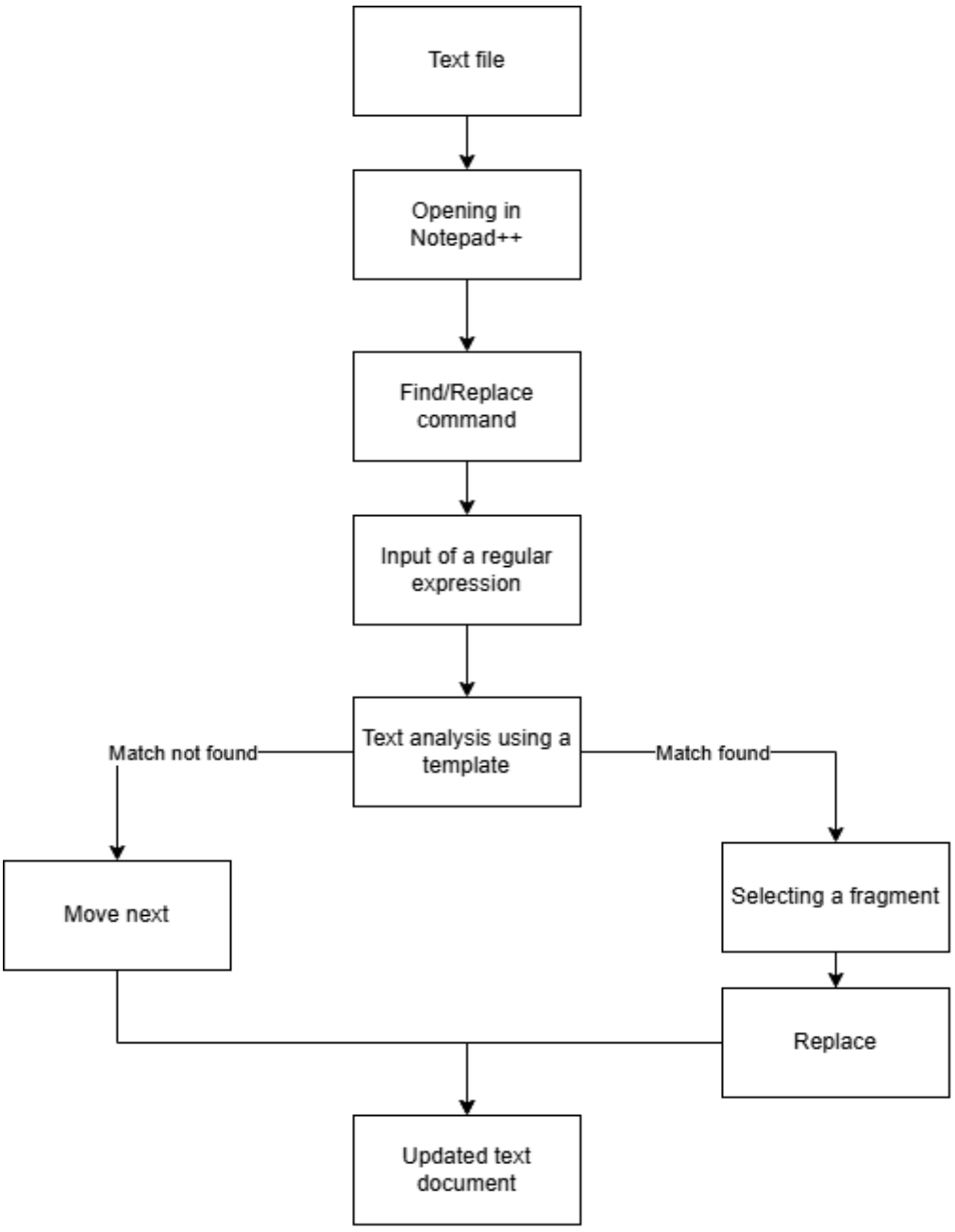


Figure 1. Structural diagram of regular expression usage in Notepad++.
(figures developed by the author)

Fig. 2 shows the screen logic for using regular expressions in Notepad++ to perform search and replace operations.

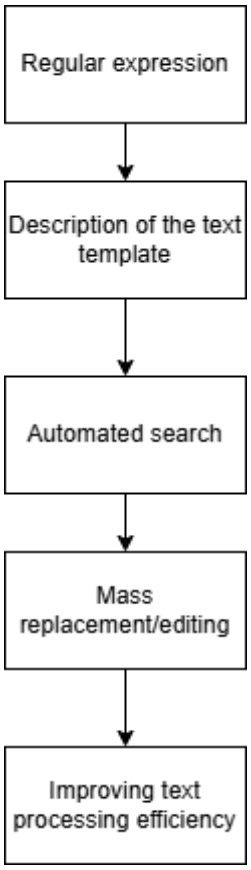


Figure 2. Causal-functional logic
(figures developed by the author)

The diagram illustrates the sequence of user actions and demonstrates that the use of regular expressions allows you to automate the processing of text arrays and significantly increase productivity.

Conclusion. The analysis shows that using regular expressions in Notepad++ is a great way to automate searching and replacing text. The use of regular expressions allows you to describe complex text patterns, perform mass text transformations, and significantly reduce the processing time of large text arrays compared to traditional manual editing methods.

Using the functional capabilities of Notepad++, in particular the Regular expression mode, provides flexibility and versatility in text processing without the need for specialized programming languages or additional software. This makes regular expressions an accessible and practical tool for a wide range of users, from students to professionals in the fields of information technology and publishing.

Thus, the implementation of regular expressions in the search and replace processes in Notepad++ contributes to increased productivity when working with text information, reduces the number of errors, and develops important applied skills, which is useful for both educational and professional activities.

References:

1. Friedl J. Regular expressions. Fundamentals and applications / J. Friedl; translated from English. – Kyiv: Dialectics, 2019. – 640 p..

2. Goyvaerts J., Levithan S. Regular Expressions Cookbook. – 2nd ed. – Sebastopol : O'Reilly Media, 2012. – 512 p.

3. The Regular Expressions Info [Electronic resource]. – Access mode: https://www.regular-expressions.info – Title from the screen.

4. Notepad++ Documentation [Electronic resource]. – Access mode: https://npp-user-manual.org – Title from the screen.

5. Notepad++ User Manual. Search and Replace [Electronic resource]. – Access mode: https://npp-user-manual.org/docs/searching – Title from the screen.

6. Fowler M. Patterns of Enterprise Application Architecture. – Boston : Addison-Wesley, 2002. – 533 p.

7. Kleene S. C. Representation of Events in Nerve Nets and Finite Automata // Automata Studies. – Princeton : Princeton University Press, 1956. – P. 3–41.

8. ECMAScript® 2023 Language Specification. RegExp Objects [Electronic resource]. – Access mode: https://tc39.es/ecma262 – Title from the screen.

9. RegExr: Learn, Build & Test RegEx [Electronic resource]. – Access mode: https://regexr.com – Title from the screen.

Regex101: Online Regex Tester and Debugger [Electronic resource]. – Access mode: https://regex101.com – Title from the screen.

EFFECTIVENESS OF SEMANTIC MODELING OF THE STRUCTURE OF A VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT

Selmenskyi Ruslan,
Ph.D. student
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Volodymyr Maik,
Ph.D., Professor
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Abstract. The paper considers semantic modeling as a tool for designing the structure of a virtual learning environment (VLE) for distance learning. It is shown that formalization of the links between VLE components based on semantic networks contributes to improving the structure of educational content, the consistency of functional modules, and the effectiveness of user interaction with the system [4–6]. The results of expert evaluation of the quality of the VLE before and after the implementation of the semantic model are presented, confirming the feasibility of applying this approach in educational information systems [1], [8].

Keywords: virtual learning environment, semantic modeling, information systems, distance learning, semantic network, information architecture, VLE quality.

Modern virtual learning environments (VLEs) are complex multi-level information systems that integrate educational content, software modules, knowledge assessment services, and user interaction mechanisms. With the widespread introduction of distance learning, not only the functional completeness of such systems but also the logical consistency of their structure, which directly affects the effectiveness of the educational process and the convenience of using educational resources, becomes particularly important[1].

One of the promising approaches to designing VLEs is semantic modeling, which allows formalizing knowledge about the structure of the learning environment in the form of a set of entities and relationships between them, as well as ensuring the integrity of the information architecture [4], [5]. Within the semantic model, the VNS is considered as a system of interrelated components, in particular, educational modules, digital resources, users of different roles, scenarios of educational activities, and means of assessing learning outcomes [6], [11]. This approach ensures the integrity of the information architecture and reduces the level of fragmentation of the system.

The effectiveness of semantic modeling is manifested in the increased structure of educational content and improved navigation in the virtual learning environment. Clearly defined semantic links between content elements ensure logical sequence of material presentation, simplify information search, and increase the clarity of the learning environment for users [7], [10].

In addition, the semantic model creates the prerequisites for the integration of VLE functional modules and the implementation of adaptive and personalized learning trajectories. Formalizing the structure of the system at the model level facilitates its scaling and modernization, since changes can be made without disrupting the overall logic of the VLE's functioning [9].

The results of expert evaluation of the quality of the virtual learning environment before and after the implementation of semantic modeling (Table 1) indicate the positive impact of this approach on key quality indicators, in particular information architecture, the level of component integration, and the effectiveness of user interaction [1], [8], [12].

Table 1.

The impact of semantic modeling on VNS quality factors

Quality factor	**Without semantic modeling**	**Using a semantic model**	**Nature of changes**
Information architecture	fragmentary structure	logically consistent structure	improvement
Content structure	partial	high	improvement
Navigation in VNS	complicated	intuitive	improvement
Module integration	limited	comprehensive	improvement
Adaptability	absent or minimal	supported at the model level	improvement

Semantic modeling of the structure of a virtual learning environment is an effective means of improving the quality of distance learning information systems and a promising area for further research. A causal diagram (Fig. 1) was used to visualize the cause-and-effect relationships between the elements of the system, which made it possible to clearly demonstrate the influence of individual factors on the integral quality indicator of the object under study.

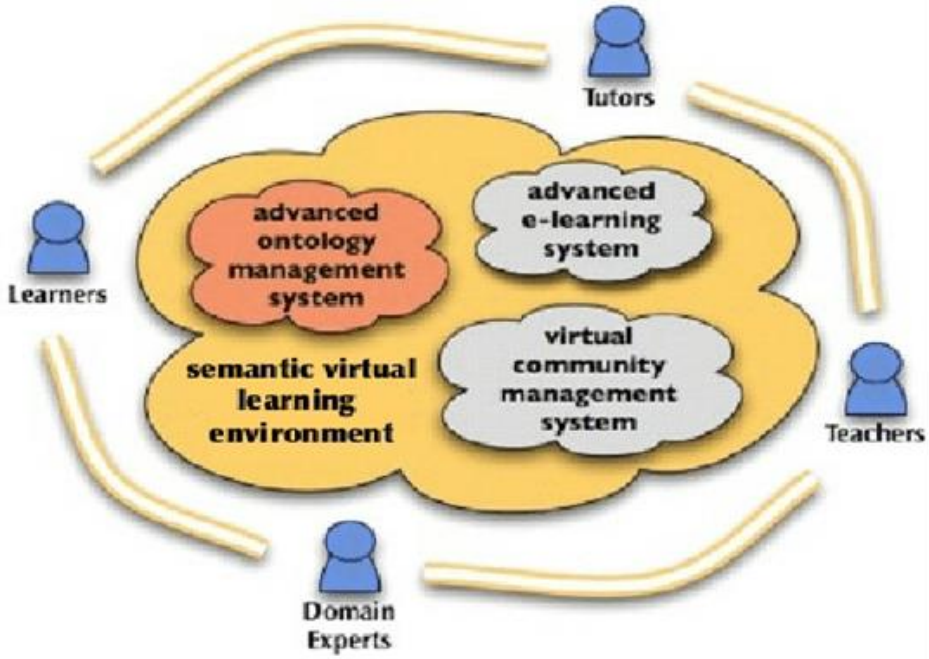


Figure 1. Generalized structural diagram of improving the quality of the VNS (figures created by the author)

Figure 2 shows the algorithm of the impact of semantic modeling on the quality of the virtual learning environment, which demonstrates that formalization of the VLE structure based on a semantic model ensures the consistency of system components and contributes to improving the integral quality indicator of the VLE.

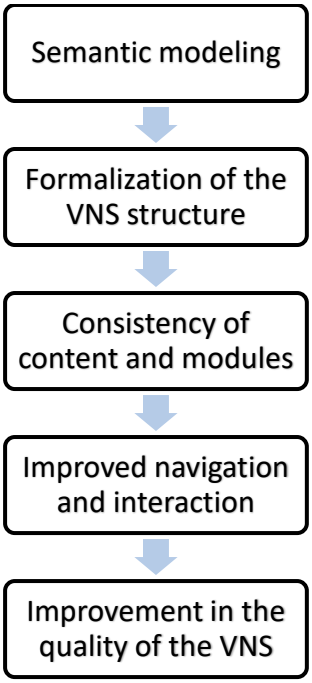


Figure 2. Algorithm of the impact of semantic modeling on the quality of the virtual learning environment. (figures created by the author)

Conclusion. The study confirms that semantic modeling of the virtual learning environment structure is an effective tool for improving the quality of distance learning information systems. Formalization of VLE components and their interrelationships ensures logical consistency of the information architecture, improves navigation, facilitates integration of functional modules, and creates conditions for adaptive learning. The results obtained justify the feasibility of using semantic modeling in the design and modernization of virtual learning environments and define this approach as a promising direction for further scientific research in the field of information systems and technologies.

References:

1. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models. – International Organization for Standardization, 2011.
2. Semerykov, S. O., Teplitsky, I. O. Information technologies for distance learning: textbook. – Kryvyi Rih: Publishing Department of KDPU, 2016. – 320 p.
3. Bykov, V. Yu. Models of Organizational Systems for Open Education: Monograph. Kyiv: Atika, 2009. 684 p.
4. Gruber T. R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5, No. 2. – P. 199–220.
5. Guarino N. Formal Ontology and Information Systems // Proceedings of FOIS'98. – Amsterdam : IOS Press, 1998. – P. 3–15.
6. Dichev C., Dicheva D. Ontologies and Semantic Web for E-learning // Educational Technology & Society. – 2012. – Vol. 15, No. 4. – P. 240–252.
7. Siemens G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age // International Journal of Instructional Technology and Distance Learning. – 2005. – Vol. 2, No. 1. – P. 3–10.
8. Sydorenko, E. V. Methods of expert assessment in scientific research: textbook. Kharkiv: S. Kuznets Kharkiv National University of Economics, 2014. 156 p.
9. Pressman R. S., Maxim B. R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. – 8th ed. – New York : McGraw-Hill, 2015. – 976 p.
10. Brusilovsky P. Adaptive Hypermedia for Education and Training // Adaptive Technologies for Training and Education. – Cambridge : Cambridge University Press, 2001. – P. 46–68.
11. W3C. Semantic Web Overview [Electronic resource]. – Access mode: https://www.w3.org/standards/semanticweb – Title from screen.
12. Kuzmin, O. E., and V. Y. Zhezhukha. Information Systems Quality Management: Monograph. Lviv: Lviv Polytechnic, 2017. 248 p.

СТІЙКІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Сисоєнко Світлана
к.т.н., доцент

Аркушенко Павло
к.т.н., старший дослідник

Гузій Євгеній
с.н.с.

Садаєв Андрій
н.с.
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Україна

Сучасні інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) відіграють ключову роль у випробуваннях озброєння та військової техніки (ОВТ), забезпечуючи збір, передачу та аналіз даних в екстремальних умовах ударних та вибухових впливів. Дослідження фокусується на забезпеченні стійкості ІВС до радіоелектронної боротьби (РЕБ), електромагнітних імпульсів (ЕМІ) та кіберзагроз.

У сучасних воєнних конфліктах 2022–2026 рр. ІВС функціонують у середовищі активного застосування засобів РЕБ, кібервпливів та навмисних інформаційних спотворень. Це ускладнює реєстрацію критичних параметрів: пікового надлишкового тиску ударної хвилі, профілю вібрацій, динамічного тиску та телеметричних даних. Стійкість ІВС до стандартизованих методів випробувань є пріоритетом для гарантії метрологічної точності та бойової ефективності ОВТ.

Актуальність даного дослідження підтверджується необхідністю автоматизованих систем з інтеграцією криптозахисту для підвищення достовірності результатів [1-2].

Проблемні питання стійкості сучасних ІВС включають:

- уразливість телеметрії (перехоплення, спотворення сигналів, втрата синхронізації, спуфінг та придушення РЕБ);
- електромагнітні впливи;
- захищеність даних (недостатня криптостійкість генераторів псевдовипадкових послідовностей (ПВП) до аналізу, порушення (конфіденційності, цілісності, доступності));
- метрологічні обмеження (градієнти тиску >1000 кПа/мкс перевищують пороги стандартних п’єзорезистивних датчиків).

РЕБ охоплює створення завад, електромагнітне перевантаження та порушення часових каналів, що знижує якість даних на 40–60% без захисту.

Для підвищення стійкості телеметричних систем до впливів радіоелектронної боротьби застосовуються методи криптографічного захисту даних, зокрема потокове шифрування з використанням генераторів псевдовипадкових послідовностей (ПВП). Генератори ПВП використовуються для формування криптографічних ключів та маскування телеметричних кадрів, що унеможливлює коректну інтерпретацію вимірювальної інформації у разі її перехоплення. При цьому до генераторів ПВП висуваються вимоги щодо статистичної випадковості, періодичності та стійкості до криптоаналізу, що регламентується відповідними стандартами [3].

Сучасні ІВС стикаються з низкою викликів, серед яких:

- неоднорідність даних та похибки орієнтації сенсорів, що можуть призводити до варіацій у вимірюваних значеннях тиску без урахування реальних фізичних процесів;
- необхідність високошвидкісних каналів обробки даних для коректної реєстрації коротких піків тиску;
- побудова узгоджених та масштабованих БД, що дозволяють синхронізовувати дані з різних джерел та систем одночасно.

Отже, стійкість ІВС досягається, поєднанням засобів технічного та криптографічного захисту інформації, стійких телеметричних систем, генераторів псевдовипадкових послідовностей та вимірювальної апаратури, адаптованої до вибухових і ударних впливів, дозволяє підвищити достовірність та надійність інформаційно-вимірювальних систем у випробуваннях озброєння та військової техніки в умовах активного застосування засобів радіоелектронної боротьби. Перспективними напрямами розвитку є інтеграція (AI та ML для адаптивного виявлення та фільтрації завад у реальному часі, гібридних квантових генераторів ПВП для постквантової криптостійкості).

Список використаних джерел

1. Андрушко, М., Аркушенко, П., Кузьміч, О., Гузій, Є., & Флорін, О. (2024). обґрунтування типової методики проведення випробувань виробів броньованої техніки з оцінювання рівня захисту від мінної загрози із використанням сучасних інформаційно-вимірювальних систем. Випробування та сертифікація, (2(4), 7-13. https://doi.org/10.37701/ts.04.2024.01

2. Толмачов, В. Ю. (2025) «Методичний підхід щодо вибору методу синтезу інформаційної системи супроводження випробувань озброєння та військової техніки», Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. Київ, Україна, 53(2), с. 70–83. doi: 10.33099/2311-7249/2025-53-2-70-83.

3. NIST SP 800-22. A Statistic Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Application. URL: http://csrc.nist.gov./publications/niatpubs//SP800-22rev1a.pdf.

ІНТЕГРАЦІЯ OSINT У ДІЯЛЬНІСТЬ ПОЛІЦІЇ ДЕМОКРАТИЧНИХ КРАЇН ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЯВЛЕННЯ ЗАГРОЗ ГРОМАДСЬКІЙ БЕЗПЕЦІ

Бондаренко Степан Юрійович
Київський університет інтелектуальної власності та права,
член ГО «International educators and scholars foundation» (IESF)
місто Київ, Україна

Інтеграція OSINT (англ. Open Source Intelligence, розвідка на основі відкритих джерел) у сучасну діяльність поліції демократичних країн є одним із найважливіших напрямів трансформації правоохоронних структур у цифрову епоху. Інтеграція OSINT у діяльність поліції демократичних країн на практиці реалізується як формалізований цикл розвідувальної аналітики, що охоплює систематизований збір (collection), первинну валідацію (source validation), кореляцію (data correlation), аналітичну обробку (analysis) та оперативну інтерпретацію результатів для прийняття управлінських і тактичних рішень. У поліцейських структурах OSINT використовується не фрагментарно, а як окремий функціональний модуль intelligence-led policing, інтегрований у системи раннього попередження загроз. Практично це означає безперервний моніторинг соціальних мереж, месенджерів із публічними каналами, платформ user-generated content, відкритих реєстрів, баз судових рішень, кадастрових і корпоративних даних, а також новинних агрегаторів із застосуванням keyword-based monitoring, boolean search, sentiment analysis та network analysis.

У контексті громадської безпеки ключову роль відіграє виявлення так званих early warning indicators і weak signals, які не мають кримінального статусу самі по собі, але в сукупності формують ризиковий профіль події, групи або індивіда. Поліція демократичних країн активно застосовує geospatial OSINT для аналізу просторової динаміки загроз, зокрема через зіставлення геотегованого контенту, відкритих картографічних сервісів і даних про переміщення масових скупчень людей. Це використовується при підготовці до масових заходів, протестів або спортивних подій для прогнозування hot spots, потенційних маршрутів ескалації та зон підвищеного ризику.

Окремим практичним напрямом є social media intelligence, де поліція працює з behavioral patterns, цифровими слідами та онлайновими комунікаційними мережами. Аналіз публічних профілів, коментарів, репостів і візуального контенту дозволяє ідентифікувати процеси радикалізації, self-radicalization, координацію дій через децентралізовані онлайн-спільноти, а також ознаки підготовки насильницьких дій, включно з leakage indicators – непрямими публічними сигналами про намір учинення злочину. Такі дані не є доказами у кримінально-процесуальному сенсі, але слугують аналітичною основою для ініціювання превентивних заходів, оперативної перевірки або підвищення рівня готовності сил реагування.

У сфері протидії кіберзлочинності OSINT інтегрується через аналіз відкритих цифрових екосистем, включно з форумами, даркнет-маркетплейсами у частині легально доступної інформації, витоками баз даних, публічними репозиторіями шкідливого коду та профілями «загрозливих акторів» (авт.) [7, с. 87]. Поліція використовує attribution techniques для встановлення зв'язків між онлайн-активністю, псевдонімами, часовими патернами та інфраструктурними ознаками, що дозволяє будувати threat actor profiles і прогнозувати потенційні атаки на критичну інфраструктуру або публічні сервіси.

Важливим практичним аспектом є інтеграція OSINT у ситуаційні центри та системи command and control, де результати аналітики трансформуються у actionable intelligence. Це забезпечує швидке ухвалення рішень щодо розгортання патрулів, зміни тактики охорони громадського порядку або ініціювання міжвідомчої взаємодії. У демократичних країнах така діяльність чітко регламентована стандартними операційними процедурами, які визначають допустимі методи збору, критерії релевантності інформації та межі її використання з огляду на права людини.

Основна практична цінність OSINT для поліції демократичних країн полягає у можливості масштабного, легального та технологічно ефективного доступу до відкритих інформаційних середовищ із використанням спеціалізованих програмних рішень та аналітичних платформ. На відміну від HUMINT або SIGINT, OSINT не потребує санкціонованого втручання в приватні комунікації, що дозволяє правоохоронним органам діяти в межах принципу proportionality та legality, закріпленого у правових системах США, країн ЄС і Великої Британії [5]. Практична реалізація цієї переваги досягається шляхом використання спеціальних OSINT-застосунків, які автоматизують збір, обробку та візуалізацію великих обсягів відкритих даних.

У поліцейській практиці активно застосовуються платформи типу Maltego для link analysis та entity resolution, що дозволяє виявляти приховані зв'язки між особами, організаціями, доменами, IP-адресами та акаунтами у соціальних мережах. Такі інструменти використовуються для побудови соціальних і комунікаційних графів, які демонструють структуру радикальних або кримінальних мереж без необхідності негласних оперативних заходів. Для моніторингу інформаційного простору поліція застосовує системи типу Recorded Future, Babel Street, Dataminr або ShadowDragon, які працюють у режимі near real-time та використовують автоматизований ingestion даних із соціальних мереж, форумів, новинних сайтів і відкритих баз даних з подальшим risk scoring та alerting.

У США, зокрема в підрозділах FBI та місцевих fusion centers, такі застосунки інтегровані у аналітичні контури threat assessment. Вони дозволяють виявляти indicators of violent extremism, leakage behaviors та pre-incident signals, наприклад різку зміну риторики в публічних постах, інтерес до зброї, тактичних матеріалів або об'єктів масового скупчення людей. Аналіз здійснюється за допомогою NLP-модулів, sentiment analysis і topic modeling, що дає змогу

зіставляти цифрову поведінку з відомими моделями підготовки насильницьких інцидентів, які використовуються у behavioral threat assessment [3].

Окрему роль відіграють спеціалізовані застосунки для geolocation OSINT, такі як Google Earth Pro, Sentinel Hub, MapHub або інтегровані GIS-модулі в поліцейських аналітичних системах. Вони дозволяють співставляти відкриті супутникові знімки, геотегований контент із соціальних мереж і дані про події для просторового аналізу потенційних загроз. Це практично використовується при плануванні заходів із масовою присутністю людей, де заздалегідь моделюються маршрути підходу, можливі точки концентрації ризику та сценарії ескалації.

Для аналізу відкритих цифрових слідів у сфері організованої злочинності та кіберзагроз поліція використовує інструменти типу SpiderFoot, Recon-ng, Shodan і Censys, які дозволяють здійснювати автоматизований технічний OSINT, зокрема ідентифікувати відкриту інфраструктуру, пов’язану з кримінальною діяльністю, або вразливі публічні сервіси, що можуть бути використані для атак. Такі застосунки формують технічний профіль загрози та використовуються як елемент превентивної кібербезпеки, а не лише постфактум-розслідувань.

Ключовим практичним результатом використання спеціальних OSINT-застосунків є можливість встановлення кореляцій між публічними висловлюваннями, цифровими патернами поведінки та реальними подіями. Це досягається через data fusion, коли результати з різних інструментів інтегруються в єдину аналітичну картину. Саме така технологічно підтримана OSINT-аналітика дозволяє поліції переходити від пасивного спостереження до активної превенції, формуючи обґрунтовані аналітичні висновки, які слугують підставою для оперативних рішень без порушення демократичних стандартів і прав громадян.

У країнах Європейського Союзу інтеграція OSINT у діяльність поліції та суміжних розвідувально-аналітичних структур має системний і технологічно зрілий характер та розглядається як ключовий інструмент виявлення загроз громадській безпеці на докримінальній стадії [1]. У Німеччині, Франції та Нідерландах OSINT не обмежується ручним аналізом відкритих джерел, а реалізується через спеціалізовані аналітичні платформи, інтегровані у національні системи threat intelligence та intelligence-led policing. Зокрема, Федеральна кримінальна поліція Німеччини застосовує автоматизовані OSINT-рішення з використанням алгоритмів машинного навчання для масового збору та обробки відкритих даних із соціальних мереж, відеохостингів, публічних месенджер-каналів, онлайн-форумів і новинних ресурсів із метою виявлення behavioral anomalies та patterns of concern у цифрових спільнотах.

Практична реалізація таких підходів полягає у застосуванні систем automated content monitoring і anomaly detection, які здійснюють постійне сканування інформаційного середовища за predefined risk indicators, зокрема різкою зміною наративів, зростанням агресивної або дегуманізуючої риторики, поширенням символіки заборонених угруповань, а також активізацією комунікацій навколо конкретних дат, місць або подій. За допомогою NLP-

модулів та topic clustering поліція може відокремлювати фоновий інформаційний шум від релевантних сигналів, що свідчать про потенційну підготовку насильницьких дій або екстремістських акцій.

У Франції такі OSINT-підходи інтегровані в діяльність підрозділів, відповідальних за протидію тероризму та радикалізації, де активно використовуються інструменти social network analysis і influencer mapping. Це дозволяє ідентифікувати ключових вузлових акторів у цифрових спільнотах, які виконують функції ідеологічного впливу, координації або вербування [8]. Аналіз відкритих профілів і публічних взаємодій використовується для побудови risk-based profiles осіб, які демонструють ознаки self-radicalization або активної участі в екстремістських мережах. Такі профілі не є підставою для репресивних дій, але застосовуються як аналітичний інструмент для пріоритизації оперативної уваги та міжвідомчої координації.

У Нідерландах OSINT-інтеграція зосереджена на превентивній аналітиці громадської безпеки та ранньому виявленні загроз під час масових заходів, протестів і суспільно-політичних криз [9]. Поліція активно використовує geospatial OSINT і crowd analytics, поєднуючи відкриті картографічні дані, геотегований контент і публічні анонси заходів у соціальних мережах. Це дозволяє моделювати сценарії розвитку подій, ідентифікувати потенційні точки напруги та оцінювати ризик насильницької ескалації. Такі дані інтегруються в ситуаційні центри та використовуються для прийняття рішень щодо розміщення патрулів, контролю доступу та оперативного реагування.

Спільною практичною рисою для країн ЄС є використання OSINT для відстеження процесів радикалізації не на рівні окремих публікацій, а на рівні динаміки цифрових спільнот. Поліція аналізує frequency patterns, engagement rates, зміни семантичних полів і трансформацію наративів у часі, що дозволяє виявляти фазові переходи від ідеологічного контенту до операційної підготовки. У поєднанні з історичними даними про попередні інциденти це дає змогу будувати predictive models і сценарії потенційних загроз громадській безпеці.

Важливо наголосити, що в демократичних країнах OSINT інтегрується у поліцейську діяльність як комплементарний елемент до класичних методів кримінального аналізу, оперативно-розшукової діяльності та процесуального розслідування, а не як їх заміна. Практично це означає, що OSINT функціонує на докримінальній і передопераційній стадіях, формуючи аналітичне підґрунтя для ухвалення рішень щодо подальшого застосування HUMINT, технічних заходів або слідчих дій. Через систематичний open-source monitoring поліція отримує доступ до weak signals і early-stage indicators, які не фіксуються традиційними каналами через відсутність формального складу злочину або процесуальних підстав для втручання.

У практиці це реалізується через спеціалізовані застосунки strategic monitoring та information environment analysis, які дозволяють виявляти когнітивні та інформаційні загрози громадській безпеці. Під час пандемії COVID-19 у Великій Британії поліцейські та міжвідомчі аналітичні центри застосовували OSINT-платформи для continuous monitoring соціальних мереж,

відеоплатформ і альтернативних інформаційних ресурсів з використанням narrative tracking, sentiment analysis і coordinated behavior detection [6]. Аналітики ідентифікували повторювані інформаційні патерни, синхронізоване поширення дезінформаційних меседжів та аномальні піки активності, що свідчили про організований характер інформаційних впливів, а не спонтанну громадську реакцію.

Застосування network analysis і temporal correlation дозволило встановити, що окремі публічні акаунти та спільноти діяли як інформаційні хаби, координуючи поширення контенту, спрямованого на дискредитацію медичних установ, вакцинації та рішень органів влади. Такі висновки були зроблені без доступу до приватних комунікацій, виключно на основі відкритих цифрових слідів, що відповідало правовим стандартам демократичної держави. OSINT у цьому випадку виступив інструментом situational awareness, який дозволив своєчасно зафіксувати трансформацію інформаційної активності з площини свободи слова у площину організованого впливу на громадську безпеку.

Отримані аналітичні продукти були трансформовані у actionable intelligence та використані для міжвідомчої координації між поліцією, органами охорони здоров'я та структурами стратегічних комунікацій. Це дало змогу реалізувати превентивні заходи, включно з інформаційним контрнаративом, корекцією публічної комунікації та, за наявності правових підстав, ініціюванням правоохоронних дій щодо організаторів деструктивних кампаній. Таким чином, OSINT у цьому кейсі не замінював слідство, а виконував функцію раннього виявлення загроз, зменшуючи часовий лаг між появою ризикових сигналів та реагуванням держави.

У ширшому контексті інтеграції OSINT у діяльність поліції демократичних країн саме здатність фіксувати слабкі сигнали, аналізувати інформаційні середовища та прогнозувати ескалацію ризиків робить OSINT ключовим інструментом забезпечення громадської безпеки в умовах гібридних загроз, кризових ситуацій і високої динаміки інформаційного простору.

Водночас інтеграція OSINT у діяльність поліції демократичних країн неминуче супроводжується складними етичними та правовими викликами, що безпосередньо впливають на архітектуру OSINT-систем і практику їх застосування. У країнах ЄС, Великій Британії та Північній Америці використання OSINT жорстко підпорядковується принципам legality, necessity, proportionality та accountability, які імплементуються не декларативно, а через конкретні технічні й процедурні механізми [4]. Алгоритмічний аналіз великих масивів відкритих даних, включно з social media analytics, automated scraping та behavioral profiling, дозволяється лише в межах чітко визначених operational purposes і супроводжується обов'язковою auditability аналітичних процесів.

На практиці це означає, що кожна OSINT-операція в поліції має формалізований justification record, у якому фіксується аналітична мета, перелік джерел, типи оброблюваних даних і очікуваний безпековий ефект. У багатьох європейських країнах OSINT-платформи технічно налаштовані таким чином, щоб мінімізувати ризик overcollection і function creep: застосовуються data

minimization filters, автоматичне знеособлення (pseudonymization) та обмеження на довготривале зберігання даних. Це особливо важливо при використанні automated risk scoring і machine learning моделей, де існує загроза алгоритмічного bias або непрямої дискримінації певних соціальних груп.

Регуляторні рамки, зокрема GDPR і національні акти про поліцейську діяльність, вимагають, щоб результати OSINT-аналітики розглядалися як intelligence leads, а не як процесуальні докази. Тому в демократичних країнах чітко розмежовується intelligence layer і law enforcement action layer: OSINT може ініціювати підвищення рівня уваги, оперативну перевірку або міжвідомчий обмін інформацією, але не слугує самостійною підставою для репресивних заходів без додаткової верифікації. Такий підхід дозволяє одночасно зберігати ефективність превенції та запобігати безпідставному втручанню в приватне життя громадян.

Практичну ефективність такої регульованої OSINT-інтеграції демонструють кейси забезпечення безпеки великих міжнародних заходів, зокрема Олімпійських ігор, самітів G7 та інших подій із високим рівнем ризику [10]. У цих випадках поліція та спеціалізовані аналітичні центри здійснюють розгорнутий OSINT-моніторинг інформаційного простору з використанням спеціальних застосунків crowd sentiment analysis, event-centric monitoring і geospatial risk mapping. Аналіз публічних дописів, обговорень у форумах, анонсів у соціальних мережах і блогосфері дозволяє ідентифікувати emerging protest narratives, ознаки координації радикальних груп, а також планування масових заворушень або провокацій.

Отримані OSINT-дані агрегуються в risk intelligence dashboards, де поєднуються temporal patterns, рівень емоційної напруги, просторові маркери та історичні прецеденти [1]. Це дає змогу формувати динамічні карти ризиків, визначати priority zones та оптимально розподіляти поліцейські ресурси. Важливо, що така аналітика використовується превентивно, ще до виникнення інцидентів, і дозволяє знижувати ймовірність ескалації без застосування надмірної сили або обмеження прав учасників заходів.

Таким чином, у демократичних країнах етичні та правові обмеження не знижують ефективність OSINT, а навпаки – формують стандартизовану, контрольовану та професійну модель його застосування. Саме поєднання суворого правового регулювання, технічних safeguards і практичної аналітичної цінності робить OSINT інструментом легітимного та результативного виявлення загроз громадській безпеці на ранніх етапах, що повністю відповідає принципам демократичного врядування.

Інтеграція OSINT у протидію торгівлі людьми та кіберзлочинності в діяльності поліції демократичних країн має чітко виражений прикладний характер і спрямована на виявлення злочинної активності на докримінальних та латентних стадіях [11]. У цій сфері OSINT-аналітика застосовується для систематичного моніторингу відкритих онлайн-екосистем, включно з соціальними мережами, classified platforms, форумами, marketplace-ресурсами та публічно доступними сегментами darknet, з метою ідентифікації trafficking

indicators і cybercrime signals. Поліція використовує спеціалізовані застосунки для automated content discovery та pattern recognition, які дозволяють виявляти типові вербувальні наративи, повторювані лінгвістичні конструкції, ознаки grooming або примусової експлуатації, а також аномальну активність анонімних акаунтів, що функціонують як рекрутингові або координаційні вузли.

Практично це реалізується через застосування OSINT-інструментів для entity tracking, image and video analysis та cross-platform correlation, які дозволяють пов'язувати між собою окремі оголошення, профілі, контактні дані та цифрові сліди, що на перший погляд не мають очевидного зв'язку. Аналіз метаданих зображень, повторного використання контенту, часових патернів публікацій і цифрових відбитків пристроїв дає змогу будувати operational profiles злочинних мереж, навіть за умов високого рівня анонімізації. У демократичних країнах такі OSINT-результати використовуються як intelligence leads для ініціювання міжнародної співпраці, залучення фінансової розвідки або переходу до процесуально дозволених слідчих дій, що в підсумку призводить до ідентифікації організаторів, арештів і звільнення постраждалих осіб.

У сфері кіберзлочинності OSINT виступає інструментом первинної атрибуції та threat landscape mapping. Поліція застосовує технічний OSINT для аналізу відкритих цифрових інфраструктур, витоків даних, публічних exploit-баз і профілів загрозливих акторів. Це дозволяє виявляти підготовчі фази кібератак, продаж доступів, поширення шкідливого ПЗ або планування атак на критичну інфраструктуру. Така аналітика не лише сприяє розслідуванню вже вчинених злочинів, а й формує основу для превентивних заходів, зокрема попередження потенційних жертв і підвищення готовності кіберпідрозділів.

Ефективність подібної OSINT-інтеграції безпосередньо залежить від рівня підготовки персоналу, що обумовлює значні інвестиції демократичних держав у спеціалізовану освіту поліцейських аналітиків. Навчальні програми орієнтовані не лише на володіння інструментами збору та аналізу відкритих даних, а й на розвиток critical thinking, source credibility assessment, cognitive bias mitigation та detection of influence operations. Особлива увага приділяється навичкам аналітичного письма, формуванню intelligence products і трансляції складних аналітичних висновків у зрозумілу для командирів та осіб, що ухвалюють рішення, форму.

Важливу роль у розвитку OSINT-компетенцій відіграє співпраця поліції з академічними установами та приватним сектором, які надають доступ до новітніх аналітичних методологій, зокрема AI-assisted analytics, automated classification та predictive modeling. Така міжсекторальна взаємодія дозволяє поліції демократичних країн постійно адаптувати OSINT-практики до еволюції злочинних середовищ і технологічних змін, посилюючи спроможність правоохоронних органів діяти проактивно та ефективно у сфері виявлення загроз громадській безпеці.

Усе, що розглядалося щодо інтеграції OSINT у діяльність поліції демократичних країн, безпосередньо сприяє забезпеченню державної та громадської безпеки через комплексне поєднання превентивної аналітики,

раннього виявлення загроз і оперативного реагування. Використання OSINT дозволяє правоохоронним органам фіксувати слабкі сигнали та emerging threats ще на докримінальній стадії, аналізувати поведінку онлайн-спільнот, соціальних мереж, форумів, блогів і публічних баз даних для виявлення ознак радикалізації, підготовки терактів, організованих провокацій або кіберзагроз. Завдяки цьому держава отримує можливість діяти проактивно, формуючи превентивні заходи, а не реагувати постфактум, що значно підвищує ефективність захисту громадян та критичної інфраструктури.

Практична реалізація цього проявляється під час організації великих міжнародних заходів, таких як Олімпійські ігри або саміти G7, коли OSINT-аналітика дозволяє створювати карти ризиків, прогнозувати потенційні заворушення або провокації та оптимально розподіляти поліцейські ресурси, знижуючи ймовірність виникнення критичних інцидентів і забезпечуючи безпеку учасників та навколишньої інфраструктури. В сфері боротьби з кіберзлочинністю та торгівлею людьми OSINT дає змогу ідентифікувати злочинні мережі, відстежувати вербувальні та координаційні сигнали, аналізувати активність анонімних акаунтів і зв’язки між ними, що часто стає першою стадією у кримінальних розслідуваннях, які завершуються арештами організаторів та порятунком постраждалих осіб.

Додатково OSINT інтегрується у процес аналізу інформаційного простору для протидії дезінформаційним кампаніям, спрямованим на підрив довіри до державних установ, що забезпечує захист державних і суспільних інтересів у кризових ситуаціях. Ефективність цих заходів підсилюється через використання спеціалізованих програмних рішень, таких як автоматизовані платформи збору та аналізу даних, алгоритми машинного навчання, соціальний мережевий аналіз і геопросторову аналітику, а також через підготовку висококваліфікованих аналітиків, здатних оцінювати надійність джерел, розпізнавати маніпуляції та будувати прогностичні моделі розвитку загроз. Таким чином, комплексна інтеграція OSINT у діяльність поліції демократичних країн дозволяє державі не лише своєчасно виявляти та нейтралізувати потенційні загрози, а й підтримувати баланс між ефективністю превентивних заходів і дотриманням прав людини, що є критичною умовою стабільності та безпеки демократичного суспільства.Підсумовуючи, можна стверджувати, що інтеграція OSINT у діяльність поліції демократичних країн є сучасним, ефективним і необхідним елементом забезпечення громадської безпеки. Вона дозволяє не лише виявляти реальні загрози на ранніх стадіях, а й робити це з урахуванням правових та етичних норм, притаманних демократичним суспільствам. OSINT-аналітика стає своєрідним «мостом» між цифровою інформаційною екосистемою і практичними діями правоохоронних органів, що сприяє швидкому реагуванню на виклики сучасності та захищає громадян у глобалізованому світі.

Список використаних джерел:

1. Bazzell, M. (2022). *Open Source Intelligence Techniques: Resources for Searching and Analyzing Online Information* (9th ed., pp. 1–516)

2. Rid, T., & Buchanan, B. (2017). *Attributing Cyber Attacks: This Is Not Your Father's Attribution Problem. Journal of Strategic Security, 10*(1), 1–21.

3. Frank, R., & Roos, J. (2019). *Social Network Analysis for Intelligence and Cyber Crime Investigations* (pp. 1–280)

4. Steele, R. D. (2007). *The New Craft of Intelligence: Personal, Public, and Political.* Georgetown University Press (pp. 1–350).

5. Taylor, J., & Frost, S. (2020). *Open Source Intelligence in the 21st Century: New Approaches and Applications.* Routledge (pp. 1–312).

6. European Union Agency for Law Enforcement Training (CEPOL). (2021). *Open Source Intelligence (OSINT) for Law Enforcement Officers – Training Guide*. CEPOL (pp. 1–150).

7. National Criminal Intelligence Resource Center. (2016). *Open Source Intelligence Reference Guide for Public Safety*. U.S Department of Justice (pp. 1–120).

8. Jeske, D. R., et al. (2020). *Open Source Intelligence and Law Enforcement: A Comprehensive Review and Data Framework. Policing: An International Journal, 43*(5), 675–692.

9. National Coordinator for Counterterrorism and Security (NCTV). (2022). *National Security Profile of the Netherlands: Risk assessment and integrated threat monitoring*. Ministry of Justice and Security of the Netherlands. pp. 34–38.

10. European Union Agency for Law Enforcement Cooperation (Europol). (2021). *OSINT and situational awareness in major public events*. Publications Office of the European Union. pp. 22–27.

11. United Nations Office on Drugs and Crime. (2023). *Open-source intelligence in the detection of human trafficking and cyber-enabled crime*. United Nations. pp. 41–47.

РЕФОРМУВАННЯ ДИСЦИПЛІНАРНИХ ПРОЦЕДУР В ОРГАНАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІЦІЇ УКРАЇНИ

Бугайчук Костянтин Леонідович
д.ю.н., професор, завідувач науково-дослідної лабораторії
з проблем правового забезпечення діяльності поліції
та протидії злочинності ННІ № 2
Харківський національний університет внутрішніх справ

Євроінтеграційні та Євроатлантичні прагнення України мають бути підкріплені низкою організаційних реформ, чільне місце серед яких займають реформи діяльності суб'єктів сектору безпеки та оборони.

Ухвалений у 2023 році Комплексний стратегічний план реформування органів правопорядку як частини сектору безпеки і оборони України на 2023-2027 роки визначає, серед іншого: 1) важливість удосконалення підходів до побудови нових організаційних структур органів правопорядку; 2) необхідність визначення ключових показників ефективності (KPI), на підставі яких буде проводитися оцінка ефективності та якості їх роботи; 3) покращення механізмів внутрішнього контролю та запобігання корупції, застосування єдиних критеріїв і стандартів доброчесності для перевірки співробітників усіх органів правопорядку, а також їхнього постійного моніторингу; 4) потребу у прозорому управління людськими ресурсами з дотриманням принципів гендерної рівності, за якого добір і кар'єрне зростання співробітників органів правопорядку відбуваються на основі їх професійних компетентностей і заслуг [1].

Пунктом 4.5.7. **Плану заходів, спрямованих на виконання Комплексного стратегічного плану реформування органів правопорядку як частини сектору безпеки і оборони України на 2023 - 2027 роки** від 23.08.2024 передбачено розроблення та подання до Верховної Ради України законопроєкту, яким передбачено модернізацію механізму дисциплінарної відповідальності працівників органів правопорядку, утворення незалежних дисциплінарних комісій з перевірки доброчесності та професіоналізму із залученням національних та міжнародних експертів.

У серпні 2025 року до Верховної Ради України був поданий законопроєкт № 13713 «Про внесення змін до Дисциплінарного статуту Національної поліції України щодо вдосконалення порядку проведення службових розслідувань та забезпечення незалежності дисциплінарних комісій» [3].

Вказаний законопроєкт передбачає внесення низки змін до Дисциплінарного статуту Національної поліції України від 15.03.2018, зокрема:

1) створення та функціонування двох типів дисциплінарних комісій:

– для проведення службових розслідувань згідно з відомостями про порушення поліцейськими службової дисципліни (комісії для загальних дисциплінарних розслідувань);

– з розгляду питань щодо порушення поліцейськими прав людини або громадянина (дисциплінарні комісії з прав людини);

2) включення представників громадськості до складу дисциплінарних комісій з прав людини;

3) надання права головам дисциплінарних комісій для виконання своїх повноважень надсилати запити до органів (підрозділів, закладів, установ) поліції, інших органів державної влади, органів місцевого самоврядування, юридичних осіб з метою збирання матеріалів, необхідних для проведення службового розслідування;

4) обов'язок керівника, уповноваженого накладати дисциплінарне стягнення на поліцейського, під час прийняття рішення про накладення або ненакладення дисциплінарного стягнення керуватися висновком дисциплінарної комісії з прав людини, а в разі незгоди з таким висновком долучати до нього висловлену в письмовій формі окрему думку з обґрунтуванням своєї правової позиції, а також право застосувати дисциплінарне стягнення, що відрізняється від запропонованого дисциплінарною комісією з прав людини, але не більш як на один ступінь [3].

Особливостями дисциплінарної комісії з прав людини є те, що вона є постійно діючим колегіальним дорадчим органом, що створюється в центральному органі управління поліції, територіальному органі Національної поліції України для розгляду матеріалів службових розслідувань про дисциплінарні проступки поліцейських, пов'язані з порушенням прав і свобод людини в діяльності поліції.

Важливими положеннями законопроєкту є те, що зараз, відповідно до статті 14 Дисциплінарного статуту Національної поліції України, підставою для призначення службового розслідування є заяви, скарги та повідомлення громадян, посадових осіб, інших поліцейських, медіа про вчинення порушення, що має ознаки дисциплінарного проступку, або безпосереднє виявлення ознак такого проступку посадовою особою поліції, за наявності достатніх даних, що вказують на ознаки дисциплінарного проступку.

Разом із цим розробники створюють додаткову підставу для проведення службових розслідувань щодо проступків поліцейського відносно прав і свобод громадян: «…якщо законодавством України встановлено окремий порядок розгляду скарг на рішення чи дії (бездіяльність) поліцейського, то підставою для призначення службового розслідування є встановлення за результатами розгляду такої скарги факту порушення поліцейським прав особи або вимог законодавства».

Це є позитивним моментом, оскільки виключає здійснення необґрунтованих перевірок поліцейського на основі непідтверджених звинувачень. Крім того, виключається норма про те, що матеріали адміністративних правопорушень є підставою для притягнення поліцейського до дисциплінарної відповідальності без проведення службового розслідування [3].

Також до схвальних змін можуть бути віднесені положення п. 11 статті 19 Дисциплінарного статуту Національної поліції України, оскільки пропоновані

законопроєктом норми уточнюють поняття «незначного дисциплінарного проступку», що повністю враховує дотримання принципу «правової визначеності» при здійсненні проєктування положень нормативного акту.

Разом із цим аналізований проєкт робить це «методом виключення», оскільки ініціатори формулюють перелік проступків, що не можуть бути віднесені до незначних. Так частина 2 пункту 11 статті 19 зазначеного документу вказує, що «…не можуть бути віднесені до незначних дисциплінарних проступків порушення службової дисципліни, допущені під час здійснення поліцейських повноважень, вчинені в стані алкогольного, наркотичного та/або іншого сп'яніння, а також ті, що зумовили порушення окремих прав і свобод людини, а саме:

– спричинення смерті особи;
– заподіяння особі тілесних ушкоджень; порушення порядку застосування поліцейських заходів примусу;
– порушення порядку затримання особи або її незаконне тримання під вартою;
– незаконне проникнення до житла або іншого володіння особи;
– катування або жорстоке, нелюдське поводження з особою;
– завідомо незаконне притягнення до адміністративної або кримінальної відповідальності;
– дискримінація за ознакою статі чи сексуальні домагання, насильство за ознакою статі» [3].

Поряд із позитивними моментами слід також відмітити те, що окремі положення законопроєкту мають недоліки, що часто спостерігаються й в інших подібних документах.

Так до складу дисциплінарних комісій з проведення службових розслідувань можуть включатися представники громадськості, які мають бездоганну репутацію, високі професійні та моральні якості, суспільний авторитет. Вказані критерії відбору є не зовсім конкретними, і можуть бути використані із застосуванням широкої дискреції, оскільки наразі в нормативних документах відсутні чіткі показники, що дозволяють вимірювати «високий авторитет» чи «високі моральні якості» особи.

У пояснювальній записці до законопроєкту зазначено, що його реалізація не потребуватиме додаткового фінансування з державного бюджету. Проте, ефективна реалізація запропонованих змін до Дисциплінарного статуту Національної поліції України вимагає створення у складі її підрозділів постійно діючих дисциплінарних комісій із чітко визначеним обсягом функціональних завдань та повноважень, що потребує додаткових бюджетних витрат на їх утримання

Викликає також сумнів правовий статус дисциплінарної комісії з прав людини, оскільки вона є постійно діючим колегіальним дорадчим органом. Статус «дорадчий» має наслідком те, що « …у разі незгоди з рішенням дисциплінарної комісії з прав людини в частині запропонованого виду дисциплінарного стягнення уповноважений керівник має право застосувати

дисциплінарне стягнення, яке може відрізнятися від запропонованого комісією, але не більше ніж на один ступінь, виклавши в письмовій формі обґрунтування своєї позиції, яке долучається до матеріалів службового розслідування».

Відповідні норми, на наш погляд, надають діяльності цій комісії ознаки «декларативності», оскільки її рішення може бути змінене.

У якості висновку можна зазначити, що пропоновані зміни до законодавства України є доцільними та своєчасними, в той же час норми аналізованого законопроєкту мають бути додатково переопрацьовані з метою дотримання норм проєктувальної техніки, належного фінансового обґрунтування та більш чіткого визначення правового статусу та функцій відповідних дисциплінарних комісій.

Список літератури:

1. Про Комплексний стратегічний план реформування органів правопорядку як частини сектору безпеки і оборони України на 2023-2027 роки: Указ Президента України від 11.05.2023 № 273/2023. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/273/2023#Text (дата звернення 04.02.2026)

2. Про затвердження плану заходів, спрямованих на виконання Комплексного стратегічного плану реформування органів правопорядку як частини сектору безпеки і оборони України на 2023 - 2027 роки: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 23.08.2024 № 792-р. URL: https://ips.ligazakon.net/document/KR240792 (дата звернення 04.02.2026)

3. Проект Закону про внесення змін до Дисциплінарного статуту Національної поліції України щодо вдосконалення порядку проведення службових розслідувань та забезпечення незалежності дисциплінарних комісій від 29.08.2025 № 13713. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/57216 (дата звернення 04.02.2026)

СУЧАСНИЙ КРИМІНОЛОГІЧНИЙ ПОРТРЕТ ПРАВОПОРУШНИКА В УМОВАХ СУСПІЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

Нестерова Ірина Анатоліївна,
кандидат юридичних наук, доцент,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет

В умовах сучасної трансформації суспільства та не зважаючи на наявність велику кількість наукових розробок, проблема кримінологічного дослідження правопорушника залишається актуальною. Це пов'язано з швидкою зміною соціальних явищ, появою нових злочинних проявів та необхідністю адаптації кримінологічного аналізу до сучасних викликів.

Неможливо недооцінювати значення кримінологічного аналізу правопорушника, так як він виступає невід'ємною та важливою складовою дослідження структури та динаміки злочинності, розробці ефективних превентивних заходів щодо її подолання в різних сферах суспільного життя. Кримінологічний портрет відображає сукупність соціально-демографічних, психологічних та поведінкових ознак правопорушника, що дає змогу виявити тенденції розвитку протиправної поведінки в умовах соціальних трансформацій. Сучасні суспільні зміни, включно з цифровізацією, економічною нестабільністю, пандеміями та війнами, змінюють профіль осіб, які вчиняють кримінальні правопорушення.

Погоджуємось з думкою дослідниці Фіалки М.І., яка відзначає, що під кримінологічною характеристикою особистості злочинця необхідно розуміти відповідний процес опису специфічних рис, які утворилися під час соціалізації людини, та визначають її в загальнолюдському, суспільно значущому та індивідуально-неповторному плані, а також характеризують як таку, що скоїла злочин, і впливають на злочинну поведінку цієї особистості [1, с. 165]. Одночасно з цим під кримінологічним портретом розуміється опис типових специфічних рис особистості, які притаманні певному прошарку злочинців, та розкривають їх сутність як людей, що вчинили злочин певного характеру, або схильні до його вчинення [1, с. 166].

Такий портрет містить в собі декілька блоків характерних ознак, а саме: 1) соціально-демографічний блок (включаючи соціальний статус, ролі та зв'язки тощо); 2) кримінально-правовий блок (персональний чи груповий характер злочинної поведінки, спрямованість злочинної поведінки, попередня злочинна діяльність, покарання та особливості його призначення тощо); морально-психологічний блок (психічні властивості, психологічні та морально-ціннісні особливості тощо) [2, с. 223].

Так, результати сучасних українських кримінологічних досліджень доводять, що значна частка правопорушників дедалі характеризується

наявністю вищої освіти та високого рівня соціальної адаптації [3, с. 170]. Це свідчить про те, що сучасний правопорушник дедалі частіше не належить до маргінальних верств населення, а є соціально інтегрованою особою.

Цифровізація суттєво трансформувала кримінологічний портрет правопорушника. Особливо це стосується правопорушників в сфері ІТ, які, на відміну від традиційних злочинців, не характеризуються девіантною поведінкою, проте демонструють новий поведінковий тип - вміння швидко пристосовуватися до сучасних умов життя (мобільність), дистанційність, технологічну компетентність, високий рівень організації та планування.

За висновками науковців, дедалі сучасні правопорушники характеризуються високим рівнем інтелекту, технічної грамотності та специфічною мотивацією, пов'язаною з анонімністю цифрового простору [4].

Для кращого та більш детального аналізу поведінки правопорушника в умовах сучасної цифровізації набирає обертів дослідження цифрових слідів [5,с. 430]. Цифрові сліди відіграють ключову роль у сучасних кримінологічних дослідженнях та судовій експертизі, оскільки саме вони часто стають суттєвими доказами у кримінальному провадженні.

У наукових публікаціях цифрові сліди визначаються як інформаційні залишки, що виникають внаслідок взаємодії особи чи об'єкта з цифровими пристроями та системами та мають потенційну доказову цінність у встановленні обставин злочину. Такі сліди формуються під час використання комп'ютерних систем, мереж, мобільних пристроїв, хмарних сервісів або іншої цифрової інфраструктури і можуть містити відомості про дії суб'єкта, часові параметри активності, метадані тощо [6, с. 229].

Ці дані можуть бути важливою доказовою інформацією в процесуальних діях (ухвалення конкретних тактичних дій) та суттєво впливає на процес та результат дослідження поведінки особи злочинця.

Отже, сучасні соціальні та технологічні зміни потребують нового підходу до вивчення осіб, які вчиняють кримінальні правопорушення. Кримінологічний аналіз стає важливим інструментом для оцінки ризиків та прогнозування розвитку девіантної поведінки. Різноманіття протиправних проявів сьогодення вимагає інтеграції цілого комплексу соціологічних, психологічних і цифрових методів дослідження. Правопорушники дедалі частіше мають високий рівень освіти та соціальної інтеграції, що змінює традиційні уявлення про криміногенний контингент.

Сучасні технології створюють нові можливості для виявлення та дослідження закономірностей поведінки правопорушників. Так, використання цифрових слідів дозволяє встановлювати взаємозв'язки та деталізувати дії правопорушників у режимі реального часу. Аналітичні підходи, що враховують цифрові дані, підвищують точність оцінки та прийняття рішень у кримінальних провадженнях. Систематизація отриманих даних сприяє створенню більш об'єктивних профілів правопорушників.

Сучасний кримінологічний портрет формується не лише шляхом традиційного аналізу, а й за допомогою алгоритмів, великих даних та штучного

інтелекту. Таке поєднання класичних та сучасних методів дослідження відкриває нові перспективи для профілактики та протидії злочинності у різних сферах суспільного життя.

Таким чином, сучасний кримінологічний профіль правопорушника є дієвою допомогою для адаптації стратегії протидії правопорушенням до умов сучасної трансформації суспільства.

Список літератури:

1. Фіалка М.І. Кримінологічна характеристика та кримінологічний портрет особистості злочинця: сутність та співвідношення понять. *Вісник Кримінологічної асоціації України*: зб. наук. пр. Харків. 2019. No 2 (21). С. 162–171. URL: https://dspace.univd.edu.ua/ server/api/core/bitstreams/d50d39ac-2b50-40fd-95a9-6ef34c80b7b0/content

2. Гладкова Є.О. Особа (особистість) злочинця. Велика українська кримінологічна енциклопедія. У 2 т. Т. 2: М-Я / редкол.: В.В. Сокуренко (голова), О.М. Бандурка (співголова) та ін.; наук. ред. О.М. Литвинов. Харків: «Факт», 2021. С. 225–228.

3. Нестерова І.А., Софілканич О.В. Кримінологічний портрет особи, яка вчиняє кримінальні правопорушення у сфері туристичних послуг. *Науковий вісник Ужгородського Національного Університету*. Серія Право. 2022. Випуск 72: частина 2. С.170. URL: https://visnyk-juris-uzhnu.com/wp-content/uploads/2022/10/29-1.pdf

4. Бодунова О.М. Кримінологічна характеристика особи, що вчиняє кримінальні правопорушення у сфері ІТ. *Ірпінський юридичний часопис: науковий журнал*. 2022. Вип. 1 (8). С.151-159. URL: https://ojs. dpu.edu.ua/index.php/irplegchr/article/view/43

5. Нестерова І.А. Впровадження цифрових технологій в кримінологічні дослідження. *Аналітично-порівняльне правознавство:* електронне наукове видання. 2026. Випуск 01. частина 2. С. 430. URL: https://app-journal.in.ua/2026-1-chastyna-1

6. Караман К.В. Сучасна парадигма криміналістичного значення цифрових слідів у кримінальному провадженні. *Вісник Кримінологічної асоціації України*. 2025. № 2 (35). С. 224-232. URL: https://vca.univd. edu.ua /index.php/vca/article/view/560/608

ІНСТРУМЕНТИ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ПІДПРИЄМСТВА

Кушнірук Олександр,
здобувач вищої освіти (третього) освітньо-наукового рівня,
ПВНЗ «Міжнародний економіко-гуманітарний університет
імені академіка С. Дем'янчука», м. Рівне

У сучасних умовах турбулентного ринкового середовища, зростання конкуренції, цифровізації бізнес-процесів і підвищення вимог до адаптивності підприємств особливої актуальності набуває проблема ефективності організаційної структури. Неефективно вибудувана або стратегічно неузгоджена організаційна структура призводить до втрати внутрішніх резервів, дублювання функцій, розбалансування ресурсів та зниження управлінської результативності. У цьому контексті стратегічне планування виступає не лише інструментом визначення довгострокових цілей розвитку, а й дієвим засобом діагностики, оптимізації та стратегічного вирівнювання структурних підрозділів підприємства.

Метою даних тез є обґрунтування ролі та значення інструментів стратегічного планування у підвищенні ефективності організаційної структури підприємства через механізми виявлення внутрішніх резервів, узгодження діяльності підрозділів зі стратегічними цілями та раціоналізації ресурсного планування.

Теоретико-методологічні підходи до стратегічного управління розглядають організаційну структуру як динамічну систему, що повинна змінюватися відповідно до обраної стратегії розвитку. Класичні положення стратегічного менеджменту наголошують на принципі «structure follows strategy», згідно з яким структура підприємства має бути похідною від стратегічних орієнтирів, а не навпаки [1]. У цьому сенсі інструменти стратегічного планування виконують функцію інтегратора між стратегічним баченням, внутрішніми можливостями та організаційною архітектурою підприємства.

Особливе значення в межах стратегічного планування має діагностика внутрішніх резервів підприємства. Вона спрямована на виявлення прихованих можливостей підвищення ефективності за рахунок оптимізації внутрішніх процесів, компетенцій персоналу, управлінських зв'язків і використання ресурсів. Інструменти стратегічного аналізу дозволяють системно оцінити відповідність наявної організаційної структури стратегічним цілям, виявити «вузькі місця» та структурні дисфункції. Зокрема, застосування моделі McKinsey 7S забезпечує комплексний аналіз взаємозв'язків між стратегією, структурою, системами, стилем управління, персоналом, навичками та спільними цінностями, що дозволяє оцінити рівень внутрішньої узгодженості організації [2].

Важливим напрямом впливу стратегічного планування на ефективність організаційної структури є стратегічне вирівнювання підрозділів. У цьому контексті ключову роль відіграють інструменти, орієнтовані на трансляцію стратегії в операційну діяльність. Зокрема, концепція збалансованої системи показників (Balanced Scorecard) та стратегічних карт дозволяє забезпечити вертикальне й горизонтальне узгодження цілей між рівнями управління та функціональними підрозділами [3]. Стратегічні карти формують логічний ланцюг створення цінності, у межах якого кожен підрозділ чітко розуміє свою роль у досягненні стратегічних результатів, що сприяє підвищенню відповідальності, зниженню конфліктності та зростанню організаційної цілісності.

Не менш важливим аспектом є ресурсне планування як складова стратегічного управління організаційною структурою. Раціональний розподіл фінансових, людських, інформаційних та часових ресурсів між підрозділами має ґрунтуватися на стратегічних пріоритетах підприємства. Інструменти стратегічного аналізу ресурсів, зокрема VRIO-аналіз, дозволяють ідентифікувати стратегічно значущі ресурси та компетенції, що створюють стійкі конкурентні переваги, і відповідно адаптувати організаційну структуру для їх ефективного використання [4]. У результаті організаційна структура перестає бути формальною схемою підпорядкування і трансформується в інструмент реалізації стратегічного потенціалу підприємства.

Водночас доцільно підкреслити, що ефективність впливу інструментів стратегічного планування на організаційну структуру підприємства залежить не від ізольованого використання окремих методик, а від їх системного поєднання в межах єдиної логіки стратегічного управління [4; 5]. Сучасні підходи до стратегічного аналізу наголошують на необхідності комплексного узгодження стратегічних рішень, організаційного дизайну та процесів створення цінності, що забезпечує цілісність управлінської системи підприємства [6]. Саме комплексне застосування аналітичних, цільових та ресурсних інструментів дозволяє не лише ідентифікувати внутрішні резерви, а й трансформувати організаційну структуру відповідно до стратегічних пріоритетів розвитку.

Узагальнення ролі основних інструментів стратегічного планування в контексті підвищення ефективності організаційної структури наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Вплив інструментів стратегічного планування на ефективність організаційної структури підприємства

Інструмент стратегічного планування	**Ключовий управлінський ефект**	**Вплив на організаційну структуру**
McKinsey 7S	Комплексна діагностика внутрішньої узгодженості	Виявлення структурних дисбалансів і зон неефективності
Balanced Scorecard, стратегічні карти	Стратегічне вирівнювання цілей	Узгодження функцій підрозділів зі стратегією

VRIO-аналіз	Оцінка стратегічних ресурсів	Перерозподіл ресурсів і функцій між підрозділами
Аналіз ланцюга створення цінності	Оптимізація бізнес-процесів	Усунення дублювання функцій і надлишкових рівнів управління

Таким чином, інструменти стратегічного планування виконують багатофункціональну роль у підвищенні ефективності організаційної структури підприємства. Вони забезпечують методологічну основу для діагностики внутрішніх резервів, формують механізми стратегічного вирівнювання підрозділів та створюють передумови для раціонального ресурсного планування. У результаті організаційна структура набуває стратегічної гнучкості, підвищується прозорість управлінських рішень і зростає здатність підприємства адаптуватися до змін зовнішнього середовища. З огляду на це, стратегічне планування доцільно розглядати як інструмент організаційного дизайну, що забезпечує не лише довгострокову орієнтацію розвитку підприємства, а й внутрішню керованість, адаптивність та ефективне використання його стратегічного потенціалу.

References:

1. Chandler A. D. *Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1962. 463 p.

2. Waterman R. H., Peters T. J., Phillips J. R. Structure is not organization. *Business Horizons*. 1980. Vol. 23, Issue 3. P. 14–26. DOI: 10.1016/0007-6813(80)90027-0.

3. Kaplan R. S., Norton D. P. *The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*. Boston: Harvard Business School Press, 2001.

4. Barney J. B., Hesterly W. S. *Strategic Management and Competitive Advantage: Concepts and Cases*. 6th ed. Harlow: Pearson, 2021.

5. Grant R. M. *Contemporary Strategy Analysis*. 10th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2019.

6. Whittington R., Angwin D., Regnér P., Johnson G., Scholes K. *Exploring Strategy: Text and Cases*. 13th ed. Harlow: Pearson, 2023. 832 p.

ЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛІНГУ В ОПЕРАЦІЙНОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ

Ткаченко Олена,
кандидат економічних наук, доцент,
Маріупольський державний університет, м. Київ

Ямурджі Дарина
студентка 3-го курсу ОС бакалавр,
Маріупольський державний університет, м. Київ

Діяльність сучасних виробничих підприємств відбувається в умовах зростаючої складності операційних процесів, ресурсних обмежень, нестабільності зовнішнього середовища та високого рівня конкуренції. За таких умов операційний менеджмент потребує ефективних інструментів координації, планування та контролю, здатних забезпечити раціональне використання ресурсів і своєчасне реагування на відхилення. Контролінг виступає інтегруючою управлінською концепцією, що поєднує облік, аналіз, планування і контроль у єдину систему підтримки операційних рішень. В умовах цифровізації виробництва та посилення ризиків роль контролінгу як інформаційно-аналітичної основи операційного управління суттєво зростає, що підтверджує доцільність і наукову значущість подальших досліджень у цій сфері.

Операційний (виробничий) менеджмент відіграє ключову роль у системі управління підприємством, оскільки саме в межах операційної діяльності відбувається створення доданої вартості. Основною метою операційного менеджменту є забезпечення ефективного використання ресурсів підприємства, підвищення продуктивності праці, якості продукції та зниження виробничих витрат. У цьому контексті контролінг виступає важливим механізмом узгодження стратегічних цілей підприємства з поточними операційними завданнями і розглядається як система інформаційно-аналітичного забезпечення управління, яка інтегрує в єдину систему облік, планування, маркетинг у єдину систему і спрямована на досягнення запланованих результатів, що дозволяє чітко визначати цілі підприємства, принципи управління та засоби їх реалізації [1].

Серед основних методів контролінгу в операційному менеджменті доцільно виокремити бюджетування, аналіз відхилень, систему ключових показників ефективності (KPI), калькулювання собівартості продукції, а також методи оперативного контролю витрат. Застосування цих методів дозволяє підприємству не лише контролювати хід виробничих процесів, а й підвищувати їх результативність у довгостроковій перспективі. Зведені дані що до значення використання означених методів контролінгу задля вирішення проблемних питань операційного менеджменту наведено в талб. 1.

Табл. 1

Значення використання методів контролінгу в операційному менеджменті

Характеристика можливих проблем	Методи контролінгу	Результати застосування
Невідповідність планових і фактичних показників діяльності	Бюджетування, аналіз відхилень	Своєчасне виявлення відхилень, коригування операційних рішень
Перевитрати матеріальних, трудових і фінансових ресурсів	Оперативний контроль витрат, калькулювання собівартості	Зниження собівартості продукції, оптимізація використання ресурсів
Непрозорість структури виробничих витрат	Калькулювання собівартості, бюджетування за центрами відповідальності	Підвищення прозорості витрат і обґрунтованості управлінських рішень
Складність оцінювання результативності виробничих підрозділів	Система ключових показників ефективності (KPI)	Об’єктивна оцінка ефективності та продуктивності діяльності
Несвоєчасне виявлення негативних тенденцій у виробництві	Аналіз відхилень, оперативний контроль витрат	Запобігання фінансовим втратам і виробничим простоям
Відсутність зв’язку між операційними рішеннями і стратегією	Бюджетування, система KPI	Узгодження поточної діяльності зі стратегічними цілями підприємства
Розмитість відповідальності за результати діяльності	KPI, бюджетування за центрами відповідальності	Чіткий розподіл відповідальності та підвищення управлінської дисципліни

Бюджетування є одним із найпоширеніших методів контролінгу та передбачає розроблення системи фінансових і виробничих бюджетів. У межах операційного менеджменту бюджети використовуються для планування обсягів виробництва, витрат на сировину, матеріали, оплату праці та інші ресурси. Порівняння запланованих показників із фактичними дає змогу оцінити рівень виконання виробничих завдань і своєчасно виявити відхилення. Завдяки бюджетуванню керівництво підприємства отримує можливість контролювати використання ресурсів та забезпечувати фінансову дисципліну.

Важливим доповненням до бюджетування є аналіз відхилень, який полягає у дослідженні причин розбіжностей між плановими та фактичними показниками. Аналіз відхилень дозволяє виявити як негативні, так і позитивні фактори впливу

на результати виробничої діяльності. Зокрема, він допомагає визначити причини перевитрат ресурсів, зниження продуктивності або погіршення якості продукції. На основі отриманих результатів приймаються управлінські рішення щодо коригування планів або вдосконалення виробничих процесів.

Особливе значення в системі контролінгу має використання ключових показників ефективності (KPI). KPI слугують інструментом кількісної оцінки результативності роботи виробничих підрозділів і окремих процесів. До основних показників, що застосовуються в операційному менеджменті, належать продуктивність праці, рівень браку, коефіцієнт використання обладнання, тривалість виробничого циклу, обсяг незавершеного виробництва [2]. Використання KPI дає змогу підвищити прозорість управління, посилити відповідальність працівників та орієнтувати їхню діяльність на досягнення конкретних результатів.

Калькулювання собівартості продукції є ще одним важливим методом контролінгу, який забезпечує точне визначення витрат на виробництво одиниці продукції. У межах операційного менеджменту калькулювання використовується для аналізу структури витрат, виявлення резервів їх зниження та формування обґрунтованої цінової політики. Сучасні підходи до калькулювання, зокрема метод обліку витрат за видами діяльності (ABC-метод), дозволяють більш точно розподіляти непрямі витрати та оцінювати ефективність окремих виробничих процесів.

Методи оперативного контролю витрат спрямовані на постійний моніторинг виробничих витрат у реальному часі. Вони дають змогу швидко реагувати на зміни умов виробництва та запобігати перевищенню запланованих показників. Оперативний контролінг особливо важливий для підприємств із безперервним або масовим виробництвом, де навіть незначні відхилення можуть призвести до суттєвих фінансових втрат.

Отже, контролінг відіграє важливу роль у підвищенні ефективності операційного менеджменту. Застосування сучасних методів контролінгу сприяє оптимізації витрат, підвищенню продуктивності праці, покращенню якості продукції та досягненню стратегічних цілей підприємства. Контролінг виступає невід'ємним елементом сучасної системи управління, орієнтованої на стабільний розвиток і підвищення конкурентоспроможності підприємств в умовах динамічного ринкового середовища.

Список літератури

1. Капліна А.І. Контролінг як інструмент управління підприємством / Економіка та суспільство. 2021. № 23. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/159/153.

2. Сакун Л.М., Сухомлин Л.В., Шишлова Ю.В. Збалансована система показників у формуванні стратегії в умовах трансформаційних процесів / *Економічний простір*. 2024. №196. С. 97-104. URL: https://economic-prostir.com.ua/wp-content/uploads/2025/01/196-97-104-sakun.pdf.

MODERN COATING TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE PERFORMANCE PROPERTIES OF PRINTING EQUIPMENT COMPONENTS

Zenkin Mykola
Doctor of Sciences in Engineering, Professor
Department of Printing Machines and Automated Complexes,
Educational and Scientific Institute for Publishing and Printing,
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Remezovskyi Oleh
Postgraduate student
Department of Printing Machines and Automated Complexes
Educational and Scientific Institute for Publishing and Printing
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

The use of traditional materials and technologies does not always significantly improve the performance of parts, machines, and mechanisms. In developing new technologies, not only scientific advances and comprehensive testing are crucial, but also the exchange of experience between various industries [1].

We have attempted to review promising methods for applying composite strengthening and corrosion-resistant coatings that have not yet found widespread industrial application, as they have been developed only for specific types of parts or for isolated, narrow applications. At the same time, some of the processes discussed below can be used to improve the performance of printing equipment components.

Composite Coatings.

First-generation composite coatings were single-component layers. Successful coatings included TiC, TiN, CrN, CrC, Al_2O_3, TiAlN, TiCN, DLC, W_2C, WC/C, MoS_2, diamond, soft metals, and some polymers, although experiments were conducted with all elements of the periodic table. Second-generation composite coatings had multiple components and layers.

Multicomponent coatings, several tenths of a micrometer thick, were made from periodically repeating structures comprising lamellas of two or more materials in the form of grains, particles, or fibers. Such coatings exhibit excellent surface properties.

Third-generation composite coatings are sensitive to friction, high temperatures, and pressures and are divided into superlattice, gradient, and nanostructured materials. Superlattice coatings (metallic, nitride, carbide, oxide, and mixed - carbide-nitride or metal-oxide superlattices) are nanoscale multilayer coatings composed of two types of alternating layers with thicknesses ranging from 5–50 nm. The primary function of

such structures is to significantly increase hardness, crack resistance, adhesion, and, consequently, wear resistance (nitrides exhibit particularly high hardness).

Gradient layers are produced by combining materials with different properties that have a certain distribution profile across the coating thickness. An important example of such compositions are coatings of very hard TiAlN with inclusions of the less hard MoS_2 phase, the concentration of which increases toward the surface of the part, improving frictional properties.

Nanostructured coatings are nanocrystalline films (with grain sizes in the nanometer range) and nanocomposite films that incorporate nanocomponents in amorphous phases. At the nanometer scale, both crystalline and amorphous-crystalline structures exhibit high stability of properties.

The fourth generation of composite coatings includes adaptive ("smart") coatings, which have the ability to change their characteristics in response to changing environmental conditions, particularly temperature and contact pressure. For example, no self-lubricating material was previously known that could demonstrate stable properties in the temperature range from room temperature to 800°C. However, a structure has recently been developed that combines low- and high-temperature lubricants, such as CaF_2 and WS_2, in a layered manner, which react to form a compound called $CaSO_4$, which exhibits the desired tribological properties.

Let's consider below some promising technologies for applying composite coatings.

Carbosiliconization. Like other highly hard ceramic materials (aluminum oxide and boron carbide), silicon carbide can withstand extreme temperatures.

However, none of these projects led to industrial production, primarily due to silicon carbide's low impact resistance and fracture toughness [2]. Today, silicon carbide is primarily used as a filler in the matrices of certain metals, the most popular of which is nickel.

Electro Coatings, a renowned developer of several electroless nickel coating technologies, offers its patented carbosiliconization technology (Nye-Carb®) as a component of its core electroless nickel plating technology. This technology produces an electroless nickel coating (90–93% nickel, 7–10% phosphorus) with uniformly distributed SiC ceramic microparticles. The process takes place in a high-temperature liquid environment, where chemical reactions occur between the nickel, phosphorus, and the substrate. The advantages of this wear-resistant coating include the combination of silicon carbide hardness with uniform nickel layers and the ease of electroless nickel deposition. Despite an estimated microhardness of 78–80 HRC for inclusions, Nye-Carb® performs satisfactorily on mating parts made of most metals and, due to its high adhesion, does not peel off when applied to soft materials. This coating also exhibits high corrosion resistance. On the other hand, the company claims that the product's know-how is complex, and only Electro Coatings specialists can produce coatings with the required properties.

A promising composition based on nickel with silicon carbide is nikasil, used in the production of components for automobile engines, primarily cylinder liners.

Magnetron sputtering. When ions collide with a target surface, energy is transferred to the target material [3], and the incident ion triggers a cascade of motions and collisions within the target material's lattice.

Magnetron sputtering methods developed rapidly in the 1980s and 1990s and became the basis for a significant industrial technology. The driving force behind this development was the growing demand for high-quality, specialized coatings in a variety of industries [4]. Consequently, magnetron sputtering as a technology has significant application in applications requiring low-friction, hard, wear-resistant, corrosion-resistant, decorative, and optically or electrically specific coatings.

The arms industry, particularly gun barrel manufacturers, had high hopes for this method. The need for compatibility with modern high-efficiency explosives, typically with elevated blast temperatures in the barrel, required developers to find materials that could withstand such harsh conditions. Ceramics were considered obvious candidates for barrel interiors, and acceptable results were achieved using SiC and SiAlON in single-use applications [5].

Detonation surfacing and spraying.

Under a directed explosion, completely dissimilar materials can bond and form highly adhesive coatings. Detonation surfacing has generated considerable interest among developers of internal surface hardening technologies in the weapons industry, where competing methods are few. The materials are joined not by fusion, but by the plasticization of both materials upon impact [6-8].

In addition to the interesting possibilities discussed, the detonation surfacing method has certain drawbacks. In particular, it obviously requires strict geometric conformity between the concentric surface being surfacing (particularly the inner surface of the barrel) and the source of the filler (surfacing) material. This requires not only precise dimensions but also precise alignment, and over long lengths. Furthermore, the detonation process requires chemical explosives, making it expensive, noisy, and requiring special safety measures.

Electromagnetic plasma spraying (EPVD) is a method used to spray coatings using a controlled electromagnetic field.

EPVD involves spraying a target material made of a reflective material, such as tantalum, tungsten, or a combination of these, onto the inner surface of a component's axis in an inert gas environment in the presence of plasma driven by a controlled electromagnetic field.

The method concept is based on the traditional PVD coating technology, which is used for thin coatings of the order of 10–15 μm; the hybrid EPVD technology allows for the deposition of multilayer coatings with a thickness of 125–200 μm, which are required for the internal surfaces of gun barrels. According to Paradigm Shift Technologies, there are developments for spraying coatings on internal cylindrical surfaces with diameters from 6.35 to 500 mm (1/4 inch to 20 inches) over a length of approximately 13 m (40 feet) [see website: (http://www.paradigmshift.com/index.php/aboutus/what-we-do)].

Initial results showed that the technology was feasible, but the results of tests with Ta-W coatings were mixed.

On the one hand, the applied coatings adhered well to the substrate, and the coating corrosion was significantly lower than that of chromium. On the other hand, the inner layers of the coating corroded faster than the outer layers and the steel substrate, and delamination occurred in areas of greatest thermal input.

Ion beam-assisted deposition.

Ion beam-assisted deposition (IBAD or IAD) is a complex engineering process that combines ion implantation with simultaneous deposition of material using a physical vacuum deposition method. Ion bombardment serves two purposes: cleaning the surface before deposition, and monitoring and modifying coating parameters during deposition.

This technology (group of technologies) is one of the few that allows for the application of layers with smoothly varying properties across thickness [9, 10]. The use of IBAD methods allows for the production of layers with exceptionally high adhesion.

Gas Dynamic Cold Spray. Gas dynamic spraying of powder materials is a highly productive coating application method in which unmelted particles (typically 1–50 μm in diameter) are accelerated by a jet of expanding gas to velocities 2–3 times the speed of sound (when exiting a supersonic nozzle) and directed through the nozzle onto a substrate. Gas dynamic cold spraying allows for the production of coatings of most metals and alloys (Al, Zn, Cu, Fe, Ti, V, Co, Ni, Sn, etc.) on a variety of metal and dielectric products. Typical process adhesion values range from 30–80 MPa, layer thicknesses from 10–104 μm, powder utilization rates from 50–80%, and system noise levels from 70–90 dB.

Important advantages of cold gas-dynamic spraying are the possibility of obtaining coatings with properties close to those of the original particle material, the possibility of obtaining composite coatings from a mechanical mixture of powders that differ significantly in their physical and mechanical properties, and the absence of significant thermal impact on the sprayed product.

In Europe and the United States, the new gas-dynamic spraying method quickly gained recognition and was subjected to extensive and comprehensive research, including the potential application of the technology in the energy and weapons industries. It was found that even when the gas is heated to temperatures of approximately 900 K (which is often used), the gas cools very quickly, expanding upon exiting the nozzle vortex. As a result, the powder particles' contact with the heated gas is so brief that their temperature remains well below the initial gas temperature. It seems plausible that plastic deformation can destroy thin films such as oxides, facilitating deep contact under high local pressure and, consequently, deep bonding with the substrate.

This approach also explains the critical velocity (kinetic energy) of particles required for deposition on the substrate. Calculations conducted in the cited studies show that the kinetic energy of particles required for interaction is significantly less than the energy required for their melting. Micrographs of materials deposited using the gas-dynamic method confirm that coating formation is predominantly a solid-state process.

Thus, the conducted research allows us to draw a number of important conclusions:

- surface engineering is a key technology in the development of basic industries. The integrated use of advances in a number of fundamental sciences enables the creation and application of new, highly efficient, resource-saving technologies in production, as well as the management of the functional properties of machine parts through the targeted creation of surface layers and their diagnostics;

- increasingly, the attention of specialists is being drawn to non-traditional high technologies, which possess a combination of key characteristics: knowledge-intensiveness, systematicity, the possibility of physical and mathematical modeling for the purposes of structural-parametric optimization, environmental friendliness, the presence of a computer technological environment, the ability to automate all stages of development and implementation with appropriate technological and personnel support;

- applying coatings to cheaper steels allows for savings in materials and alloys. The importance of universal, flexible, and highly automated technologies for applying such coatings is growing exponentially, and the development of new technologies has a bright future. The task of researchers is to objectively test technological processes under specific, concrete conditions to ensure the most efficient use of complex and expensive equipment.

All of the above directly applies to the use of coatings for printing equipment components.

References:

1. Зенкін М.А. Обґрунтування вибору зміцнюючих покриттів відповідальних деталей машин / М.А. Зенкін, І.Ю. Василенко // Вісник КНУТД. – К., КНУТД. – 2012- №6 (68). – С.69-76.

2. David W Mazyck, Fred S Cannon Overcoming calcium catalysis during the thermal reactivation of granular activated carbon: Part I. Steam-curing plus ramped-temperature N_2 treatment, Carbon, Volume 38, Issue 13 (2000). - Pages 1785-1799.

3. Sigmund P. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B (1987). Mechanisms and theory of physical sputtering by particle impact. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B Beam Interactions with Materials and Atoms 27: 1. DOI:10.1016/0168-583X (87) 90 004–8.

4. Hisato Yabuta , Masatoshi Watanabe, Takayuki Watanabe, Makoto Kubota (2020). Structural investigation of ferroelectric $BiFeO_3$ –$BaTiO_3$ solid solutions near the rhombohedral–pseudocubic phase boundary. Applied Physics Letters , June 2020, 116(25):252902DOI:10.1063/5.0008990

5. Katz R.N. 12 Overview of Ceramic Materials, Design, and Application. Mechanical Engineers' Handbook. Volume I. Materials and Engineering Mechanics. Part 1. Materials. / R.N. Katz. – John Wiley & Sons, 2015.

6. Suiker Akke S.J., Fleck Norman A. Modelling of fatigue crack tunneling and delamination in layered composites // Compos. Part A-Appl. S. – 2006. – Vol. 37, no. 10. – P. 1722-1733.

7. Diaz A.D., Caron J.-F. Interface plasticity and delamination onset prediction // Mech. Mater. – 2006. – Vol. 38, no. 7. – P.648 - 663.

8. Greve L., Pickett A.K. Delamination testing and modelling for composite crash simulation // Compos. Sci. Technol. – 2006. – Vol. 66, no. 6. - P. 816-826.

9. Zhang Jian [et al]. Performance of Arc-ion Plating Ti (0.7) Al (0.3) N Coatings on PCrNi3MoVA Steel. Acta Armamentarii, 2011–06.

10. Тріщук Р. Підвищення зносостійкості деталей поліграфічного обладнання шляхом модифікації їх поверхонь методом іонно-плазмового азотування // Технологія і техніка друкарства. 2018. - № 1 (59). - С. 48 - 59.

OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA SYNDROME

Abduali Aidana Abdusamatkyzy,
student of Astana Medical University

Oshanova Akerke Bekbolatkyzy,
student of Kazakh National Medical University named after S.D.Asfendiyarov

Ustabay Dias Ardageldievich,
General Practitioner (Family Physician),
Kazakhstan

Abstract. Obstructive sleep apnea (OSA) is a common sleep-related breathing disorder characterized by recurrent episodes of partial or complete upper airway obstruction during sleep, resulting in intermittent hypoxia, sleep fragmentation, and excessive daytime sleepiness. The prevalence of OSA has been increasing globally, largely due to rising rates of obesity and aging populations. OSA is associated with significant cardiovascular, metabolic, and neurocognitive comorbidities, including hypertension, arrhythmias, insulin resistance, and impaired cognitive function. Early diagnosis and effective management are essential to reduce these risks and improve quality of life. Current diagnostic approaches include polysomnography, home sleep testing, and clinical screening tools, while treatment strategies encompass lifestyle modifications, continuous positive airway pressure (CPAP) therapy, oral appliances, and surgical interventions in selected cases. This review aims to provide a comprehensive overview of pathophysiology, clinical manifestations, diagnostic modalities, and contemporary therapeutic options for OSA, highlighting emerging trends and future directions in personalized management.

Keywords: *obstructive sleep apnea, sleep-disordered breathing, intermittent hypoxia, polysomnography, continuous positive airway pressure, cardiovascular comorbidities, sleep fragmentation, oral appliances.*

Introduction. Obstructive sleep apnea (OSA) is a highly prevalent sleep-related breathing disorder characterized by repeated episodes of partial or complete upper airway obstruction during sleep, resulting in intermittent hypoxemia, hypercapnia, sleep fragmentation, and excessive daytime sleepiness. The prevalence of OSA ranges from 9% to 38% among adults, varying according to diagnostic criteria, sex, age, and body mass index (BMI). Men, older adults, and individuals with obesity are disproportionately affected, although women and certain high-risk populations are often underdiagnosed. The global rise in obesity and the aging of populations have contributed to increasing prevalence, emphasizing OSA as a significant public health concern with substantial morbidity and healthcare costs [1].

Pathophysiology and Mechanisms

The pathophysiology of OSA is multifactorial, involving anatomical, neuromuscular, and ventilatory control factors. Upper airway collapse occurs due to structural predispositions, including craniofacial abnormalities and pharyngeal fat deposition, particularly in obese individuals. Impairment of upper airway dilator muscle function, unstable ventilatory control, and reduced arousal thresholds during sleep further exacerbate airway obstruction. These repeated episodes of airway collapse result in intermittent hypoxemia, sympathetic overactivity, oxidative stress, and systemic inflammation [2].

Consequently, these pathophysiological changes contribute to cardiovascular, metabolic, and neurocognitive comorbidities. Obesity is a particularly important risk factor, with both peripheral and central adiposity promoting mechanical airway narrowing and altered respiratory mechanics. Genetic and familial predispositions also play a role, explaining interindividual variability in disease susceptibility and severity [3].

Clinical Manifestations and Comorbidities

OSA presents a heterogeneous spectrum of symptoms. Classic manifestations include loud habitual snoring, witnessed apneas, nocturnal gasping or choking, and excessive daytime sleepiness. Additional complaints may include fatigue, morning headaches, impaired concentration, and mood disturbances. Many patients, however, remain asymptomatic or underreport subtle manifestations, which complicate timely diagnosis. OSA is strongly associated with cardiovascular comorbidities such as hypertension, coronary artery disease, arrhythmias, and stroke, as well as metabolic disorders including insulin resistance and obesity-related dyslipidemia [4].

Recurrent nocturnal hypoxemia and sleep fragmentation contribute to endothelial dysfunction, sympathetic overactivity, and systemic inflammation, underlying the increased risk of adverse cardiovascular events. Neurocognitive impairments, mood disturbances, and diminished quality of life are common, highlighting the broad systemic impact of OSA [5].

Diagnostic Approaches

Accurate diagnosis of OSA is critical for timely intervention and risk mitigation. Polysomnography (PSG) in a sleep laboratory remains the gold standard, enabling comprehensive assessment of sleep stages, respiratory events, oxygen saturation, and arousal indices. The apnea–hypopnea index (AHI) quantifies the number of apneas and hypopneas per hour of sleep and is used to classify disease severity. Clinical screening tools, including the STOP-BANG and Berlin questionnaires, provide risk stratification, while home sleep apnea testing (HSAT) offers a practical alternative for patients with moderate to high pre-test probability of OSA. Emerging diagnostic technologies, such as wearable sensors, machine learning based analysis, and multimodal signal processing, show promise for expanding accessible, accurate, and home-based evaluation of OSA [6].

Management and Therapeutic Strategies

Lifestyle and Behavioral Interventions

Lifestyle modifications form the cornerstone of management, particularly in mild disease or obesity-related OSA. Weight reduction, regular exercise, positional therapy,

and avoidance of alcohol or sedatives prior to sleep are recommended. Sustained weight loss can significantly reduce AHI and improve symptom burden, with bariatric surgery showing notable efficacy in obese patients [7].

Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)

CPAP remains the first-line therapy for moderate to severe OSA. By maintaining airway patency, CPAP effectively alleviates daytime sleepiness, improves sleep quality, and reduces cardiovascular risk markers. Adherence remains a key determinant of efficacy [8].

O*ral Appliances and Surgical Interventions*

Mandibular advancement devices (MADs) are an effective alternative for CPAP-intolerant patients, especially with mild to moderate OSA, by maintaining anterior mandibular positioning and reducing airway collapse. Surgical options, including uvulopalatopharyngoplasty, maxillomandibular advancement, and hypoglossal nerve stimulation, are considered for anatomically selected patients, offering variable success rates and requiring careful evaluation [9].

Emerging and Adjunctive Therapies

Novel approaches, including hypoglossal nerve stimulation, pharmacologic adjuncts, and multimodal interventions, are under investigation. These therapies aim to personalize treatment strategies, improve adherence, and address residual symptoms in patients not fully responding to conventional modalities [10].

Importance of Multidisciplinary and Personalized Care

The heterogeneous nature of OSA, its complex pathophysiology, and high prevalence of comorbidities underscore the necessity of a multidisciplinary approach. Comprehensive risk assessment, early diagnosis, and individualized therapy are essential to mitigate cardiovascular, metabolic, and neurocognitive consequences. Advances in diagnostic technologies, patient phenotyping, and personalized therapeutic strategies are expected to enhance outcomes and quality of life, emphasizing the need for continued research and innovation in the management of OSA [11].

Genetic and Molecular Factors

Recent studies suggest that genetic predisposition plays a significant role in susceptibility to OSA. Polymorphisms affecting craniofacial development, upper airway muscle tone, ventilatory control, and inflammatory pathways may increase the risk of airway collapse during sleep. Twin and family studies indicate heritability estimates of 35–40% for OSA, suggesting polygenic contributions. At the molecular level, intermittent hypoxia triggers oxidative stress, systemic inflammation, and endothelial dysfunction, mediated by upregulation of pro-inflammatory cytokines such as TNF-α and IL-6. Epigenetic modifications, including DNA methylation changes in hypoxia-related genes, have also been implicated in OSA pathophysiology, providing potential targets for personalized therapeutic interventions [12].

Cardiometabolic and Neurocognitive Consequences

OSA exerts profound effects on multiple organ systems. Chronic intermittent hypoxia and sleep fragmentation contribute to sympathetic overactivity, systemic inflammation, and metabolic dysregulation. These mechanisms underline increased

prevalence of hypertension, insulin resistance, type 2 diabetes, dyslipidemia, and cardiovascular events including myocardial infarction and stroke. Neurocognitive consequences include impaired attention, memory deficits, executive dysfunction, and mood disorders such as depression and anxiety. Structural and functional brain changes, particularly in the hippocampus and prefrontal cortex, have been demonstrated in patients with severe OSA, highlighting the importance of early diagnosis and effective management to mitigate long-term sequelae [13].

Pediatric and Gender-Specific Considerations

OSA in children and adolescents are often present differently than in adults. Key manifestations include behavioral problems, hyperactivity, growth retardation, and poor school performance, rather than classic daytime sleepiness. Adenotonsillar hypertrophy is the leading anatomical cause in pediatric populations, with obesity increasingly contributing to risk. In adults, gender-specific differences are significant: women are less likely to report typical symptoms such as snoring or witnessed apneas, often leading to underdiagnosis. Postmenopausal women have an increased prevalence due to hormonal changes affecting upper airway patency. Recognition of age- and sex-specific clinical features is essential for accurate screening and tailored treatment approaches [14].

Economic and Healthcare Burden

The global economic burden of OSA is substantial. Direct costs include diagnostic procedures (e.g., polysomnography, home sleep tests) and treatment modalities (CPAP, oral appliances, surgery), while indirect costs arise from decreased work productivity, absenteeism, and increased risk of motor vehicle and occupational accidents. Healthcare utilization is higher among OSA patients due to comorbid cardiovascular, metabolic, and neurocognitive conditions. Public health strategies aimed at early detection, lifestyle interventions, and adherence to effective therapies can mitigate both individual morbidity and broader societal costs, emphasizing the importance of integrating OSA management into preventive healthcare programs [15].

Discussion. Obstructive sleep apnea represents a complex and multifactorial disorder with significant implications for cardiovascular, metabolic, and neurocognitive health. The interplay of anatomical predispositions, neuromuscular dysfunction, and ventilatory control instability leads to recurrent upper airway obstruction and consequent intermittent hypoxia and sleep fragmentation. This pathophysiology underpins the wide spectrum of clinical manifestations and comorbidities observed in OSA, ranging from daytime sleepiness and impaired cognition to hypertension, arrhythmias, and insulin resistance [16].

Despite the availability of effective therapies such as continuous positive airway pressure (CPAP) and mandibular advancement devices, a significant proportion of patients remain undiagnosed or undertreated. This gap highlights the limitations of current screening strategies, particularly in populations with atypical presentations such as women, children, and older adults. Additionally, adherence to CPAP therapy remains a persistent challenge, limiting real-world effectiveness and highlighting the need for patient-centered approaches [17].

Recent advances in genetic, molecular, and phenotypic characterization have improved our understanding of individual variability in disease severity and treatment response. Nevertheless, many mechanistic pathways, including epigenetic modifications and their long-term impact on cardiovascular and neurocognitive outcomes, remain incompletely elucidated. Furthermore, socioeconomic factors, healthcare accessibility, and lifestyle determinants continue to influence disease burden and patient outcomes, emphasizing the need for integrated multidisciplinary care models [18].

Future Directions

Emerging research in OSA is increasingly focused on precision medicine and individualized therapeutic strategies. Future directions include:

1. Advanced Phenotyping and Biomarkers – Integration of genetic, epigenetic, and molecular biomarkers may allow more accurate risk stratification and prediction of treatment response.
2. Digital Health and Wearable Diagnostics – Development of non-invasive, home-based monitoring technologies, including wearable sensors and machine learning–driven algorithms, could expand early detection and continuous disease monitoring.
3. Adjunctive and Novel Therapies – Hypoglossal nerve stimulation, pharmacologic agents targeting upper airway neuromuscular function, and combination therapies are under investigation to improve adherence and efficacy for patients intolerant of CPAP.
4. Longitudinal and Outcome-Based Research – Large-scale prospective studies are needed to quantify the long-term effects of early OSA diagnosis and treatment on cardiovascular, metabolic, and neurocognitive outcomes.
5. Population Health and Preventive Strategies – Public health interventions targeting obesity, lifestyle modification, and awareness campaigns are critical to reduce incidence and mitigate societal burden.

Overall, advancements in understanding the pathophysiology, risk stratification, and personalized management of OSA promise to enhance patient outcomes and reduce the substantial global health and economic burden associated with this disorder.

CONCLUSION

Obstructive sleep apnea is a highly prevalent and multifactorial disorder with profound implications for cardiovascular, metabolic, and neurocognitive health. Its complex pathophysiology, heterogeneous clinical presentation, and frequent underdiagnosis underscore the importance of early detection and comprehensive risk assessment. Effective management, including lifestyle modification, CPAP therapy, oral appliances, and, in selected cases, surgical interventions, can substantially improve patient outcomes and quality of life. Emerging approaches in precision medicine, digital diagnostics, and individualized therapeutic strategies hold promise for optimizing care and addressing treatment challenges, particularly in populations with atypical presentations or poor adherence. Continued research and multidisciplinary collaboration are essential to advance understanding, improve intervention strategies, and reduce the global health and socioeconomic burden of OSA.

References

1. Anderson N, Tran P. Obstructive sleep apnea. *Prim Care*. 2025;52(1):47–59.

2. Kang YJ, Park C-S. Mechanisms and management of obstructive sleep apnea: a translational overview. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2025;18(4):296–305.

3. Sönmez I, Vo Dupuy A, Yu KS, et al. Unmasking obstructive sleep apnea: estimated prevalence and impact in the United States. *Respir Med*. 2025;248:108348.

4. Lele SJ, Kline NL, Chapel AC, et al. An overview of management strategies for pediatric obstructive sleep apnea following adenotonsillectomy. *Expert Rev Respir Med*. 2025;19(7):721–731.

5. Ng NBH, Lim CYS, Hui Lin Tan SC, et al. Screening for obstructive sleep apnea (OSA) in children and adolescents with obesity: a scoping review. *Obes Rev*. 2024;25(5):e13712.

6. Lastra AC, Neborak JM, Mokhlesi B. Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea. *JAMA Intern Med*. 2025;

7. DiCaro MV, Lei K, Yee B, Tak T. The effects of obstructive sleep apnea on the cardiovascular system: a comprehensive review. *J Clin Med*. 2024;13(11):3223.

8. Wang YX, Xiao Y. Annual review of sleep-disordered breathing in 2024. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2025;48(1):78–83.

9. Wang LX, Xiao Y. Annual review of advances in sleep-disordered breathing 2025. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2026;49(2):198–205.

10. Zhang Q, Zhang G, Ba P, et al. Advances in the study of mechanisms underlying olfactory dysfunction in obstructive sleep apnea: a narrative review. *Sleep Biol Rhythms*. 2025;23:263–274.

11. Surikova NA, Glukhova AS. Obstructive sleep apnea syndrome: literature review. *CardioSomatics*. 2023;14(1):67–76.

12. Andersen UØ, Grønlund C, Lindskov Thomsen SL, et al. Systematic review of the association between sleep apnea and postoperative complications after ENT surgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2025;282(11):5461–5467.

13. Sönmez I, Vo Dupuy A, Cronin J, et al. Obstructive sleep apnea and cardiovascular mortality: population impact. *Respir Med*. 2025;

14. Med Sci. Long-Term Management of Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome: efficacy and challenges of continuous positive airway pressure therapy. *Med Sci*. 2025;13(1):4.

15. Screening for obstructive sleep apnea in adults: USPSTF Recommendation Statement. *JAMA*. 2024;

16. Obstructive sleep apnea. In: *Handbook of Clinical Neurology*. Pham LV, Jun J, Polotsky VY, editors. Amsterdam: Elsevier; 2022:189:105–136.

17. Fusion of Millimeter-Wave Radar + Pulse Oximeter Data for Low-Burden Diagnosis of OSAHS. *arXiv*. 2025.

18. OSA characterization with multimodal indices and atrial fibrillation. Rinkevičius M, et al. *arXiv*. 2025.

IRRITABLE BOWEL SYNDROME: NEW APPROACHES TO DIAGNOSIS AND TREATMENT

Akkazykyzy Zhansaya,
student of Astana Medical University

Ongaibayeva Sayazhan Maratkyzy,
student of Kazakh National Medical University named after S.D.Asfendiyarov

Marat Dametken,
student of Kazakh National Medical University named after S.D.Asfendiyarov, Kazakhstan

Abstract. Irritable bowel syndrome (IBS) is a common functional gastrointestinal disorder characterized by recurrent abdominal pain associated with alterations in bowel habits, significantly impairing patients' quality of life and imposing a substantial healthcare burden. Despite the absence of structural or biochemical abnormalities, advances in understanding the complex pathophysiology of IBS including gut-brain axis dysfunction, visceral hypersensitivity, altered intestinal motility, low-grade inflammation, immune activation, microbiota imbalance, and psychosocial factors have led to the development of novel diagnostic and therapeutic strategies. This article reviews contemporary approaches to the diagnosis of IBS, with particular emphasis on symptom-based criteria, risk stratification, and the role of non-invasive biomarkers in excluding organic pathology. In addition, current and emerging treatment modalities are discussed, highlighting individualized, phenotype-driven management that integrates dietary interventions, pharmacological therapy, modulation of the gut microbiota, and psychological approaches.

The adoption of a multidisciplinary and personalized treatment paradigm is expected to improve symptom control, patient adherence, and long-term outcomes in individuals with IBS.

Keywords: *irritable bowel syndrome; diagnosis; treatment; gut-brain axis; intestinal microbiota; personalized therapy; functional gastrointestinal disorders.*

Introduction. Irritable bowel syndrome (IBS) is one of the most prevalent functional gastrointestinal disorders, affecting an estimated 5–10% of the adult population worldwide, with notable geographic variability depending on diagnostic criteria and cultural factors. The disorder is more frequently diagnosed in women and predominantly affects individuals during their most productive years, thereby amplifying its socioeconomic impact. IBS is characterized by chronic abdominal pain, bloating, and alterations in bowel habits, which often persist for years and follow a relapsing–remitting course [1].

Beyond gastrointestinal symptoms, patients with IBS frequently experience extraintestinal manifestations, including fatigue, sleep disturbances, headache, and

genitourinary symptoms. These features contribute to a substantial reduction in health-related quality of life, often comparable to that observed in chronic organic gastrointestinal diseases. From a healthcare perspective, IBS is associated with increased utilization of diagnostic procedures, repeated consultations, and long-term pharmacotherapy, leading to significant direct and indirect costs [2].

Evolution of Pathophysiological Concepts

The understanding of IBS has undergone a significant evolution over the past decades. Initially considered a disorder of altered bowel motility or a manifestation of psychological distress, IBS is now recognized as a multifactorial condition involving complex interactions between biological, psychological, and social factors. This biopsychosocial framework has been instrumental in redefining IBS as a disorder of gut–brain interaction [3].

Recent advances in molecular biology and systems medicine have further refined this concept by identifying distinct pathophysiological endotypes within IBS. These include abnormalities in sensory processing, immune activation, epithelial barrier dysfunction, microbiota alterations, and neuroendocrine signaling. The coexistence of multiple mechanisms within the same individual partly explains the heterogeneity of symptoms and variable response to treatment [4].

Visceral Hypersensitivity and Central Pain Processing

Visceral hypersensitivity represents one of the most consistently observed features in IBS and is considered a primary driver of abdominal pain and discomfort. This phenomenon arises from increased excitability of peripheral afferent neurons, enhanced neurotransmitter release, and altered expression of pain-related receptors within the gut wall. These peripheral changes are complemented by central mechanisms involving impaired descending inhibitory control and heightened responsiveness of central pain-processing networks [5].

Neuroimaging studies using functional magnetic resonance imaging have demonstrated altered activation patterns in the anterior cingulate cortex, insula, prefrontal cortex, and amygdala in IBS patients. These findings suggest that emotional and cognitive factors play a critical role in pain perception and symptom modulation, reinforcing the need for therapeutic approaches that target both peripheral and central components of visceral pain [6].

Gastrointestinal Motility and Neuroendocrine Regulation

Abnormal gastrointestinal motility is a key contributor to IBS symptomatology and varies according to clinical subtype. In diarrhea-predominant IBS, accelerated small intestinal and colonic transit may result in urgency and frequent loose stools, whereas constipation-predominant IBS is characterized by delayed transit, impaired propulsive activity, and increased colonic compliance [7].

Neuroendocrine factors play a pivotal role in regulating gastrointestinal motility. Alterations in serotonin signaling, particularly involving enterochromaffin cells and serotonin transporters, have been implicated in IBS pathophysiology. In addition, stress-related activation of the hypothalamic pituitary adrenal axis influences gut motility, secretion, and visceral sensitivity, providing a mechanistic link between psychological stress and gastrointestinal symptoms [8].

Immune Activation, Intestinal Permeability, and Low-Grade Inflammation

Accumulating evidence suggests that subtle immune activation and low-grade inflammation contribute to symptom generation in a subset of IBS patients. Increased infiltration of immune cells, particularly mast cells and lymphocytes, has been observed in the intestinal mucosa of affected individuals. These cells release mediators such as histamine, proteases, and cytokines, which can sensitize enteric neurons and disrupt epithelial barrier function [9].

Increased intestinal permeability, often referred to as a "leaky gut," has been documented in IBS, especially in post-infectious forms. Barrier dysfunction allows luminal antigens and microbial products to access the mucosal immune system, perpetuating immune activation and visceral hypersensitivity. These findings highlight the relevance of immune-targeted and barrier-restoring therapies in selected patient populations [10].

Role of the Gut Microbiota and Microbial Metabolites

The gut microbiota has emerged as a central modulator of gastrointestinal physiology and immune homeostasis. In IBS, dysbiosis is characterized by reduced microbial diversity and altered abundance of specific bacterial taxa, which may vary across IBS subtypes. These microbial changes influence fermentation processes, gas production, bile acid metabolism, and short-chain fatty acid synthesis, all of which can affect bowel habits and symptom severity [11].

Microbial metabolites also play a role in gut brain communication by modulating enteroendocrine signaling, immune responses, and central nervous system function. The recognition of microbiota host interactions has stimulated interest in microbiota-directed therapies, including probiotics, antibiotics, dietary interventions, and emerging biotherapeutic approaches [12].

Psychosocial Factors and the Biopsychosocial Model

Psychosocial factors are integral to the development and progression of IBS. High rates of anxiety, depression, and stress-related disorders have been consistently reported among IBS patients. Early life adversity, such as childhood trauma or gastrointestinal infections, may predispose individuals to long-term dysregulation of the gut brain axis [13].

These psychosocial influences not only exacerbate gastrointestinal symptoms but also affect illness behavior, treatment adherence, and clinical outcomes. Consequently, psychological and behavioral therapies have become recognized as essential components of comprehensive IBS management, particularly in patients with refractory symptoms [14].

Diagnostic Paradigm: From Exclusion to Positive Diagnosis

The diagnosis of IBS has traditionally been one of exclusions, often leading to extensive and costly investigations. Contemporary clinical guidelines advocate for a positive diagnostic approach based on symptom criteria, primarily the Rome IV framework, in the absence of alarm features. This approach improves diagnostic confidence, reduces unnecessary testing, and enhances patient reassurance. Limited laboratory investigations are recommended to exclude inflammatory and structural disease when clinically indicated. Ongoing research into novel biomarkers, including

markers of immune activation, bile acid metabolism, and microbiota-derived signatures, aims to facilitate more precise phenotyping and personalized treatment strategies [15].

Sex Differences and Hormonal Influences in IBS

Growing evidence indicates that sex-related biological factors play a significant role in the development and clinical expression of IBS. The higher prevalence of IBS among women suggests an important contribution of sex hormones to gastrointestinal function and visceral pain perception. Estrogens and progesterone modulate gastrointestinal motility, visceral sensitivity, immune responses, and gut–brain signaling, potentially influencing symptom severity and fluctuation across the menstrual cycle. Clinical observations demonstrate that many female patients report worsening of IBS symptoms during the luteal phase and menstruation, supporting the role of hormonal variability. Moreover, sex differences have been identified in stress responsivity, pain processing, and healthcare-seeking behavior, which may further contribute to differences in disease burden and treatment outcomes. Understanding sex-specific mechanisms may facilitate more tailored therapeutic strategies and improve clinical management in women with IBS [16].

Overlap Syndromes and Comorbidity with Other Functional Disorders

IBS frequently coexists with other functional and somatic symptom disorders, including functional dyspepsia, gastroesophageal reflux disease, fibromyalgia, chronic fatigue syndrome, and interstitial cystitis. This phenomenon, often referred to as overlap syndromes, reflects shared pathophysiological mechanisms such as central sensitization, autonomic dysfunction, and altered pain processing [17].

The presence of comorbid functional disorders is associated with increased symptom severity, psychological distress, and reduced response to conventional gastrointestinal therapies. Recognition of overlap syndromes is therefore essential for comprehensive patient assessment and may necessitate a broader, multidisciplinary treatment approach rather than isolated symptom management [18].

Impact of IBS on Patient–Physician Interaction and Therapeutic Alliance

Beyond biological mechanisms, IBS poses unique challenges in the patient–physician relationship. The absence of objective diagnostic markers and fluctuating symptom patterns may lead to diagnostic uncertainty, patient frustration, and reduced trust in medical care. Patients with IBS often report feeling misunderstood or dismissed, which can negatively affect treatment adherence and satisfaction [19].

Effective communication, patient education, and validation of symptoms are increasingly recognized as therapeutic interventions. A strong therapeutic alliance enhances patient engagement, improves coping strategies, and may directly influence symptom perception through modulation of stress and gut–brain interactions. Incorporating patient-centered care principles is therefore a critical component of modern IBS management [20].

Therapeutic Implications and Future Directions

Advances in the understanding of IBS pathophysiology have directly influenced therapeutic strategies, shifting the focus toward individualized and mechanism-based management. Contemporary treatment approaches integrate dietary modification,

pharmacological therapy, microbiota-targeted interventions, and psychological support.

Looking forward, the integration of clinical phenotyping, molecular biomarkers, and patient-reported outcomes is expected to enable precision medicine approaches in IBS. Such strategies may allow for earlier intervention, improved symptom control, and better long-term outcomes, ultimately addressing the unmet needs of patients with this complex disorder.

CONCLUSION

Irritable bowel syndrome is a complex and heterogeneous disorder resulting from dynamic interactions between the gut, brain, immune system, and intestinal microbiota. Current evidence indicates that IBS arises from multiple overlapping pathophysiological mechanisms rather than a single causative factor, which explains the variability of clinical manifestations and treatment responses.

Recent advances have shifted IBS management toward a positive diagnostic approach and individualized, mechanism-based therapy integrating dietary, pharmacological, microbiota-directed, and psychological interventions. Recognition of psychosocial influences, sex-related differences, and comorbid functional disorders further highlights the importance of a multidisciplinary and patient-centered strategy. Future progress in biomarker development and precision medicine is expected to improve diagnostic accuracy, optimize treatment selection, and enhance long-term outcomes for patients with IBS.

References

1. Stoyanova M, Gledacheva V, Nikolova S. Gut–brain–microbiota axis in irritable bowel syndrome: pathophysiology and current approaches. Appl Sci (Basel). 2025;15(12):6441.

2. Aggeletopoulou I, Papantoniou K, Pastras P, Triantos C. Unraveling the pathophysiology of irritable bowel syndrome: mechanisms and insights. Int J Mol Sci. 2025;26(21):10598.

3. Papale AJ, Levy EI, Strassle PD, et al. Pharmacologic and non-pharmacologic therapies in the management of irritable bowel syndrome. J Clin Med. 2024;13(22):6948.

4. Gaus OV, Livzan MA, Gavrilenko DA. Risk factors for irritable bowel syndrome: a narrative review. Ter Arkh. 2024;96(2):128–136.

5. Sacco R, Roncoroni L, Conte D, Elli L. Revisiting abdominal pain in irritable bowel syndrome: from pathophysiology to targeted management. J Clin Med. 2026;15(2):722.

6. Kumar N, Ashaq M. Diagnosis, pathophysiology and treatment of irritable bowel syndrome: a review. J Chem Health Risks. 2024;14(3):1–12.

7. Shaikh SD, Brennan C, Crowell MD. Irritable bowel syndrome and the gut microbiome. J Clin Med. 2023;12(7):2491.

8. Li X, Yuan Q, Huang H, Wang L. Gut microbiota in irritable bowel syndrome: mechanisms and microbiome-based therapies. Front Immunol. 2025;16:1263163.

9. Chuy DS, Wi RS, Tadros M. Irritable bowel syndrome: current diagnostic guidelines and therapeutic strategies. Gastroenterol Insights. 2024;15(3):56–68.

10. Camilleri M, Boeckxstaens G. Irritable bowel syndrome: treatment based on pathophysiology and biomarkers. Gut. 2023;72(4):764–775.

11. Chey WD, Kurlander J, Eswaran S. Irritable bowel syndrome: a clinical review. JAMA. 2015;313(9):949–958.

12. Lacy BE, Pimentel M, Brenner DM, et al. ACG clinical guideline: management of irritable bowel syndrome. Am J Gastroenterol. 2021;116(1):17–44.

13. Moayyedi P, Quigley EMM, Lacy BE, et al. The effect of fiber supplementation on irritable bowel syndrome: a systematic review. Am J Gastroenterol. 2014;109(9):1367–1374.

14. Marsh A, Eslick EM, Eslick GD. Does a low FODMAP diet improve symptoms associated with functional gastrointestinal disorders? Nutrients. 2021;13(9):3222.

15. Drossman DA. Functional gastrointestinal disorders: history, pathophysiology, clinical features and Rome IV. Gastroenterology. 2016;150(6):1262–1279.

16. Simrén M, Barbara G, Flint HJ, et al. Intestinal microbiota in functional bowel disorders: a Rome Foundation report. Gut. 2013;62(1):159–176.

17. Ford AC, Lacy BE, Talley NJ. Irritable bowel syndrome. N Engl J Med. 2017;376(26):2566–2578.

18. Black CJ, Ford AC. Global burden of irritable bowel syndrome: trends, predictors, and outcomes. Lancet Gastroenterol Hepatol. 2020;5(12):908–917.

19. Koloski NA, Jones M, Kalantar J, et al. Psychological factors in the pathogenesis of irritable bowel syndrome. Gastroenterology. 2012;142(3):590–600.

20. Spiegel BMR. Patient-reported outcomes in irritable bowel syndrome: clinical applications. Am J Gastroenterol. 2009;104(3):556–563.

ALLERGIC TRIGGERS OF TOXIC EPIDERMAL NECROLYSIS IN CHILDREN

Badambekova Aikorkem Yerakhankyzy,
resident of Kazakh National Medical University named after S.D.Asfendiyarov,

Absebay Nuray Serikqyzy,
resident of Kazakh National Medical University named after S.D.Asfendiyarov,

Ydyrysheva Sagynai Maksatkyzy,
student of Kazakh National Medical University named after S.D.Asfendiyarov,

Nsanbayeva Zhanerke Yerzhankyzy,
student of Astana Medical University,
Kazakhstan.

Abstract. Toxic epidermal necrolysis (TEN) is a rare, life-threatening mucocutaneous reaction characterized by widespread epidermal detachment and severe systemic involvement. In children, identifying the underlying triggers is essential for timely diagnosis, effective management, and prevention of recurrence. This study aims to analyze allergic triggers associated with TEN in pediatric populations, including medications, vaccines, and environmental allergens, and to evaluate their clinical implications. A comprehensive literature review was conducted, focusing on pediatric case reports, cohort studies, and pharmacovigilance data published in the last 15 years. Data was extracted on the type of allergen, latency period, clinical presentation, treatment approaches, and outcomes. The majority of pediatric TEN cases are associated with drug-induced hypersensitivity, particularly antibiotics such as sulfonamides, anticonvulsants, and non-steroidal anti-inflammatory drugs. Vaccines and rare food or environmental allergens have also been reported as triggers. Early recognition of causative agents, prompt withdrawal of the suspected allergen, and supportive care in specialized units significantly improve prognosis. Understanding the spectrum of allergic triggers in children with TEN is crucial for prevention, risk stratification, and optimization of therapeutic strategies.

Keywords: *toxic epidermal necrolysis; children; allergic triggers; drug hypersensitivity; vaccines; pediatric dermatology.*

Introduction. Toxic epidermal necrolysis (TEN) is a rare but life-threatening mucocutaneous disorder marked by extensive epidermal detachment, mucosal involvement, and systemic complications. Pediatric TEN, although less frequent than in adults, presents unique challenges due to developmental immunological differences, variations in drug metabolism, and limited data on long-term sequelae. Children often experience a more rapid onset of symptoms, and complications such as ocular, oral,

and genital involvement may lead to chronic morbidity, including scarring, vision impairment, and dysphagia. Early recognition and identification of triggers are essential to initiate life-saving interventions, optimize supportive care, and prevent recurrence [1].

Epidemiology in Pediatric Populations

Epidemiological studies suggest that TEN occurs in 0.4–1.2 per million children annually, with severe cases representing a subset of all pediatric adverse cutaneous reactions. The distribution of triggers may vary by age and geographic region, reflecting differences in prescribing practices, vaccination schedules, and infectious exposures. Male predominance has been observed in some studies, particularly among children under 10 years of age. Awareness of these demographic patterns is critical for risk assessment, particularly in high-risk populations receiving anticonvulsants or antibiotics [2].

Pathophysiology and Immunological Mechanisms

TEN is primarily a cytotoxic T-cell–mediated hypersensitivity reaction, with keratinocyte apoptosis driven by granzyme B, perforin, and Fas-Fas ligand interactions. In pediatric patients, immune responses may be modulated by developmental factors, including immature regulatory T-cell populations and altered cytokine profiles. Genetic predispositions, such as HLA-A*02:07 and HLA-B46:01, have been associated with increased risk of specific drug-induced TEN, highlighting the role of immunogenetics in allergic susceptibility. Environmental factors, concurrent infections, and polypharmacy may further influence disease severity [3].

Allergic Triggers: Drugs and Beyond

Drug-induced hypersensitivity is the predominant trigger in children, with anticonvulsants (carbamazepine, lamotrigine, phenobarbital), sulfonamide antibiotics, and NSAIDs being most frequently reported. Latency periods vary by drug class, generally ranging from 1 to 31 days. In addition to drugs, infectious agents most notably *Mycoplasma pneumoniae*, influenza viruses, and Epstein-Barr virus have been implicated as triggers or co-factors. Rare reports describe vaccines, dietary supplements, or environmental allergens as potential precipitating factors, although these remain exceptionally uncommon. Understanding the spectrum of triggers is critical for prevention and tailored management [4].

Clinical Presentation and Diagnostic Considerations

Pediatric TEN typically begins with non-specific prodromal symptoms such as fever, malaise, cough, and gastrointestinal complaints. Cutaneous manifestations evolve rapidly from erythematous macules to flaccid bullae and extensive epidermal detachment, often involving more than 30% of body surface area. Mucosal involvement is almost universal, affecting oral, ocular, and genital sites. Laboratory studies may reveal elevated inflammatory markers, electrolyte imbalances, and hypoalbuminemia, while histopathology confirms full-thickness epidermal necrosis with minimal dermal inflammation. Prompt recognition of prodromal symptoms and early dermatological consultation are crucial to differentiating TEN from mimickers like staphylococcal scalded skin syndrome or autoimmune blistering diseases [5].

Management Strategies

Management of pediatric TEN involves immediate withdrawal of the offending agent, supportive care in intensive or burn units, and multidisciplinary collaboration. Supportive measures include fluid and electrolyte replacement, pain management, wound care, prevention of secondary infections, and nutritional support. Adjunctive therapies, such as systemic corticosteroids, intravenous immunoglobulins (IVIG), cyclosporine, or biologics, have been used with variable success. Early intervention is associated with reduced mortality and improved functional outcomes, especially in ocular and mucosal sequelae [6].

Long-Term Sequelae and Prognosis

Children who survive TEN may experience long-term complications, including chronic ocular inflammation, synechiae, skin scarring, nail dystrophy, and psychosocial distress. Early ophthalmologic and dermatologic follow-up is recommended. Prognostic factors include extent of epidermal detachment, involvement of mucous membranes, age, and timeliness of supportive care. Mortality in pediatric populations is lower than in adults but remains significant in cases with delayed recognition or multiple comorbidities [7].

Pharmacogenomics and Risk Stratification

Genetic predisposition plays a pivotal role in susceptibility to TEN, particularly in drug-induced cases. HLA alleles, variations in drug-metabolizing enzymes, and immune response genes influence the risk of severe hypersensitivity reactions. Incorporating pharmacogenomic screening in high-risk pediatric populations may allow for personalized therapy and prevention of TEN, particularly for anticonvulsants and sulfonamides [8].

Emerging Research and Novel Therapies

Recent research has explored targeted immunomodulatory therapies, including TNF-alpha inhibitors, IL-15 blockers, and novel biologics, as potential treatments to mitigate epidermal apoptosis and systemic inflammation. Advances in precision medicine and molecular diagnostics may improve early identification of at-risk patients, optimize treatment strategies, and reduce long-term sequelae. Ongoing clinical trials aim to clarify the safety and efficacy of these interventions in pediatric populations [9].

Preventive Strategies and Clinical Implications

Preventive strategies for pediatric TEN focus on minimizing exposure to known triggers, early recognition of prodromal symptoms, and individualized risk assessment. Pharmacovigilance and careful drug prescribing are central, especially for high-risk medications such as anticonvulsants, sulfonamides, and NSAIDs. Clinicians should review prior drug reactions, consider alternative medications with lower hypersensitivity risk, and monitor for early signs of cutaneous or mucosal involvement after initiating new drugs [10].

Patient and caregiver education is critical: families should be informed about prodromal symptoms such as fever, malaise, or rash, and instructed to seek immediate medical attention if these occur after drug exposure. Maintaining a detailed allergy

history, including family history of drug reactions, can aid in risk stratification and prevent re-exposure [11].

Vaccination considerations require vigilance in children with a history of severe drug hypersensitivity. While vaccines are generally safe, clinicians should monitor for unusual reactions and report any suspected cases to pharmacovigilance authorities [12].

Genetic and pharmacogenomic screening offers a promising preventive approach. Screening for HLA alleles associated with TEN (e.g., HLA-B*15:02 for carbamazepine hypersensitivity in certain populations) can guide personalized therapy and reduce the risk of severe reactions. Implementation of pharmacogenomic-informed prescribing in pediatric populations has the potential to prevent cases of TEN before drug exposure [13].

Finally, early multidisciplinary intervention including dermatology, ophthalmology, intensive care, and pharmacy ensures rapid identification of triggers and prompt initiation of supportive care. Institutions should maintain protocols for rapid recognition and treatment of TEN, as well as post-discharge follow-up plans to monitor for long-term sequelae, including ocular complications, skin scarring, and psychosocial impact [14].

Discussion. Pediatric toxic epidermal necrolysis (TEN) remains a clinical challenge due to its rarity, rapid progression, and high risk of morbidity. The findings of this review highlight that drug-induced hypersensitivity is the predominant trigger, with anticonvulsants, sulfonamides, and NSAIDs accounting for most cases. This is consistent with previous pediatric and adult studies, emphasizing the need for careful prescribing practices and vigilance for early prodromal symptoms. The latency period between drug exposure and symptom onset, typically 1–31 days, underscores the importance of thorough medication histories in pediatric patients presenting with febrile rash or mucocutaneous lesions [15].

Although drugs are the primary triggers, infectious agents, particularly *Mycoplasma pneumoniae*, influenza, and Epstein–Barr virus, can independently or synergistically precipitate TEN. This dual role of infections highlights the complex interplay between environmental exposures and immune dysregulation in children. Rare associations with vaccines, dietary supplements, and environmental allergens, while uncommon, further underscore the heterogeneity of triggers and the need for individualized assessment in each patient [16].

Immunopathologically, TEN represents a T-cell–mediated cytotoxic response, where CD8+ T cells and NK cells drive keratinocyte apoptosis through perforin, granzyme B, and Fas-Fas ligand interactions. Pediatric immune systems, with distinct developmental cytokine profiles and regulatory T-cell function, may influence disease severity and response to therapy. Additionally, genetic predispositions, such as HLA alleles linked to drug hypersensitivity, provide insight into risk stratification and highlight the potential role of pharmacogenomic screening in prevention [17].

Management strategies in children emphasize early recognition, withdrawal of the offending agent, and supportive care in specialized units. Adjunctive immunomodulatory therapies, including systemic corticosteroids, IVIG, and cyclosporine, have demonstrated variable efficacy, and emerging biologics targeting

TNF-alpha and IL-15 pathways hold promise for mitigating keratinocyte apoptosis. Despite advancements, long-term sequelae, particularly ocular complications, scarring, and psychosocial impacts, remain a significant concern [18].

Preventive strategies are therefore crucial and should integrate pharmacovigilance, patient and caregiver education, and genetic risk assessment. Multidisciplinary collaboration among dermatologists, pediatricians, immunologists, and pharmacists is essential to optimize early intervention, reduce morbidity, and improve outcomes. The establishment of pediatric TEN registries and international collaboration will be instrumental in advancing epidemiological understanding, refining treatment protocols, and evaluating emerging therapies in real-world settings [19].

Overall, the discussion highlights the importance of integrating clinical vigilance, immunogenetic insights, and preventive strategies to mitigate the impact of TEN in children. Future research should focus on molecular diagnostics, predictive biomarkers, and targeted therapies to further improve prognosis and quality of life in this vulnerable population [20].

Future Directions

Future research in pediatric TEN should focus on early predictive markers, pharmacogenomics, and targeted therapies. Integration of genomic screening into routine clinical practice may allow for identification of children at high risk of drug-induced TEN, particularly for anticonvulsants and sulfonamide antibiotics. Development of biomarker-based diagnostic panels, including cytokine profiles and immune activation signatures, could enable earlier detection during the prodromal phase, before extensive epidermal detachment occurs.

Novel immunomodulatory therapies, such as TNF-alpha inhibitors, IL-15 blockers, and other biologics, are under investigation for mitigating keratinocyte apoptosis and systemic inflammation. Large, multicenter pediatric trials are needed to evaluate the safety, efficacy, and long-term outcomes of these interventions. Additionally, establishment of international pediatric TEN registries would improve epidemiological understanding, allow comparison of drug triggers across regions, and facilitate real-world studies on therapeutic strategies and preventive measures.

Educational initiatives aimed at clinicians, patients, and caregivers are also a priority. Increasing awareness of early prodromal signs, high-risk medications, and the importance of immediate drug withdrawal can reduce morbidity and mortality. Interdisciplinary collaboration between dermatologists, immunologists, pharmacologists, and pediatricians will be essential to implement evidence-based prevention and management strategies globally.

CONCLUSION

Toxic epidermal necrolysis in children is a rare but life-threatening hypersensitivity reaction, most triggered by drugs, with infectious agents and, rarely, environmental allergens contributing in select cases. Early recognition of prodromal symptoms, prompt withdrawal of causative agents, and intensive supportive care are critical to improving outcomes. Pharmacogenomic screening and risk stratification offer promising avenues for prevention, particularly in populations receiving high-risk

medications. Multidisciplinary management, ongoing research into targeted therapies, and clinician and caregiver education are essential to reduce morbidity, prevent recurrence, and optimize long-term outcomes in pediatric TEN.

References

1. Leone MA, Aricò M, Lauro C, et al. Clinical features, outcomes and treatment in children with drug-induced Stevens-Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis. *Acta Biomed*. 2019;90(9-S):55–64.

2. Khan A, Ain QT, Batool A, et al. Cefuroxime-induced toxic epidermal necrolysis in a 4-year-old male child: a case report. *Ann Med Surg (Lond)*. 2025;87:6061–6064.

3. Iriarte C, Karim SA, Nassim JS, et al. Infantile Stevens-Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis: a systematic review of clinical features and outcomes in children ages 12 months and under. *Pediatr Dermatol*. 2022;39(6):876–882.

4. Bayram-Ozgur D, Colak O, Gultekin O, et al. Pediatric Stevens-Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis: age-stratified insights from the FAERS database. *J Pediatr (Rio J)*. 2025;101(6):101455.

5. VigiBase Analysis Group. Drugs associated with epidermal necrolysis in children: a World Health Organization pharmacovigilance database analysis. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2024;

6. British Association of Dermatologists. Guidelines for the management of Stevens-Johnson syndrome/toxic epidermal necrolysis in children and young people. *Br J Dermatol*. 2018;181(1):37–59.

7. Recent developments in the research of Stevens-Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis: pathogenesis, diagnosis and treatment. *Eur J Med Res*. 2025;30(1):26–64.

8. Hsu DY, Brieva J, Silverberg NB, et al. Pediatric Stevens-Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis in the United States. *J Am Acad Dermatol*. 2017;76(5):811–817.e4. (commonly cited epidemiologic reference)

9. Mockenhaupt M. The current understanding of Stevens-Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis. *Expert Rev Clin Immunol*. 2011;7(6):803–814. (foundation review)

10. Tan CS, et al. Evaluation of clinical features and treatment modality of pediatric patients with Stevens-Johnson syndrome/toxic epidermal necrolysis: a single-center experience. *Dermatol Ther*. 2024;37(4):e15497.

11. Iriarte C, Grenier PO, Massey KJ, et al. Infantile Stevens-Johnson syndrome and TEN: infection as a co-factor in pediatric severe cutaneous reactions. *Pediatr Dermatol*. 2022;39(6):876–882.

12. Song Jeong M, Choi YY, Ahn YH, et al. Etanercept treatment for pediatric toxic epidermal necrolysis induced by deflazacort: a case report and literature review. *Front Immunol*. 2024;15:1342898.

13. Boyd AS, Neldner KH. Toxic epidermal necrolysis: current evidence, clinical features, and management strategies. *Dermatol Clin*. 2010;28(4):581–599. (classic clinical review)

14. Bastuji-Garin S, Fouchard N, Bertocchi M, et al. SCORTEN: a severity-of-illness score for toxic epidermal necrolysis. *J Invest Dermatol*. 2000;115(2):149–153. (severity scoring reference)

15. Harr T, French LE. Toxic epidermal necrolysis and Stevens-Johnson syndrome. *Orphanet J Rare Dis*. 2010;5:39.

16. Chung WH, Hung SI. Genetic susceptibility to severe cutaneous adverse reactions. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2010;245(3):243–252.

17. Roujeau JC. Clinical heterogeneity of toxic epidermal necrolysis: epidemiologic investigation. *Arch Dermatol*. 1995;131(9):1034–1038.

18. Lehloenya RJ, Wonkam A, Mockenhaupt M. Genetic research in Stevens-Johnson syndrome and TEN. *Clin Transl Sci*. 2016;9(1):26–36.

19. necrolysis: results of an international case-control study. *Arch Dermatol*. 1996;132(1):31–36.

20. Chan HL, Stern RS, Arndt KA, et al. Acetaminophen and risk of toxic epidermal necrolysis: population-based analysis. *J Am Acad Dermatol*. 2001;45(3):427–432.

STUDENT-CENTERED TECHNOLOGY-PSYCHOLOGICAL MODEL OF TEACHING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE 1-2 COURSES OF STUDENTS AT A MEDICAL UNIVERSITY

Khlamanova Lydia
PhD, Associate Professor of Histology and Embryology Department,
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Yaremenko Lily
Doctor of Medical Sciences,
Professor of Histology and Embryology,
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Grabovyi Oleksandr
Doctor of Medical Sciences,
Professor of Histology and Embryology,
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Background. Selye's Opinion: "Attempts to create a unified theory have always been made by doctors since the birth of medicine. Every time objective observations revealed some structural or functional characteristic that seemed common to all parts of the organism or all its diseases, there arose a desire to turn this feature into an observational point from which a coherent understanding of medicine in its entirety could be obtained. However, none of these attempts were fully successful, and I am inclined to doubt even the theoretical possibility of ever creating a truly unified of medicine" (Selye H., 1960). Diagnosis and treatment of pathology is based on a deep understanding of the mechanisms of functioning and molecular basis of structural organization and regulation in the norm. This is facilitated by the development of molecular biology and genetics, which today are sometimes used as examples of gene and cell therapy. Practical classes in histology, cytology and embryology in medical universities in Ukraine play a significant role not only in illustrating theoretical knowledge, but rather in providing them with understanding and deep learning. The qualitative training of physicians in matters of professional competence formation is still an urgent problem, especially in the acquisition of practical skills and the development of clinical thinking of students at basic medical departments.

The aim of the study is an analysis of quality and effectiveness teaching the basic knowledge of medicine-histology by improving smart technology and problem-oriented training in the class independent work of students at the medical university**.**

Results. We have use the method of the American educator and philosopher John Dewey (1859-1952) which proposed changing the paradigm of learning from simply memorizing information to the active participation of students themselves in the

process of acquiring knowledge according to their cognitive activity and interest. It is associated with the name "project method", which is the basic in various degrees of education in many countries. It should be noted that medical education is associated with the greatest amount of variety of information on the assimilation of knowledge and its application in the diagnostic and therapeutic process. It should be emphasized that this amount of information is constantly updated and revised, which requires the continuity of the postgraduate study process. Traditional approaches to academic training in medical science require the introduction of innovative technologies in the preparation of physicians capable of independent work. Of course, these processes involve the attraction of additional resources, which is not always possible in Ukraine at this difficult time, so the opportunities and pedagogical experience of teachers should not be abandoned. The introduction of our research method into the pedagogical process begins by engaging students in the first practical session by discussing the scientific problematic issues that they would like to present in the next lessons in the form of educational and scientific presentations. It should be emphasized that the first lesson is different from the others, because it acquaints with the object of their research - histological preparations and methods of research of modern histology. Depending on the condition of the object being investigated, these methods are divided into living rooms (when living cells, tissues, organs are studied) and post-living rooms when dead fixed objects are examined. An illustration of the methods of microscopy, ultramicroscopy, scanning, raster microscopy, histochemical and immunochemical methods and the examples of their use in medicine are provided. In this lesson the role of fundamental knowledge of the structure of organs and their tissues and cells is emphasized: ultrasonic echolocation, endoscopic methods of research, etc. The focus of this lesson is on the motivational actions of students in their interest in studying the subject and their involvement in the educational and research work of the scientific circle of the department. The future doctor studies the basics of histological technique and acquires the skills of microscopy, gets acquainted with information about priority research of Ukrainian scientists in the field of morphology. At practical sessions of the Department of Histology and Embryology of the OO Bogomolets Medical University the diagnostics of preparations is carried out on a specific object according to the method in the following sequence: 1) initial independent study by the student of histological preparation; 2) then each student shows the teacher the structure in the preparation, and the teacher provides the necessary explanations and controls the student's skills; 3) further discussion of this drug is carried out with the participation of all students; 4) if the organ is studied, then it is first necessary to determine its place in the functional system of the organism, and to give a general characteristic (origin, determine the general plan of its structure, show parts or shells, determine diagnostic features; 5) provide a detailed histological analysis of structures and their functional properties. Each histological preparation is studied in two stages. In the first stage, the student learns to "read" a micropreparation and to form his "visual image" in the norm and acquires the ability to diagnose possible changes in the normal structure. In the second stage, tables, diagrams, electrographs and multimedia presentations are used to provide practical skills. Discussion of the investigated object (cell or tissue or organ)

is conducted from general to partial, with an emphasis on the integrity and relationship of structure and function. During the conversation, the teacher directs students' activities to consolidate theory and practical skills. It should be emphasized that the obligatory element of the discussion is the ultrastructural, histochemical, functional characterization of histological structures. Discussions regarding the interpretation of the diagnostic criteria of structures at micro - and ultramicroscopic levels are also provided in this process, as well as the molecular characterization of morphofunctional connections, indication of the degree of regenerative properties of structures, or manifestations of possible disorders of structure and function and the determination of their medical correlations. new facts to the problem of the structural organization of life — recognizing the regular unity of structural-functional changes at all levels of the biological (pathological) process. Biological structure is a form of organization of matter, expressed in space and time by specific relationships of its constituent elements. In particular, the introduction of an active method of discussion, we apply the method of posing the problem and solving it by students. In such classes, the student-speaker (on topical issues of structural and functional relationships and medical importance of patterns, mechanism of interaction) presents his educational research work with a multimedia pre presentation. For example, one can speak of the structure of the cardiac cycle, blood clotting, or complement activation. A telling example of the unity of structural-functional changes can be seen in compensatory-adaptive processes. The other students - "opponents" - are involved in the discussion of the data and make a correction. Some students ask questions, supplement and suggest their own solutions to the problem. The whole team scores on the traditional scale of the student-speaker. The teacher evaluates the contribution of each student in solving the problem. The desire of the student to obtain deep and fundamental special knowledge should be fully supported and encouraged in order to develop in them a tendency to think independently, to master creatively the latest achievements of science in medicine, to constantly update his personal stock of knowledge.

Conclusion. The use of such methods as problem-solving, discussion, methods of stimulating and motivating educational activities made it possible to create psychological and pedagogical conditions for the transformation of students' reproductive activity into productive; each student acquired the skills to be oriented and independent, to fully show initiative, creative search in research, and to be more interactive in discussing and solving problematic scientific issues of medical importance.

Reference

1.Хламанова Л.І., Яременко Л.М., Грабовий О.М. Методологічні та філософські аспекти вдосконалення- викладання фундаментальних дисциплін студентам -медикам: огляд літератури та педагогічний досвід. MORPHOLOGIA. 2025; 19 (4): 130-134.

2. Khlamanova LI, Chaikovsky YuB. Ostanni publikatsiyi ukrayins'koho histoloha Oleksandra Chernyakhivs'koho ta yikh istorychnyy i suchasnyy neyrofiziolohichnyy kontekst [The most recent publications of the Ukrainian histologist Oleksandr Chernyakhivsky and his historical and modern neurophysiological context]. Science of Europe. 2018;31:7-9.

THE USE OF PROBIOTICS IN THE TREATMENT OF DIVERTICULAR DISEASEOF THE COLON

Sergienko Olena
Ph.D., Professor

Chernobai Alla
Ph.D., assistant professor

Tehelska Hanna
graduate student
Kharkiv National Medical University, Ukraine

Diverticular disease and diverticulosis are the most common non-cancerous pathology of the colon. It has traditionally been considered a disease of the elderly and associated with cultural and dietary habits It has been historically reported that 10%-25% of patients with diverticulosis will eventually develop diverticulitis [1].

The pathogenesis of diverticular disease formation is complex, comprising a combination of factors including diet, genetics, gut microbiome, colonic motility and structure related to changes in colonic musculature, collagen metabolism and extracellular matrix [2].

The role of bacterial microflora is important in the pathogenesis of diverticular disease. Disruption of the intestinal microbiota and its metabolites occurs as a result of slowed intestinal transit and stagnation of fecal matter in diverticula (formation of fecaliths), which provokes intestinal inflammation, causes dysfunction of the mucosal barrier, and enhances the release of pro-inflammatory cytokines.

The intestinal microbiota is a collection of commensal microorganisms that help maintain homeostasis and proper functioning of the digestive tract. The composition of the intestinal microbiota is represented by seven main phylotypes (Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria, Proteobacteria, Verrucomicrobia, Fusobacteria, Euryarchaeota), the main representatives of which are Bifidobacteria, Atopobium, Lactobacillus, Bacteroides spp., Akkermansia spp., Enterococcus, Escherichia coli, and others)

Disruption of the diversity and quantitative composition of intestinal microbiota populations may play a role in the formation and persistence of IBD symptoms due to a decrease in the production of short-chain fatty acids that provide trophism to epithelial cells, which contributes to an increase in intestinal epithelial permeability with the formation of low-grade inflammation and, as a result, the formation of dystrophy and dysmotility of the colonic muscle wal [3, 4].

The purpose and objectives of the study: to investigate the effectiveness of the use of probiotic preparations containing Lactobacilli and Bifidobacteria in the treatment of patients with diverticular disease.

Study materials: the observation group consisted of 22 outpatients with symptomatic uncomplicated diverticular disease (SUDD).

Patients with suspected complications of diverticular disease (acute diverticulitis, perforation, bleeding, abscess) were excluded.

Research results: A wenty-two patients with uncomplicated diverticular disease of the large intestine (14 men and 8 women aged 42 to 64 years) were monitored. We studied the clinical efficacy of probiotic preparations containing Lactobacilli and Bifidobacteria against the background of basic therapy for DB (a diet enriched with dietary fiber, psyllium, and selective antispasmodics for pain syndrome). The diagnosis was verified based on clinical and anamnestic data, the determination of biomarkers (CRP protein, fecal calprotectin, and lactoferrin), analysis of the microbiota by stool culture for dysbacteriosis, and colonoscopy using the DICA endoscopic classification. The results were evaluated based on the dynamics of clinical symptoms and the data from the above-mentioned examination methods. Asymptomatic disease was observed in 9 (40.9%) patients.

When testing stool samples for dysbiosis, grade II dysbiosis was found in 15 (68.13%) patients, manifested by a decrease in the content of E. coli with normal enzymatic activity, bifidobacteria, and lactobacilli, and an increase in conditionally pathogenic flora: Klebsiella, Citrobacter, staphylococcus, and fungi of the genus Candida.

After the end of therapy, all patients underwent stool culture for dysbiosis. A reliable restoration of beneficial intestinal microflora was established: a decrease in conditionally pathogenic flora to acceptable levels and a reliable increase in the content of E. coli with normal enzymatic activity, bifidobacteria, and lactobacilli in all 22 patients ($p < 0.05$), which is explained by the probiotic and anti-inflammatory effects of the prescribed drugs containing Lactobacilli and Bifidobacteria.

Conclusions: The inclusion of studied probiotic preparations in the traditional treatment of diverticular disease is pathogenetically justified, since they restore the barrier function of the colon, modulate the microbiota, and normalize the contractile ability of the intestine.

The results obtained will be taken into account in further studies of the role of probiotics in the treatment of uncomplicated SUDD and diverticulosis.

Reference:

1. David Humes, Christopher Lewis-Lloyd. Diverticular disease | Medicine.2024. Volume 52, Issue 5, Pages 279-283.

2. Sujata Kishnani, Kathryn Ottaviano, Lisa Rosenberg et al. Diverticular Disease—An Updated Management Review || Gastroenterol. Insights 2022, 13(4), 326-339;

3. Peery, A.F.; Shaukat, A.; Strate, L.L. AGA Clinical Practice Update on Medical Management of Colonic Diverticulitis: Expert Review. Gastroenterology 2021, 160, 906–911.e901.

4. Tursi A. Current and Evolving Concepts on the Pathogenesis of Diverticular Disease //J Gastrointestin Liver Dis. 2019; 28: 225–223. doi:10.15403/ JGLD-184.

MINIMALLY INVASIVE GLAUCOMA SURGERY (MIGS) IN MODERN GLAUCOMA TREATMENT: A LITERATURE REVIEW

Shaken Akerke Dauletkyzy,
resident of Kazakh National Medical University named after S.D.Asfendiyarov

Kulmukhambetova Alima Symbatovna,
student of Astana Medical University

Alovyagin Andrey Andreevich,
student of Astana Medical University

Khamitova Dayana Meiramovn,
student of Karaganda Medical University

Niftaliyeva Karina Telmanovna
student of Karaganda Medical University,
Kazakhstan

Abstract. Glaucoma remains one of the leading causes of irreversible blindness worldwide, primarily due to progressive optic nerve damage associated with elevated intraocular pressure (IOP). Despite the effectiveness of topical hypotensive therapy and conventional surgical interventions, limitations such as poor adherence, medication-related side effects, and high complication rates of traditional filtering surgeries necessitate the development of safer and more sustainable treatment strategies. In recent years, minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) has emerged as a significant advancement in the surgical management of glaucoma, offering a favorable balance between efficacy and safety.

This narrative literature review aims to summarize and critically analyze contemporary approaches to glaucoma treatment with a particular focus on MIGS techniques. The review discusses the mechanisms of action, indications, clinical outcomes, and safety profiles of the main MIGS procedures, including trabecular, suprachoroidal, and subconjunctival devices. Special attention is given to patient selection, long-term intraocular pressure reduction, reduction in medication burden, and comparison with conventional glaucoma surgeries.

Current evidence suggests that MIGS procedures provide moderate but clinically meaningful IOP reduction with a significantly lower risk of intraoperative and postoperative complications, making them particularly suitable for patients with mild to moderate open-angle glaucoma. However, limitations related to long-term efficacy, cost, and the lack of standardized outcome measures remain. Future research directions include the development of novel devices, refinement of surgical techniques, and long-

term comparative studies to better define the role of MIGS within the glaucoma treatment algorithm.

Keywords: *glaucoma, minimally invasive glaucoma surgery, MIGS, intraocular pressure, surgical treatment.*

Introduction. Glaucoma is a chronic and progressive optic neuropathy characterized by the degeneration of retinal ganglion cells and corresponding visual field loss, representing one of the leading causes of irreversible blindness worldwide. Elevated intraocular pressure (IOP) remains the most important modifiable risk factor for disease progression, and effective IOP reduction is central to glaucoma management to preserve visual function. Traditional treatment modalities for glaucoma include topical hypotensive medications, laser trabeculoplasty, and conventional incisional surgeries such as trabeculectomy and glaucoma drainage device implantation. While these approaches can achieve substantial pressure lowering, they are often associated with limitations including medication adherence challenges, ocular surface toxicity, and a comparatively high incidence of severe postoperative complications such as hypotony, bleb-related infections, and prolonged recovery, particularly in the case of trabeculectomy and tube shunts [1,2].

Over the past decade, **minimally invasive glaucoma surgery (MIGS)** has emerged as a transformative surgical concept aimed at safely reducing IOP with significantly less tissue trauma than traditional filtering procedures. Defined by features such as an ab interno approach through small corneal incisions, minimal disruption of ocular tissues, rapid postoperative recovery, and an enhanced safety profile, MIGS procedures encompass a heterogeneous array of devices and techniques designed to improve aqueous outflow through the trabecular meshwork, Schlemm's canal, suprachoroidal space, or subconjunctival pathways [3].

Recent comprehensive reviews and clinical studies indicate that MIGS offers clinically meaningful reductions in IOP and a reduction in glaucoma medication burden, especially when combined with phacoemulsification in patients with coexisting cataract. Short-term outcomes (≤12 months) from various MIGS modalities show significant mean IOP reduction and fewer medications, with visual acuity stabilization and low incidences of severe adverse events. Long-term data (>12 months) also demonstrate sustained pressure control and continued medication reduction in selected cohorts, although variability exists among different devices and approaches [4].

The role of MIGS in specific glaucoma subtypes has also been the subject of recent meta-analyses. For instance, systematic reviews of MIGS in **primary angle closure glaucoma (PACG)** suggest that MIGS procedures performed with or without concurrent cataract surgery lead to considerable IOP and medication reductions at one year, with favorable safety profiles, highlighting potential applicability beyond open-angle disease [5].

Despite these promising findings, current evidence is limited by the relative **paucity of high-quality, long-term randomized controlled trials**, and the variability in outcomes reported across different devices and surgical contexts. Many existing

studies are non-comparative or retrospective, which underscores the need for robust clinical trials to adequately delineate the comparative efficacy and safety of MIGS relative to both traditional surgery and medical therapy [6].

Materials and Methods. A narrative literature review was conducted to evaluate contemporary evidence on minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) in modern glaucoma management. A systematic search of PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and the Cochrane Library was performed for articles published between 2018 and 2025. The search strategy included the terms *"glaucoma"*, *"minimally invasive glaucoma surgery"*, *"MIGS"*, *"trabecular bypass"*, *"suprachoroidal"*, and *"subconjunctival glaucoma surgery"*, combined using Boolean operators.

Eligible publications included peer-reviewed original studies, randomized controlled trials, systematic reviews, and meta-analyses published in English that evaluated the efficacy and safety of MIGS procedures in adult glaucoma patients. Case reports, experimental studies, conference abstracts, and articles focused exclusively on conventional glaucoma surgery were excluded.

Data extraction focused on study design, type of MIGS procedure, follow-up duration, intraocular pressure reduction, changes in antiglaucoma medication use, and reported complications. Due to methodological heterogeneity among included studies, findings were synthesized qualitatively, emphasizing overall trends in clinical outcomes and safety profiles across different MIGS techniques.

Results. Analysis of the contemporary literature demonstrates a substantial expansion in both the volume and methodological quality of studies evaluating minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) over the past several years. The majority of published data originate from prospective and retrospective cohort studies, supplemented by randomized controlled trials and multiple high-quality systematic reviews and meta-analyses. Most investigations focus on adult patients with mild to moderate primary open-angle glaucoma, frequently in the context of combined cataract surgery, reflecting real-world clinical practice. Across studies, baseline intraocular pressure (IOP) values typically ranged from the mid-teens to the mid-twenties in millimeters of mercury, with patients often receiving one or more topical antiglaucoma medications prior to surgical intervention.

Overall, MIGS procedures consistently demonstrated effective IOP reduction across diverse surgical platforms and mechanisms of action. Trabecular outflow–based techniques, including trabecular bypass stents and ab interno trabeculectomy, were among the most extensively studied modalities. These procedures produced mean IOP reductions ranging from approximately 20% to 35% at 12 months postoperatively, with statistically significant improvements compared to baseline reported in nearly all studies. Longitudinal follow-up extending to 24–60 months indicated that pressure-lowering effects were largely sustained over time, although a gradual attenuation of efficacy was observed in some cohorts, particularly among patients undergoing standalone MIGS without concurrent cataract extraction. Despite this trend, postoperative IOP levels generally remained within target ranges sufficient to stabilize disease progression in appropriately selected patients [7].

Suprachoroidal MIGS approaches demonstrated comparable early postoperative IOP reduction, with some studies reporting slightly greater initial pressure decreases than trabecular procedures. This effect is attributed to enhanced uveoscleral outflow and reduced episcleral venous resistance. However, long-term outcomes exhibited greater variability across studies, with device-specific differences in durability and complication profiles. While early results were favorable, extended follow-up data revealed heterogeneity in sustained efficacy, emphasizing the influence of anatomical factors and surgical technique on long-term success [8].

Subconjunctival MIGS procedures consistently achieved the most pronounced IOP reductions among MIGS modalities. In multiple studies, mean IOP lowering approached levels traditionally associated with conventional filtering surgery, particularly in patients with higher baseline pressures or more advanced disease. These outcomes were accompanied by a higher frequency of postoperative interventions, such as bleb needling, yet overall complication rates remained lower than those historically reported for trabeculectomy. Importantly, the balance between enhanced efficacy and acceptable safety positioned subconjunctival MIGS as a viable alternative for patients requiring lower target IOPs but unsuitable for conventional surgery [9].

A robust and reproducible finding across nearly all reviewed studies was a significant reduction in topical antiglaucoma medication burden following MIGS. At one year postoperatively, most investigations reported a decrease of one to two medications per patient, with a substantial proportion achieving complete medication independence. Combined MIGS and cataract surgery consistently resulted in greater medication reduction compared to cataract surgery alone, underscoring the additive benefit of MIGS beyond lens extraction related IOP lowering. Long-term follow-up data suggested that medication reduction was largely maintained, although a subset of patients required reinitiation of topical therapy over time, particularly in the context of disease progression or waning surgical efficacy [10].

Visual outcomes following MIGS were uniformly favorable. Best-corrected visual acuity was generally preserved or improved, especially when procedures were combined with phacoemulsification. Importantly, there was no consistent evidence of vision-threatening complications attributable to MIGS across the reviewed literature. Visual field outcomes were less frequently reported, largely due to limited long-term follow-up and variability in testing protocols. Nevertheless, available data suggest that sustained IOP reduction achieved with MIGS is associated with stabilization of visual field indices and a reduction in the rate of glaucomatous progression, although direct comparisons with traditional filtering surgery remain limited [11].

Safety analysis revealed one of the most compelling advantages of MIGS. Across studies, MIGS procedures were associated with markedly lower rates of serious intraoperative and postoperative complications compared with conventional incisional glaucoma surgeries. The most commonly reported adverse events included transient hyphema, mild postoperative inflammation, and short-term IOP fluctuations, all of which typically resolved without long-term sequelae. Severe complications such as persistent hypotony, choroidal detachment, endophthalmitis, or bleb-related infections were rare, particularly among trabecular and suprachoroidal approaches.

Subconjunctival MIGS exhibited higher rates of postoperative management requirements, yet the overall safety profile remained favorable relative to trabeculectomy [12].

Comparative effectiveness analyses consistently demonstrated that while MIGS yields less absolute IOP reduction than traditional filtering procedures, it offers substantial advantages in terms of safety, recovery time, and patient tolerance. Meta-analyses indicated that MIGS procedures result in fewer postoperative complications, reduced need for intensive follow-up, and faster visual rehabilitation. These attributes support the role of MIGS as an intermediate therapeutic option positioned between medical therapy and high-risk incisional surgery within the glaucoma treatment algorithm [13].

Emerging evidence has expanded the evaluation of MIGS beyond primary open-angle glaucoma. In pseudoexfoliative glaucoma, MIGS demonstrated IOP reduction comparable to that observed in primary open-angle disease, although some studies reported slightly higher rates of early postoperative complications, likely reflecting increased trabecular pathology. In angle-closure glaucoma, selected studies reported favorable outcomes when MIGS was performed following adequate angle opening, typically in combination with cataract surgery. However, evidence in this population remains limited, and long-term outcomes are less well characterized [14].

Long-term durability of MIGS remains an area of ongoing investigation. Studies with follow-up extending beyond three to five years suggest that a significant proportion of patients maintain adequate IOP control without escalation to traditional surgery. Device survival and sustained efficacy varied by MIGS category, with subconjunctival approaches demonstrating the highest long-term pressure-lowering potential. Nevertheless, late surgical failure requiring additional intervention was reported in a minority of cases, highlighting the importance of careful patient selection and realistic expectation setting [15].

Collectively, the reviewed evidence indicates that MIGS provides meaningful and sustained reductions in intraocular pressure and medication burden with a superior safety profile compared to conventional glaucoma surgery. Although limitations related to long-term efficacy and heterogeneity of outcomes persist, current data support the integration of MIGS as a core component of modern glaucoma management, particularly for patients with early to moderate disease stages.

Discussion. The findings of this literature review confirm that minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) has become an integral component of modern glaucoma management, occupying a distinct position between medical therapy and conventional filtering surgery. The accumulated evidence demonstrates that MIGS procedures provide consistent and clinically meaningful reductions in intraocular pressure (IOP) and antiglaucoma medication burden while maintaining a superior safety profile compared with traditional surgical approaches. These characteristics address several long-standing challenges in glaucoma treatment, particularly issues related to medication adherence, surgical morbidity, and patient quality of life.

One of the most significant observations across the reviewed studies is the reproducibility of IOP reduction achieved with MIGS across different mechanisms of

action. Trabecular-based procedures reliably lower IOP by enhancing physiological aqueous outflow, resulting in moderate yet stable pressure reduction suitable for patients with early to moderate disease. Although the magnitude of IOP lowering is inferior to that achieved with trabeculectomy or tube shunt surgery, the pressure levels attained are often sufficient to halt or slow disease progression in appropriately selected patients. This reinforces the concept that maximal IOP reduction is not universally required and that individualized target pressure strategies are central to contemporary glaucoma care.

Suprachoroidal MIGS approaches introduce an alternative outflow pathway by augmenting uveoscleral drainage, which may explain the relatively rapid and pronounced early postoperative IOP reductions reported in some studies. However, the variability observed in long-term outcomes highlights unresolved questions regarding the durability of this pathway and the influence of patient-specific anatomical factors. These findings underscore the need for improved patient selection criteria and longer-term comparative studies to better define the role of suprachoroidal techniques within the MIGS spectrum.

Subconjunctival MIGS procedures represent a hybrid category that bridges minimally invasive techniques and traditional filtering surgery. The reviewed evidence indicates that these procedures can achieve IOP reductions approaching those of trabeculectomy while maintaining a more favorable safety profile. Nevertheless, the higher incidence of postoperative interventions, such as bleb needling, suggests that subconjunctival MIGS requires a level of postoperative management expertise comparable to conventional filtering surgery. This trade-off between efficacy and postoperative care must be carefully considered when selecting candidates for this approach.

The reduction in topical medication burden observed across MIGS studies has important clinical implications. Long-term adherence to glaucoma medications remains suboptimal, with well-documented consequences for disease progression. By decreasing or eliminating the need for topical therapy, MIGS may improve adherence, reduce ocular surface disease, and enhance patient satisfaction. The sustained medication reduction reported in longer-term follow-up studies further supports the durability of this benefit, although the need for reintroduction of medications in some patients highlights the progressive nature of glaucoma and the importance of ongoing monitoring.

Despite these strengths, the current evidence base for MIGS is not without limitations. The heterogeneity of study designs, outcome measures, and follow-up durations complicates direct comparison between different MIGS modalities and with conventional surgery. Many studies are retrospective or non-comparative, and high-quality randomized controlled trials with long-term follow-up remain relatively scarce. Furthermore, industry involvement in device development and study sponsorship introduces the potential for bias, underscoring the need for independent, investigator-initiated research.

Another important consideration is the evolving definition of success in glaucoma surgery. Traditional metrics have emphasized absolute IOP reduction, whereas

contemporary practice increasingly incorporates medication burden, safety, quality of life, and visual function preservation. When evaluated through this broader lens, MIGS demonstrates substantial value, even when absolute pressure reduction is modest. Future studies incorporating patient-reported outcomes and standardized success criteria will be essential to fully capture the clinical impact of MIGS.

The expanding application of MIGS to non–open-angle glaucoma subtypes represents an emerging area of interest. Preliminary data in pseudoexfoliative and angle-closure glaucoma are encouraging but remain insufficient to support widespread adoption. These findings highlight the necessity of subtype-specific research to clarify indications, optimize surgical timing, and minimize complications in more complex disease presentations.

Conclusion. Minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) has emerged as a safe and effective alternative to traditional glaucoma surgery, offering meaningful reductions in intraocular pressure and medication burden with a favorable safety profile. Evidence from recent clinical studies demonstrates that MIGS is particularly suitable for patients with mild to moderate glaucoma, providing sustained pressure control, improved adherence, and faster postoperative recovery. While MIGS does not achieve the same absolute IOP lowering as conventional filtering procedures, its advantages in safety, patient tolerability, and quality of life support its integration into contemporary glaucoma management.

Future research should focus on long-term outcomes, comparative effectiveness across different MIGS devices, and expanded evaluation in diverse glaucoma subtypes to optimize patient selection and refine treatment algorithms.

References

1. Gillmann K, Mansouri K. Minimally Invasive Glaucoma Surgery: Where Is the Evidence? *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2020;9(3):203–214. doi:10.1097/APO.0000000000000294. PMID:32501895.

2. Birnbaum FA, Neeson C, Solá-Del Valle D. Microinvasive Glaucoma Surgery: An Evidence-Based Review. *Semin Ophthalmol*. 2021;36(8):772–786. doi:10.1080/08820538.2021.1903513. PMID:34297650.

3. Hu R, Guo D, Hong N, Xuan X, Wang X. Comparison of Hydrus and iStent microinvasive glaucoma surgery implants in combination with phacoemulsification for treatment of open-angle glaucoma: systematic review and network meta-analysis. *BMJ Open*. 2022;12(6):e051496. doi:10.1136/bmjopen-2021-051496. PMID:35705355.

4. Barkander A, Economou MA, Jóhannesson G. Outcomes of iStent Inject Versus Kahook Dual Blade Surgery in Glaucoma Patients Undergoing Cataract Surgery. *J Glaucoma*. 2023;32(10):e121-e128. doi:10.1097/IJG.0000000000002243. PMID:37327470.

5. Guedes J, Amaral DC, Caneca DO, et al. Kahook Dual Blade Goniotomy Versus iStent Implantation Combined With Phacoemulsification: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Glaucoma*. 2025;34(3):232–247. doi:10.1097/IJG.0000000000002522. PMID:39641580.

6. Komzak K, Allen PL, Toh T. Minimally invasive glaucoma surgery: comparison of Hydrus microstent with iStent inject in primary open-angle glaucoma. *BMJ Open Ophthalmol*. 2025;10(1):e001946. doi:10.1136/bmjophth-2024-001946. PMID:39947711.

7. Voykov B, Prokosch V, Lübke J. Minimally Invasive Glaucoma Surgery. *Dtsch Arztebl Int*. 2025;122(1):23–30. doi:10.3238/arztebl.m2024.0240. PMID:39670502.

8. Yuan PHS, Dorling M, Shah M, et al. Combined microinvasive glaucoma surgery with phacoemulsification in open-angle glaucoma: a systematic review and meta-analysis. *Am J Ophthalmol*. 2025;270:154–163. doi:10.1016/j.ajo.2024.07.034. PMID:39089358.

9. Ahmed IIK, Sheybani A, De Francesco T, Samuelson TW. Corneal endothelial safety profile in minimally invasive glaucoma surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2024;50(4):369–377. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000001365. PMID:37988037.

10. Vinod K, Gedde SJ. Safety profile of minimally invasive glaucoma surgery. *Curr Opin Ophthalmol*. 2021;32(2):160–168. doi:10.1097/ICU.0000000000000731. PMID:33315726.

11. Weich C, Zimmermann JA, Storp JJ, Merté RL, Eter N. Comparison of the Intraocular Pressure-Lowering Effect of MIGS iStent Inject W and Hydrus 12-Month Real-Life Data. *Diagnostics (Basel)*. 2025;15(4):493. doi:10.3390/diagnostics15040493. PMID:40002644.

12. Balas M, Mathew DJ. Minimally Invasive Glaucoma Surgery: A Review of the Literature. *Vision (Basel)*. 2023;7(3):54. doi:10.3390/vision7030054. PMID:37606500.

13. Fang Z, Song Y, Jin L, Han Y, Zhang X. Phacoemulsification combined with trabecular meshwork-Schlemm canal-based minimally invasive glaucoma surgery in primary angle-closure glaucoma: a systematic review and meta-analysis. BMC Ophthalmol. 2025;25(1):168. doi:10.1186/s12886-025-04005-y. PMID:40181304.

14. Mathew DJ, Buys YM. Minimally Invasive Glaucoma Surgery: A Critical Appraisal of the Literature. Annu Rev Vis Sci. 2020 Sep 15;6:47-89. doi: 10.1146/annurev-vision-121219-081737. PMID: 32936738.

15. Lim R. The surgical management of glaucoma: A review. Clin Exp Ophthalmol. 2022 Mar;50(2):213-231. doi: 10.1111/ceo.14028. Epub 2022 Jan 17. PMID: 35037376.

НЕОБХІДНІСТЬ ВИДАЛЕННЯ ТРЕТІХ МОЛЯРІВ ЯК КОРЕЛЯЦІЯ МІЖ ПОЛОЖЕННЯМ ТА РИЗИКОМ ДИСТАЛЬНОГО РЕЦИДИВУ ПІСЛЯ ОРТОДОНТИЧНОЇ ТЕРАПІЇ

Ісакова Наталія Михайлівна
к.мед.н., доцент, доцент кафедри стоматології дитячого віку
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова
м. Вінниця, Україна

Касьяненко Дмитро Михайлович
к.мед.н., доцент, доцент кафедри стоматології дитячого віку
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

Бондаренко Богдана Романівна
Здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова
5 курс 8 група Стоматологічний факультет

Ісакова Яна Пилипівна
Здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова
2 курс 61 група Медичний факультет №2

Проблема дистального рецидиву після ортодонтичного лікування залишається однією з найскладніших у клінічній практиці. Попри технологічний прогрес у методах фіксації та ретенції, повернення зубів до вихідних позицій — особливо у фронтальній ділянці нижньої щелепи — трапляється доволі часто. Одним із чинників, що традиційно підозрюють у провокуванні рецидиву, є наявність та положення третіх молярів. Проте питання їхнього реального впливу залишається дискусійним, що зумовило необхідність критичного аналізу накопичених даних.

Перші ретроспективні дослідження були спрямовані на визначення ключових факторів, що впливають на стабільність ортодонтичного результату. Дані свідчать про багатофакторність природи рецидиву: він формується під впливом анатомічних особливостей пацієнта, структурної рівноваги зубних рядів, типу прикусу, функціональних м’язових патернів та якості ретенційного супроводу після лікування [3]. У цьому контексті третій моляр розглядається не як окремий вирішальний чинник, а як один з елементів складної біомеханічної системи. Порушення просторових взаємовідносин у задніх відділах зубного ряду дійсно може створювати додаткові вектори тиску, але питання полягає у тому, чи є ці сили достатніми для ініціювання дистального зміщення або скученості.

Подальші огляди літератури, що охоплюють дані за кілька десятиліть, підтверджують відсутність єдиної думки щодо ролі третіх молярів. Частина авторів не виявила переконливих доказів того, що прорізування або наявність зубів мудрості є провідним фактором формування повторної скученості чи рецидиву після ортодонтичного лікування [2]. Дослідження показують, що зміни в зубному ряду часто зумовлені природними процесами постпубертатного росту, ремоделюванням кісткових структур та віковими змінами оклюзії, а не прямим впливом третіх молярів.

Водночас інші роботи демонструють, що кореляція між наявністю третіх молярів та змінами в дузі зазвичай є слабкою, статистично нестабільною та значною мірою залежить від індивідуальних анатомо-функціональних особливостей пацієнта [4]. Це підкреслює важливу тенденцію: навіть якщо третій моляр присутній і знаходиться в потенційно проблемному положенні, це не означає, що рецидив обов'язково відбудеться. Однак і протилежне також вірне — його відсутність не гарантує стабільності результату.

Водночас низка робіт акцентує увагу на тому, що саме просторове положення третіх молярів — особливо ретинованих або напівретинованих — може виступати потенційним ризиковим фактором розвитку рецидиву. У низці оглядових публікацій висловлюється припущення, що ретиновані треті моляри здатні опосередковано впливати на стан зубної дуги завдяки зміні ремоделювання кісткової тканини у дистальних відділах та перерозподілу оклюзійних сил [6]. Такий вплив не завжди є прямим або механічним, проте він може створювати фонові умови, які згодом проявляються у поступовій нестабільності після ортодонтичного лікування.

Окремі клінічні дослідження також демонструють, що наявність ретинованих нижніх третіх молярів частіше асоціюється зі зменшенням дугової довжини та виникненням тенденції до дистального зміщення або переупаковування зубів у фронтальній ділянці [2]. Це дає підстави припустити, що навіть без безпосереднього тиску на зубний ряд третій моляр може впливати на загальну структурну рівновагу, змінюючи вектори росту або напрямок компенсаторних переміщень зубів.

Примітно, що погляди практикуючих фахівців на цю проблему залишаються неоднорідними. За результатами міжнародних опитувань, ортодонти різних країн по-різному оцінюють роль третіх молярів, а значна частина клініцистів і надалі трактує їх як можливий етіологічний чинник скучення та рецидиву [5]. Така розбіжність найчастіше зумовлена не стільки відмінностями у наукових даних, скільки різним клінічним досвідом, традиційними підходами та інтерпретацією власних спостережень у практиці.

Найґрунтовніше узагальнення наявних доказів наведено у систематичних оглядах, де наголошується: хоча треті моляри дійсно можуть створювати певний додатковий тиск або змінювати баланс сил у зубній дузі, ступінь цього впливу здебільшого недостатній, щоб визнати його прямою причиною рецидиву[3]. Основними детермінантами постортодонтичної стабільності залишаються індивідуальні анатомічні параметри пацієнта, якість ретенційного супроводу,

біомеханіка лікування та початковий рівень скученості. У цьому контексті треті моляри радше виступають модифікуючим чинником, який може посилювати або послаблювати вже наявні тенденції, ніж самостійним етіологічним фактором.

Якщо є покази, операцію видалення третіх молярів проводять за 2-4 тижні до ортодонтичного лікування. Вибір методу знеболення проводиться індивідуально, в залежності від складности операції (типове чи атипове видалення), віку пацієнта, психологічного стану та рекомендацій хірурга. Важливою складовою загоєння є післяопераційне знеболення. Нестероїдний протизапальний препарат українського виробництва Амізон , не тільки знімає набряк, біль, а й ще володіє імуномодулюючими властивостями [1]. Відсутність болю в післяопераційний період сприяє психологічному спокою пацієнта, більш швидкому загоєнню рани.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що кореляція між положенням третіх молярів та дистальним рецидивом існує, але вона не є прямою та однозначною. Ретиновані та неправильно розташовані третіх молярі можуть створювати передумови до нестабільності зубного ряду, однак цей вплив зазвичай є опосередкованим і значно менш критичним, ніж ретенційний режим, біотип м’яких тканин чи індивідуальна морфологія щелеп. Тому видалення третіх молярів не слід розглядати як універсальний метод профілактики рецидиву, а рішення має прийматися персоналізовано на основі клінічних та радіологічних даних.

Список літератури

1. Марушко Ю.В., Сабадаш Є.Є. (2015) Клініко-експериментальна характеристика амізону й досвід його астосування в клінічній практиці. *Здоров`я дитини* . 6(66). с. 51-56

2. Consolaro A, Cardoso M.A.(2018) Mandibular anterior crowding: normal or pathological? *Dental Press J Orthod*.; 23, 30–6.

3. Genest-Beucher S, Graillon N, Bruneau S, Benzaquen M, Guyot L. (2018) Does mandibular thir molar have an impact on dental mandibular anterior crowding? A literature review. *Stomatol Oral Maxillofac Surg*.,119,204–7.

4. Guldiken IN, Gulsever S, Malkoc Y, Yilmaz ZC, Ozcan M. (2024) Prophylactic third molar removal: are oral surgeons and orthodontists aligned in preventive approaches? *Oral Health*. ,24(1), 1072.

5. Recchioni C., Junior, E.S. Ramacciato J.C., Oliveira L.B (2024) Oral maxillofacial surgeons and Orthodontists' perceptions about anterior inferior crowding and indications of mandibular third molar extraction. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 29(2) ,227-231.

6. Stanaitytė R., Trakinienė G., Gervickas A.(2014) Do wisdom teeth induce lower anterior teeth crowding? A systematic literature review *Stomatologija,* 16(1), 15-18

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО ДИСБАЛАНСУ МІНЕРАЛЬНО-ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПИТНОЇ ВОДИ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ: ПАТОФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА НАСЛІДКИ

Кремінська Ірина Богданівна
кандидат медичних наук, доцент, завуч кафедри патофізіології
Івано-Франківського національного медичного університету

Левицька Богдана Романівна,
студентка медичного факультету,
Івано-Франківського національного медичного університету

Ярмолюк Яна Миколаївна
учениця ліцею №5 Івано-Франківської міської ради

Матлюк Марія Петрівна
студентка медичного факультету,
Івано-Франківського національного медичного університету

Ковалевський Віталій Володимирович
студент медичного факультету,
Івано-Франківського національного медичного університету

Вступ: Забруднення питної води нітратами та іншими макро- і мікроелементами (F, Fe, Mn, Zn, Se, Cu, Mg, Ca) залишається критичною проблемою охорони здоров'я, особливо в сільській місцевості Івано-Франківської області, де основним джерелом водопостачання є індивідуальні криниці[1,2]. Постійне споживання такої води призводить до розвитку системних патологій, що включають метгемоглобінемію та порушення мінерального обміну.

Матеріали та методи: Дослідження полягало у визначенні якості питної води в індивідуальних криницях сіл Івано-Франківської області (Горохолина, Грабівці, Дзвиняч, Стебник, Маркова, Бабче, Марківці), оцінці концентрацій нітратів та макро- і мікроелементів (F, Fe, Mn, Zn, Se, Cu, Mg, Ca), аналізі динаміки змін у 2019–2023 рр. та оцінці патофізіологічних наслідків для організму населення, зокрема дітей раннього віку. Було відібрано 50 проб питної води та ретроспективний аналіз історій хвороб 320 пацієнтів Богородчанської районної лікарні у 2019–2023 рр. Концентрації нітратів визначали колориметрично, фтор — потенціометрично, залізо та марганець —

спектрофотометрично, додатково оцінювали Zn, Se, Cu, Mg, Ca. Статистичну обробку виконано із розрахунком середнього значення, стандартного відхилення, коефіцієнта варіації та відсотка відхилень від нормативів; похибка вимірювань становила ±2–5%. Повторні вимірювання та контрольні калібрувальні проби підвищували достовірність результатів[3].

Результати та обговорення: У 2023 р. шість проб (Грабівці, Дзвиняч, Горохолина, Бабче, Стебник, Маркова) містили нітрати 40–65 мг/дм³, що перевищує безпечний рівень для дітей. У 2019 р. перевищення норми виявлено у 13 пробах (26%), у 2020 р. — у 9 пробах (18%), 2021–2022 рр. — у 6 пробах (12%), що демонструє позитивну тенденцію зменшення забруднення на 14% за чотири роки, проте критичні рівні залишаються у 8% криниць[4]. Аналіз інших мікроелементів показав: фтор перевищував норму (>1,5 мг/дм³) у 10% проб (легка форма стоматологічного флюорозу — 7%, середня — 3%), залізо нижче гранично допустимого рівня (<0,3 мг/дм³) у 15% проб (легка анемія — 8%, середня — 5%, тяжка — 2%), марганець (>0,05 мг/дм³) — у 12% проб, що асоціюється з когнітивними і моторними порушеннями (легкі когнітивні — 6%, моторні — 3%, виражені — 3%). Нітрати, що накопичуються у ґрунтових та поверхневих водах, під дією бактеріальної флори ротової порожнини та кишечника перетворюються на нітрити, які окислюють Fe^{2+} гемоглобіну до Fe^{3+}, утворюючи метгемоглобін, що втрачає здатність переносити кисень. Це спричиняє системну гіпоксію, стимулює компенсаторну тахікардію (+15–25%), підвищує продукцію еритропоетину (+30–40%) та активує оксидативний стрес, який ушкоджує клітинні мембрани, білки та ДНК, інгібує антиоксидантні ферменти (каталаза, супероксиддисмутаза, глутатіонпероксидаза) та викликає апоптоз гепатоцитів і нефроцитів, порушуючи енергетичний метаболізм і регуляцію імунної відповіді. Діти раннього віку є надзвичайно вразливими через високу потребу організму у кисні та недостатньо розвинену систему метгемоглобінредуктази, тому навіть незначне підвищення метгемоглобіну (5–10%) має патогенетичне значення. Спостереження показують, що 18–22% дітей, які споживають воду з концентрацією нітратів >50 мг/дм³, мають лабораторні ознаки анемії та зниження сатурації кисню на 4–7%, 12% — нейропатології, включно з когнітивними дефіцитами та моторними затримками, а 5% демонструють клінічно виражену метгемоглобінемію (>15%), що проявляється синюшністю шкіри та слизових оболонок, слабкістю, порушенням апетиту та сну. Порушення балансу мікроелементів посилює інтоксикаційні ефекти[5]. Дефіцит заліза та цинку реєструється у 15–18% випадків, що погіршує синтез гемоглобіну та підвищує ризик анемії у 20–25% дітей, знижує імунний захист та підвищує сприйнятливість до інфекцій на 12–15%. Надлишок марганцю (>0,05 мг/дм³) виявлено у 10–12% проб води; серед дітей у цих регіонах 6–8% мають легкі когнітивні порушення, 4–5% — моторні, а 2–3% — виражені нейропатології. Надлишок фтору (>1,5 мг/дм³) спостерігається у 7–10% проб, що призводить до легкого флюорозу у 5–7% дітей і середнього флюорозу у 2–3%, порушує обмін кальцію та магнію, уповільнює розвиток кісткової тканини та знижує нервову провідність. Дисбаланс Mg, Ca, Se, Cu, Zn впливає на серцево-

судинну систему (тахікардія у 5–7%, підвищення артеріального тиску у 3–4%), нервову систему (підвищена дратівливість та зниження концентрації уваги у 12–15%) та ендокринну регуляцію (порушення обміну глюкози у 6–8%)[6]. Ці механізми формують комплексне патофізіологічне коло: нітрати → метгемоглобін → системна гіпоксія → активація оксидативного стресу → ушкодження печінки та нирок → порушення енергетичного метаболізму → дисбаланс мікроелементів → анемія → нейропатології → порушення серцево-судинної та ендокринної системи. Кожен із елементів кола взаємопідсилює інші, формуючи мультисистемне порушення, що особливо критично для дітей раннього віку. Навіть легка метгемоглобінемія (Hb_met 5–10%) призводить до когнітивних порушень у 10–12%, зниження фізичної витривалості у 15–18%, підвищеної сприйнятливості до інфекцій, затримки моторного розвитку у 8–10% та формування анемії у 20–25%. Дисбаланс мікроелементів підсилює ці ефекти, роблячи дітей особливо чутливими навіть до помірних концентрацій нітратів та фтору у воді[7].

Висновок: Дослідження підтвердило, що питна вода у низці населених пунктів Івано-Франківської області містить підвищені рівні нітратів та інших мікроелементів, що становить реальний ризик для здоров'я населення. Поєднана дія нітратної інтоксикації та мікроелементного дисбалансу запускає мультисистемний патологічний процес, що охоплює гіпоксію, анемію, оксидативний стрес та нейротоксичні ефекти. Комплексний мікроелементний аналіз дозволяє виявляти ранні ознаки інтоксикації та порушень метаболізму, роблячи його ефективним біомаркером для профілактики та контролю патологічних станів[8]. Системний контроль якості води, санітарне облаштування криниць, використання сучасних фільтраційних систем та корекція раціону з урахуванням мікроелементного балансу є ключовими для зниження ризику негативного впливу на здоров'я населення.

Списки використаної літератури:

1. Проданчук МГ, Весельський СП, Жадан ІМ. Водно-нітратна метгемоглобінемія у дітей раннього віку: патогенез, клініка, діагностика, профілактика. *Сучасна педіатрія*. 2018;(93):18-26.

2. World Health Organization. Nitrates and Nitrites in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: WHO; 2011. 25 p.

3. Greer FR, Shannon M, American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health. Infant methemoglobinemia: the role of dietary nitrate in food and water. *Pediatrics*. 2005;116(3):784-6.

4. Romaniuk AM, Lyndina YM, Korol LO, Sanina IA. Гігієнічна оцінка ризику для здоров'я населення, пов'язаного із забрудненням питної води нітратами (на прикладі Івано-Франківської області). *Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології*. 2019;(1):54-65.

5. Ward MH, Jones RR, Brender JD, de Kok TM, Weyer PJ, Nolan BT, et al. Drinking water nitrate and human health: an updated review. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(7):1557.

6. Knobeloch L, Salna B, Hogan A, Postle J, Anderson H. Blue babies and nitrate-contaminated well water. *Environ Health Perspect*. 2000;108(7):675-8.

7. Flanagan A, Jones RM, Johnston P. Health implications of nitrate and nitrite in drinking water: a review. *J Environ Health*. 2015;78(1):14-20.

8. Fewtrell L. Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: a discussion. *Environ Health Perspect*. 2004;112(14):1371-4.

ОСОБЛИВОСТІ ПОСТКОВІДНОГО СИНДРОМУ ТА АСПЕКТИ ПРОФІЛАКТИКИ COVID-19 У ДІТЕЙ

Литвинова Ольга Миколаївна
д.м.н., професор кафедри клінічної лабораторної діагностики,
мікробіології та біологічної хімії
Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

Коронавіруси – це сімейство великих одноланцюгових РНК-вірусів (Coronaviridae), ліпідна оболонка яких вкрита колосоподібними білками, які можуть заражати птахів та багатьох ссавців, включаючи людей, є збудниками SARS, MERS та COVID-19 у дітей [1].

Відкриття першого коронавірусу людини (HCoV) датується 1965 р. Британські дослідники Девід Тайрелл і Малкольм Байное (Солсбері, Англія) виділили вірусний штам з респіраторних зразків дитини шкільного віку із застудою. Їм вдалося культивувати вірус, присутній у рідині для промивання носа, використовуючи ембріональні клітини трахеї людини як живильне середовище. Коли команда Тайррелла дослідила його під електронним мікроскопом, вони виявили та дійшли до висновку , що вірус був схожий на той, який був виділений від курей з бронхітом в 1930-х роках [2].

У тому ж році, коли Дороті Хамре, дослідниця з Чиказького університету, вивчала культуру тканин хворих студентів, вона відкрила новий тип вірусу під назвою 229E [3]. HCoV-229E частіше асоціюється з ураженням дихальної системи із середнім періодом інкубації 6-7 днів, що проявляється як нездужання, у вигляді головного болю, нежиті, а іноді – лихоманки, кашлю [4]. Ці віруси не привернули широкої уваги фахівців, оскільки спричинені ними респіраторні захворювання є сезонними та легкими. Однак з епідеміологічної точки зору характерний шлях передачі, повітряно-крапельний, робить ці хвороби дуже небезпечними, оскільки патогени поширюються у великій кількості через високий ступінь інфекційності. У 2018 році були описані випадки важкого респіраторного дистрес-синдрому, спричиненого вірусом HCoV-229E [5]. У 1966-1967 роках був виявлений новий коронавірус OC43. Вчені повідомляли, що, використовуючи той самий метод, що і для культивування B814,можна виростити HCoV-OC43 з подібною формою [6].

У 2003 році був виявлений один з нових коронавірусів людини SARS-CoV, який може спричинити важкий респіраторний синдром. Він став першим коронавірусом людини, який призвів до смертельної інфекції серед здорових людей, у всьому світі з 2002 по 2003 року. Це один із найяскравіших прикладів надзвичайної інфекції людини [7]. Також у 2003 році в Нідерландах від 8-місячної дитини з ринітом, кон'юнктивітом, лихоманкою та бронхітом , був виділений новий коронавірус людини HCoV-NL63. Пізніше вірус був виділений в різних країнах, що свідчить про те, що поширення серед людей було досить інтенсивним. Захворювання, спричинені вірусом, варіюються від легких форм

(риніт, ангіна, лихоманка) до важких захворювань нижніх дихальних шляхів, які в основному проявляються у дітей.

У Гонконзі (січень 2005 року) було виявлено інший тип коронавірусу в двох хворих на пневмонію, який був віднесений до групи 2. Він був виявлений ЗТ-ПЛР методом із застосуванням праймерів консервованих коронавірусів . Його назвали HCoV-HKU1.

25 вересня 2012 року Британське агентство охорони здоров'я (HPA) оприлюднило попереднє філогенетичне дерево вірусу та назвало його "London1_novel CoV 2012" [8]. Перший смертельний випадок MERS був зафіксований в Саудівській Аравії в червні 2012 року. За даними ВООЗ, від вірусу померло більше 449 людей. MERS – це вірус, який поширюється від тварин до людей. У ВООЗ припускають, що верблюди, швидше за все, є джерелом зараження MERS, але точний шлях передачі ще не було визначено [9].

SARS-CoV-2 - це новий коронавірус, який був виявлений у людей, до цього його не ідентифікували. Наприкінці 2019 року перша порція нових інфекцій була виявлена в Ухані (Китай), а згодом почала поширюватися по всьому світу, спочатку це були епідемії, а потім пандемії. На початку спалаху за ініціативою ВООЗ новий збудник був тимчасово названий 2019-nCoV, а спричинена ним хвороба - COVID-19 у дітей [10].

Навіть легкі випадки COVID-19 у дітей можуть супроводжуватися неприємними симптомами, включаючи головні болі, які виснажують, сильну втому та болі в тілі, що унеможливлює почуття комфорту.

Інкубаційний період у дітей триває від 2 до 14 днів, хоча спостереження вказують, що інкубаційний період може становити до 3-4 тижнів. У більшості випадків клінічні симптоми проявляються на 5-й день після зараження, рідко - через 2 дні (2,5%). У 97,5% пацієнтів симптоми захворювання проявилися протягом 12 днів. Багато випадків зараження можуть проходити без симптомів. Наводимо дані частоти відмінних симптомів COVID-19 у дітей на прикладі аналізу у 99 пацієнтів в одній із клінік Китаю: гарячка (84%), кашель (83%), двобічна пневмонія (76%), задишка (31%), гострий респіраторний дистрес-синдром (18%), серед них 11 пацієнтів (11%) за короткий проміжок часу померли від поліорганної недостатності, множинні прояви за типом симптому матового скла (14%), біль у м’язах (11%), сплутаність свідомості (9%), біль у голові (8%), біль у горлі (6%), ринорея (3%), біль у грудях (2%), діарея (1%), нудота та блювота (1%), пневмоторакс (1%) [11]. За іншими даними, діарея була зафіксована у 2,3% випадків при легкому перебігу захворювання, 5,5% - при важкому перебігу захворювання та у 4,6 та 6 разів у пацієнтів з нудотою та блювотою, коли аналізували історію хвороби понад 1000 пацієнтів [12]. Під час стаціонарного лікування були такі параметри: температура нижче 37,5 °C – у 10,2 % пацієнтів, 37,5 - 38,0 °C – у 32,4 %, 38,1 - 39,0 °C – у 51,3%, > 39,0 °C - 11,4% пацієнтів. Ці дані свідчать про те, що наявність лихоманки не завжди є проявом захворювання, що є важливим при диференціальній діагностиці грипу.

Певна частина пацієнтів мала супутню хронічну патологію: хронічне обструктивне захворювання легенів у 3,5%, діабет 5,7%, цереброваскулярні захворювання 1,2 та 2,3%, злоякісні новоутворення 0,8%, хронічні захворювання нирок 0,5% пацієнтів. Порушення імунної системи мали місце лише у 2 пацієнтів із легким перебігом захворювання. Оскільки ці дослідження проводились ретроспективно на основі електронного аналізу історії хвороби, деякі хронічні захворювання не завжди можна було розглянути.

Що стосується тяжкості клінічного перебігу COVID-19 у дітей, то аналіз 44 672 випадків (підтверджений у Китаї 02.11.2020р.) виявив, що середні випадки становлять 81,9%, важкі - 12,8%, критичні - 4,7%, і даних не було у 0,6% пацієнтів [13].

Коронавірус у новонароджених дітей протікає частіше в безсимптомній формі або нагадує респіраторну інфекцію тобто легше ніж у дітей від 1 місяця. Випадки ковідної пневмонії трапляються вкрай рідко. Найчастіше важка форма перебігу коронавірусу буває у дітей з вродженими вадами розвитку. Ризик ускладнень збільшується в разі: недоношеності, родових травм, дисплазії легенів і пухлин.

Ми продовжуємо бачити докази того, що велика кількість дітей, інфікованих COVID-19 продовжують відчувати наслідки захворювання після одужання від найважчих симптомів або ускладнень протягом тижнів або місяців .

Як сам COVID-19 у дітей може мати ряд симптомів, так і пост-COVID-синдром. Найбільш часті симптоми, які можуть зберігатися, включають:

втому,утруднене дихання, суглобний біль, грудний біль, «мозковий туман», в тому числі нездатність концентруватися і порушення пам'яті, втрата смаку / або запаху, проблеми зі сном та ін.

У деяких дітей вони можуть тривати принаймні шість місяців і більше. Наприклад, МРТ показав міокардит у деяких з них, вказуючи на те, що серцевий м’яз може продовжувати запалюватися протягом декількох місяців, навіть незважаючи на те, що серцеві симптоми не є загальними під час хвороби [46].

Фактична частота розвитку синдрому після COVID все ще широко обговорюється, і різні дослідження показали, що цей стан більш-менш поширений у різних груп населення. [14].

Особливості впливу короновірусної інфекції на нервову систему дітей.

Незважаючи на те, що коронавіруси в першу чергу націлені на дихальну та кишкову системи, шість із семи коронавірусів людини (HCoV), включаючи новий вірус SARS-CoV-2, пов'язані з тяжкими неврологічними захворюваннями у дітей. Сьомий коронавірус близькосхідного респіраторного синдрому (MERS-CoV) був виявлений при неврологічних захворюваннях у дорослих . Незалежно від того, уражені вони прямою інфекцією HCoV або вторинними неврологічними порушеннями через системні захворювання, діти однозначно вразливі до довгострокових когнітивних наслідків та порушень поведінки внаслідок пошкодження мозку ковідом на критичних стадіях розвитку нервової системи. Ці наслідки можуть змінюватись від легкого нейромоторного

дефіциту до глибоких когнітивних порушень після тяжкого захворювання, що вражає центральну нервову систему (ЦНС). Порушення розвитку нервової системи, що виникають в результаті цього, особливо менш виражені, можуть бути непомітні спочатку після інфікування і проявлятися пізніше, у міру зростання вимог або коли дитина досягає віку, коли очікується розвиток певного навички. Однак навіть дефіцити, що здаються легкими, можуть надати згубний вплив на якість життя дитини, успішність, психічне здоров'я та соціальні взаємодії. Враховуючи відносну рідкість неврологічних захворювань, пов'язаних з HCoV, у дітей недостатньо інформації про можливі наслідки для розвитку нервової системи [15] .

Неврологічні прояви SARS-CoV-2, такі як енцефалопатія, судоми або паралічі периферичних нервів, були зареєстровані лише у невеликої частини дітей, інфікованих SARS-CoV-2, можливо лише в 1% випадків. Примітно, що у нещодавній серії випадків у дорослих спостерігалися неврологічні ускладнення, включаючи головний біль, зміну психічного стану та гострі порушення мозкового кровообігу у 36% пацієнтів. Найбільш тяжкі неврологічні прояви інфекції SARS-CoV-2 у дітей були пов'язані з дітьми, які страждають на MIS-C. Наприклад, огляд випадків 187 дітей з MIS-C показав, що 34% страждали на неврологічну поразку, причому переважали центральні, а не периферичні прояви.

Рідкісне виникнення тяжкого неврологічного захворювання, пов'язаного з HCoV, у дітей підкреслює необхідність кращого розуміння потенційних наслідків розвитку нервової системи, пов'язаних із цими інфекціями. Доки не буде зібрано більше даних про патогенез SARS-CoV-2 у нервовій системі дітей, звіти про інші HCoV та віруси, що викликають неврологічні прояви, можуть допомогти нам передбачити та контролювати наслідки інфекцій SARS-CoV-2 у дітей на розвиток нервової системи [14].

COVID-19 була класифікована як інфекційна хвороба категорії B, проте ведеться як захворювання категорії A. З'явилися рекомендації (Індія, 23) про необхідність медикаментозної профілактики використанням гідроксихлороквіну для медичних працівників, які контактували з пацієнтом з підозрою або з підтвердженим випадком COVID-19, а також для членів сім'ї пацієнтів з лабораторно підтвердженими випадками хвороби (у тому числа для дітей віком від 15 років): 400 мг двічі на день з їжею на день 1, потім 400 мг на тиждень з їжею протягом 7 тижнів (для медичних працівників) або 3 тижні (для членів сім'ї).

Контагіозність нового збудника висока, тому інфіковані діти мають бути ізольовані вдома або госпіталізовані залежно від тяжкості свого стану та клінічної картина хвороби. Госпіталізація переважна в ізольовані палати (бокси). Потрібна адекватна вентиляція, санітарна обробка палат/боксів та дезінфекція всіх предметів, які використовуються дитиною. Необхідно також дотримання правил щодо використання масок та їх утилізації.

Важливо блокувати шляхі передачі збудника:

1. Запобігати повітряно-краплинному шляху передачі: закривати рот і ніс серветкою або носовою хусткою при кашлі або чханні; часто мити дитині руки або навчити її 7-ступінчастої техніки миття рук; навчити дитину не торкатися рота, носа, очей до миття рук відразу після повернення з громадських місць, після кашлю або чхання, перед їжею, після відвідування туалету; регулярно обробляти дитячі іграшки нагріванням до 56 градусів протягом 30 хв, із застосуванням 75% алкоголю або хлорвмісних дезінфектантів або УФ випромінювання [15].

2. Зменшити ризик зараження – обмежити використання громадського транспорту епідемічних вогнищах, використовувати маски, особливо в погано вентильованих приміщеннях, уникати контактів з дикими тваринами та походів на ринки, де їх можуть продавати .

3. Спостереження за дітьми, які контактували з хворими (вимірювання температури тіла, спостереження за загальним станом), при появі симптомів, підозрілих на зараження SARS-CoV-2 - госпіталізація до профільних стаціонарів. Новонароджені від інфікованихSARS-CoV-2 матерів повинні бути обстежені на збудника та ізольовані (вдома або в відділенні, залежно від їхнього стану).

Таким чином, рекомендуються шикокі профілактичні заходи по підтримці імунітету. Дуже важливе сбалансоване харчування, адекватне фізичне навантаження, регулярне медичне спостереження та уникнення надмірних навантажень – дієві заходи запобігання зараженню, так як і емоційна стабільність та ментальна активність.

Список літератури

1. Мурашко М.А., Попова А.Ю. - Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (2019-ncov), К., 2020 – 52 с.

2. МАЛИЙ В. П. Клініка та ускладнення коронавірусної хвороби COVID-19 у дітей з елементами патогенезу / В. П. МАЛИЙ, І. В. АНДРУСОВИЧ. // МІЖНАРОДНИЙ МЕДИЧНИЙ ЖУРНАЛ. – 2020. – №3. – С. 72–79.

3. Никифоров В.В., Суранова Т.Г., Чернобровкина Т.Я., Янковская Я.Д., Бурова С.В. Новая коронавирусная инфекция (Covid-19): клинико-эпидемиологические аспекты // Архивъ внутренней медицины. 2020. - №. 2. - С. 87-93.

4. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19 У ДІТЕЙ): этиология, эпидемнология,клиника, диагностика, лечение и профолактика [Електронний ресурс] / [В. В. Никифоров, Технические руководящие указания ВОЗ. Наименование заболевания, вызванного коронавирусом (COVID-19), и вирусного возбудителя. https://www.who.int/ru/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technicalguidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes-it.

5. Чоп'як В. Пандемія COVID-2019: імунологічні аспекти [Електронний ресурс] / В. Чоп'як // Львівський національний медичний університет імені

Данила Галицького, Львів, Україна. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://mspsss.org.ua/index.php/journal/article/download/277/309/.

6. Широбоков В. П. КОРОНАВІРУСНІ ІНФЕКЦІЇ У ЛЮДИНИ [Електронний ресурс] / В. П. Широбоков, В. А. Понятовський // Національний медичний університет імені О.О. Богомольця. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/inf-patol/article/view/11284/10734.

7. Vassilara, F., Spyridaki, A., Pothitos, G., Deliveliotou, A., & Papadopoulos, A. (2018). A rare case of human Coronavirus 229E associated with acute respiratory distress syndrome in a healthy adult. *Case Reports in Infectious Diseases*, 2018, 1-4

8. Tagarro A, EpalzaC, SantosM, etal. Screening and severityof Coronavirus disease 2019 (COVID- 19) in children in MadridSpain. *JAMA Pediatr*. 2020;e201346.

9. Zimmermann P, Curtis N. Coronavirus infections in childrenincluding COVID-19: an overview of the epidemiology, clinicalfeatures, diagnosis, treatment and prevention options in children.*Pediatr Infect Dis J*. 2020;39(5):355–368. doi: 10.1097/INF.0000000000002660.

10. WHO. Emergency use ICD codes for COVID-19 disease outbreak. Geneva: WHO; 2020. Available from: https://www.who.int/ classifications/icd/covid19/en/.

11. World Health Organization. Infection prevention and control during health care when COVID-19 is suspected. Available from: https://www.who.int/publications-detail/infection-prevention-and-control-during-health-care-when-novel-coronavirus-(ncov)-infection-is-suspected-20200125.

12. Tagarro A, Epalza C, Santos M, et al. Screening and severity of Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in children in Madrid, Spain. JAMA Pediatr. 2020;e201346. doi: 10.1001/ jamapediatrics.2020.1346.

13. Alserehi H., Wali G., Alshukairi A., Alraddadi B. Impact of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) on pregnancy and perinatal outcome. BMC Infect Dis. 2016; 16: 105-108.

14. Bassetti M. The Novel Chinese Coronavirus (2019-nCoV) Infections: challenges for fighting the storm. https://doi.org/10.1111/eci.13209 URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/eci.13209

15. Zhang L., Lin D., Sun X. et al. Crystal structure of SARS-CoV-2 main protease provides a basis for design of improved a-ketoamide inhibitors. Science. 2020. doi. 10.1126/science.abb3405.

INNOVATIVE METAL–ORGANIC FRAMEWORKS

Minina Daria
Student of the specialty «Clinical pharmacy»
National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

Koval Alla
Ph.D. in Pharmaceutical Sciences,
Associate Professor of the Department of General Chemistry
National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

Introduction. Metal–organic frameworks (MOFs) are among the most important achievements of modern chemistry, combining innovative synthetic approaches with broad possibilities for practical application [1,3]. For their contribution to the creation and development of MOFs, Richard Robson, Susumu Kitagawa, and Omar Yaghi were awarded the Nobel Prize in Chemistry in 2025.

Purpose of the study. To improve and expand knowledge about the structure, stability, catalytic properties, and applications of metal–organic frameworks (MOFs), as well as to study multifunctional materials aimed at addressing key challenges in the fields of energy, ecology, and medicine.

Materials and methods. The scientific work is based on information obtained from scientific literature articles, clinical studies, and experimental research on metal–organic frameworks. The research methods include generalization and systematization.

Results. Metal–organic frameworks (MOFs) represent a special class of porous crystalline materials. They are a unique combination of inorganic and organic components integrated into a single three-dimensional structure. MOFs are based on nodes formed by metal ions or metal clusters connected by organic multidentate ligands through coordination bonds. This structure endows MOFs with a number of important characteristics, including high specific surface area, significant porosity, controlled pore size, and tunable chemical activity [1,3]. Unlike conventional porous materials such as activated carbon or zeolites, the properties of MOFs can be finely adjusted by modifying the metal center or the type of organic ligand. Of particular interest is their ability to form regular, ordered nanopores, which ensures high selectivity in interactions with molecules of specific shapes or sizes. This enables their use in gas capture, carbon dioxide fixation, water purification, and energy storage [4].

The synthesis of MOFs is a complex multistep process that depends on the type of metal, organic ligand, solvent, temperature, and other conditions. The main principle involves combining solutions of metal salts with multicoordinating organic compounds to form a spatial crystalline structure [3].

One of the most promising application areas of MOFs is heterogeneous catalysis. Due to their large specific surface area, stable pores, and tunable active sites, MOFs have proven to be highly efficient catalysts for many organic reactions. The use of MOFs in catalysis contributes to the development of green technologies, as they reduce

the need for harmful organic solvents and increase the energy efficiency of reactions [3].

The porous structure of MOFs makes them excellent materials for gas storage and separation. A large surface area promotes adsorption, while a significant pore volume determines the amount of gas that can be stored. Although MOFs can store almost any gas, the greatest attention is focused on carbon monoxide, hydrogen, and methane due to their environmental importance. Hydrogen storage is critically important for hydrogen energy technologies [4,5].

MOFs also play an important role in hydrogen production through photocatalytic and electrocatalytic processes. Photocatalytic processes use solar energy to split water into hydrogen and oxygen molecules. The porous structure of MOFs creates favorable conditions for combining light-harvesting units with active catalytic centers. MOFs also show great potential in energy storage applications, particularly in supercapacitors and rechargeable batteries [5].

Advances in technology increase the likelihood of developing effective and targeted drug delivery systems. Unlike traditional nanomedicine platforms, MOFs exhibit biodegradability and high loading capacity. Their large surface area, spacious pores, and chemical properties are suitable for novel delivery systems and controlled release of compounds [3]. Promising studies have been conducted for various drugs, including ibuprofen, procainamide, and anticancer agents. To improve drug loading, selective targeting, and stability in biological environments, MOFs often require functionalization and modification. These modifications can be performed both during synthesis and post-synthetically, enabling controlled loading and release of therapeutic agents.

Expanded and functionalized surfaces of MOF-based materials allow them to capture and detect biomarkers even at extremely low concentrations. This makes MOFs promising sensing materials for the development of ultrasensitive and highly selective sensors for disease diagnostics. This is critically important for the early diagnosis of diseases such as cancer and Alzheimer’s disease, as detecting low levels of biomarkers significantly improves prognosis. To develop ultrasensitive biosensors, MOFs are often combined with biomolecules such as antibodies, enzymes, and nucleic acids [3].

Conclusions. High stability and the ability to finely tune their structure provide MOFs with unique properties that make them indispensable in modern science and technology [1,3]. MOFs demonstrate exceptional efficiency in heterogeneous catalysis, contributing to the development of environmentally friendly and energy-efficient processes. Their significant potential in photocatalytic and electrochemical hydrogen production, as well as in the creation of high-performance batteries and supercapacitors, confirms their importance for the future of energy. In the biomedical field, MOFs open new opportunities for targeted drug delivery, controlled drug release, and disease diagnostics. High biodegradability, loading capacity, and functionalization capabilities make them a promising platform for the treatment of oncological and neurodegenerative diseases. In addition, their ability to detect biomarkers at low concentrations makes MOFs valuable materials for the development of ultrasensitive

biosensors. Further research and technological improvements will open even more opportunities for the use of MOFs in chemistry, energy, medicine, and environmental science.

References:

1. Jiao, L., Seow, J. Y. R., Skinner, W. S., Wang, Z. U., & Jiang, H. L. (2019). «Metal–organic frameworks: Structures and functional applications. Materials Today,» 27, 43-68. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136970211830885X?

2. Li, J., Wang, H., Yuan, X., Zhang, J., & Chew, J. W. (2020). «Metal-organic framework membranes for wastewater treatment and water regeneration. Coordination Chemistry Reviews», 404, 213116. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010854519304527?via%3Dihub

3. Safaei, M., Foroughi, M. M., Ebrahimpoor, N., Jahani, S., Omidi, A., & Khatami, M. (2019). «A review on metal-organic frameworks: synthesis and applications. TrAC Trends in Analytical Chemistry». https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165993619301840?via%3Dihub

4. Olajire, A. A. (2018). «Synthesis chemistry of metal-organic frameworks for CO2 capture and conversion for sustainable energy future. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 92, 570-607». https://econpapers.repec.org/article/eeerensus/v_3a92_3ay_3a2018_3ai_3ac_3ap_3a570-607.htm?

5. Zhang, H., Nai, J., Yu, L., & Lou, X. W. D. (2017). «Metal-organic-framework-based materials as platforms for renewable energy and environmental applications. Joule, 1(1), 77-107». https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(17)30033-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2542435117300338%3Fshowall%3Dtrue

SEMANTIC PORTRAIT OF THE OPPOSITION СЛАДКО – ГОРЧИВО / SLADKÝ – HOŘKÝ IN BULGARIAN AND CZECH: A COGNITIVE-LINGUISTIC PERSPECTIVE

Petrova Elka,
Faculty of Philology, doctoral student, a young scientist
The Paisii Hilendarski University of Plovdiv

Boryan Yanev,
Assoc. Prof. PhD of General and Comparative Linguistics,
Faculty of Philology
The Paisii Hilendarski University of Plovdiv

Abstract: The opposition between "sweet – сладко" and "bitter – горчижо" in Bulgarian and "sladký" and "hořký" in Czech represents a fundamental perceptual and evaluative category. The paper examines how basic sensory meanings of taste extend into metaphorical domains through dictionary definitions, phraseology, cultural symbols, and conceptual metaphors. Special attention is given to the symbolic role of sweetness in the noun мед / med (honey), illustrated with examples from both languages. The analysis demonstrates that taste perception structures linguistic meaning and cultural models of evaluation.

Keywords: Cognitive linguistics; Semantics of Taste; Opposites; sweet; bitter

Taste is one of the most fundamental perceptual categories in human experience and plays a significant role in the conceptualization and evaluation of reality. Unlike other sensory modalities, taste is closely linked not only to physiological perception but also to emotional, moral, and cultural interpretation. As a result, linguistic expressions of taste frequently extend beyond the sensory domain and function as evaluative tools within language. In cognitive linguistics, taste categories are understood as conceptual resources through which abstract domains, such as emotions, interpersonal relations, and moral judgement are structured. The opposition *sweet – bitter* is particularly illustrative in this respect. While grounded in universal bodily experience, it develops language- and culture-specific semantic patterns that reflect distinct systems of values. The *sweet – bitter* opposition should therefore be viewed not as a simple contrast between two gustatory sensations, but as a semantic axis integrating perception, evaluation, and cultural meaning. Sweetness is commonly associated with pleasure, harmony, and positive value, whereas bitterness tends to express suffering, loss, or difficult experience. These meanings are not fixed; they are shaped by metaphorical extension and contextual use within language.

The present study adopts this perspective and examines the semantic portrait of the *sweet – bitter* opposition in Bulgarian and Czech. Focusing on lexical meanings, phraseological patterns, and cultural connotations, the analysis proceeds from the

assumption that taste metaphors are not merely stylistic devices, but stable cognitive mechanisms through which speakers organize and interpret human experience.

Cognitive linguistics approaches language not merely as a system of formal signs, but as a mechanism through which human experience is structured, interpreted, and evaluated. Meaning is therefore understood as knowledge-based and relational, emerging from shared cognitive structures rather than from isolated lexical features. Within this perspective, lexical meaning is not treated as an autonomous semantic unit, but as access to structured background knowledge that guides interpretation in context [1]. A particularly influential model for describing such background knowledge is frame semantics, which conceptualizes meaning as the activation of structured frames organizing human experience. Frames integrate information about typical situations, perceptual properties, and culturally established expectations, thereby linking linguistic meaning to shared models of reality [1]. This approach provides a principled explanation of how lexical units evoke not only referential content, but also evaluative and interpretative dimensions. Taste adjectives occupy a revealing position within this framework. As lexical items grounded in bodily perception, they activate frames associated with eating and sensory evaluation. These frames inherently involve judgements of pleasure, discomfort, or difficulty, since taste perception itself is inseparable from evaluation. From a frame-semantic perspective, the evaluative component of taste-related meaning is therefore not secondary or contextually accidental but structurally embedded in the frames activated by such adjectives [2]. Further elaboration of frame-based analysis has shown that evaluation constitutes a stable and systematic component of lexical meaning. Frame-oriented lexical models describe meaning as access to semantic configurations that include not only participants and events, but also culturally conventionalized assessments and expectations [3]. When taste adjectives are extended beyond the sensory domain, the activated frames retain their evaluative structure, which is projected onto abstract domains such as emotions, interpersonal relations, and moral judgement. This process allows perceptual experience to function as a cognitive basis for the interpretation of non-perceptual phenomena. Within this theoretical framework, antonymic taste oppositions such as *sweet – bitter* emerge as stable semantic configurations rather than as simple contrasts between gustatory sensations. These oppositions function as cognitive instruments for organizing evaluative meaning and for modelling culturally salient distinctions. Sweetness typically activates frames associated with harmony, desirability, and positive evaluation, whereas bitterness evokes frames related to difficulty, suffering, or painful awareness. Such associations reflect conventionalized patterns of interpretation embedded in language and shared cultural knowledge [4]. From a frame-semantic perspective, taste-based oppositions therefore operate as axiological axes that mediate between perception and evaluation. They enable speakers to conceptualize complex emotional and moral experiences through familiar sensory structures, while simultaneously situating these experiences within culturally structured systems of value. The opposition *sweet – bitter* should thus be understood not as a purely sensory contrast, but as a frame-based mechanism through which emotional, moral, and cultural meanings are systematically organized and interpreted.

In Bulgarian lexicographic tradition, *сладък* 'sweet' is defined as "having the taste of sugar or honey" [6]; however, this primary sensory definition represents only the semantic ядро of a considerably broader meaning structure. In actual language use, *сладък* undergoes systematic metaphorical extension and functions as an evaluative marker denoting emotional closeness, tenderness, and positive affect (*сладък глас, сладко дете, сладка усмивка*). These metaphorical uses reflect a stable cognitive association between sweetness and positive emotional experience, grounded in embodied perception and reinforced through cultural convention.

At the same time, Bulgarian exhibits a pronounced evaluative ambivalence with regard to sweetness. When the positive quality encoded by *сладък* exceeds culturally accepted norms, it becomes semantically reinterpreted and acquires ironic or negative colouring. This shift is clearly observable in expressions such as сладки приказки and сладки думи, where sweetness no longer signals emotional warmth but rather insincerity, manipulation, or rhetorical exaggeration. Such cases demonstrate that sweetness in Bulgarian is not an unconditionally positive value, but one that is subject to pragmatic and axiological regulation. The adjective *горчив*, defined as "having a sharp, unpleasant taste" [7], occupies the opposite pole of the evaluative axis. In metaphorical usage, горчив functions as a linguistic marker of suffering, loss, and existential hardship (горчива съдба, горчиви сълзи), conceptualising bitterness as an embodied experience of pain. However, Bulgarian semantic structure reveals that bitterness is not limited to negative emotional states. On the contrary, it frequently encodes moral and cognitive value. Expressions such as *горчива истина* conceptualise bitterness as painful yet necessary knowledge, associated with authenticity, maturity, and experiential depth. This semantic duality indicates that in Bulgarian linguistic consciousness bitterness can function as a marker of ethical clarity and existential insight. A central element in the Bulgarian semantic field of sweetness is the noun мед 'honey'. Beyond its literal reference, мед functions as a culturally salient symbol of abundance, harmony, health, and positive evaluation. Lexicalised expressions such as меден месец, мед и масло, and comparative constructions based on sweetness reinforce the axiological dominance of the sweet pole. At the same time, the semantic potential of мед allows for ironic reinterpretation, particularly in contexts where expectations of harmony or prosperity are not fulfilled, thus confirming the dynamic and context-dependent nature of evaluative meaning. Bulgarian phraseology provides especially rich evidence for the axiological structuring of the *сладко – горчиво* opposition. Phraseological units project basic gustatory perception onto emotional, moral, and social domains, thereby transforming sensory experience into a tool of cultural interpretation. Expressions based on *сладък* typically encode pleasure, harmony, and desirability (*сладък живот, сладък сън, сладка работа*), corresponding to the conceptual metaphor *sweet is good/derirable.* However, Bulgarian phraseology clearly marks the boundary between genuine positivity and excess. In formations such as сладкодумие or сладки приказки, sweetness becomes semantically downgraded and associated with deception or empty rhetoric.

The phraseological field of *горчив* is likewise multidimensional. While expressions such as *горчива съдба, горчиви сълзи,* and *горчив* хляб conceptualise bitterness as

hardship and suffering, others attribute to it positive epistemic value. The expression *горчива истина* exemplifies the cultural conceptualisation of bitterness as a necessary stage in the acquisition of knowledge and moral insight. A particularly salient cultural marker is the wedding exclamation „Горчиво!“, which performs a ritualised semantic inversion: bitterness is explicitly named in order to be symbolically overcome through a kiss. In this context, bitterness fulfils a transitional function, mediating the passage from tension to harmony. Taken together, the Bulgarian linguistic material demonstrates that the opposition *сладко – горчиво* does not operate as a rigid binary contrast, but rather as a dynamic evaluative continuum. Sweetness and bitterness interact, overlap, and shift their axiological value depending on context, communicative intention, and cultural norms. This flexibility confirms the role of taste-based metaphors as stable cognitive mechanisms through which Bulgarian linguistic consciousness structures emotional experience, moral judgement, and cultural meaning.

The present study has examined the semantic opposition *sweet – bitter* as realized in Bulgarian and Czech, approaching it as a cognitively grounded and culturally mediated evaluative axis rather than a simple contrast between two gustatory sensations. The analysis demonstrates that taste-based meanings are not confined to the domain of sensory perception, but extend systematically into emotional, moral, and cultural spheres through processes of metaphorical mapping and semantic extension. The Bulgarian material reveals a particularly rich axiological layering. Sweetness is associated with harmony, emotional closeness, and positive evaluation, yet it is also subject to pragmatic regulation, whereby excessive sweetness acquires ironic or negative connotations. Bitterness, although grounded in unpleasant sensory experience, emerges as a complex semantic category encoding not only suffering and loss but also moral clarity, authenticity, and necessary knowledge. The central role of мед as a culturally salient symbol further reinforces the dominance of sweetness, while at the same time allowing for contextual reinterpretation. Phraseological evidence confirms that the opposition *сладко – горчиво* functions as a dynamic evaluative continuum rather than a rigid binary structure. Fixed expressions and ritualized forms, such as the wedding exclamation „Горчиво! “, illustrate how bitterness may serve a transitional cultural function, mediating the movement from tension to harmony. In this respect, Bulgarian phraseology demonstrates a high degree of semantic flexibility and cultural embeddedness.

The Czech data, while sharing the same embodied cognitive foundations, display a more balanced distribution of positive and negative evaluations. Sweetness and bitterness in Czech tend to reflect harmony, realism, and sober assessment of experience, rather than symbolic inversion. This contrast highlights the role of cultural models in shaping the semantic expansion of universal taste categories. Overall, the findings confirm that *the sweet – bitter* opposition constitutes a stable cognitive mechanism through which speakers organize evaluative meaning, while its concrete semantic realization remains sensitive to cultural norms and communicative practices. The study thus supports the view that taste metaphors occupy a central position in the

linguistic representation of human experience and offers a productive framework for further comparative research across Slavic and other European languages.

This research was funded by the National Program "Young Scientists and Postdoctoral Researchers – 2", code by NCPD: 2422-5089. The author expresses gratitude to the Division of Research and Project Activities (NPD) at Plovdiv University and to the project.

References:

1. Fillmore, C. J. (1982). Frame semantics. In Linguistics in the Morning Calm (pp. 111–137). Seoul: Hanshin Publishing Company.

2. Fillmore, C. J., & Atkins, B. T. (1992). Toward a frame-based lexicon: The semantics of RISK and its neighbors. In A. Lehrer & E. Kittay (Eds.), Frames, Fields, and Contrasts (pp. 75–102). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

3. Fillmore, C. J., Johnson, C. R., & Petruck, M. R. L. (2003). Background to FrameNet. International Journal of Lexicography, 16(3), 235–250.

4. Evans, V. (2007). A Glossary of Cognitive Linguistics. Edinburgh: Edinburgh University Press.

5. Evans, V., & Green, M. (2006). Cognitive Linguistics: An Introduction. Edinburgh: Edinburgh University Press.

6. Croft, W., & Cruse, D. A. (2004). Cognitive Linguistics. Cambridge: Cambridge University Press.

7. Institute for Bulgarian Language "Prof. Lyubomir Andreychin", Bulgarian Academy of Sciences. Dictionary of the Bulgarian Language. Sofia: BAS. Available at: https://ibl.bas.bg/rbe/

THE ARTISTIC WORLD AND THE NATURE OF PSYCHOLOGISM IN SAFUAN SHAIMERDENULY'S PROSE

Rakhymbay Assel
Graduate student in Applied Kazakh Linguistics
Al-Farabi Kazakh National University
Almaty

Abstract

The article examines the theoretical foundations of the concept of psychologism in literary studies and clarifies its function and significance in fiction. The role of psychologism in revealing the character's inner world is analyzed in correlation with the scholarly views of B. Maitanov and L. Ginzburg. The artistic system of Safuan Shaimerdenuly's prose is taken as the main object of the study, and the narrative strategies used to depict the inner drama of the human psyche in the writer's works are systematically explored. Particular attention is given to the novella Majnun Tal, in which symbolic imagery, inner monologue, psychological parallelism, portrait details, and the artistic functions of time and space are analyzed as key means of revealing character psychology. The phenomenon of loneliness in the work is interpreted from an existential perspective and examined in relation to the concepts of human dignity, conscience, and spiritual responsibility. Through the system of characters, the article demonstrates the spiritual evolution of the individual, as well as moral choices and inner conflicts, as artistically integrated elements. The findings of the study confirm that Safuan Shaimerdenuly's prose significantly deepens the tradition of psychologism in Kazakh literature and occupies an important place in the creation of artistic models of the human soul.

Keywords: psychologism, artistic world, inner monologue, psychological parallelism, symbolic imagery, phenomenon of loneliness.

In literary studies, the concept of psychologism is considered a complex theoretical category that emerges at the intersection of fiction and psychology. It is widely recognized that the central subject of artistic expression is the human being. Therefore, representing a person in a literary work at the level of an aesthetic image requires a deep exploration of their spiritual existence. Psychologism can be defined as the artistic depiction of the inner phenomena of the human psyche and the soul in a work of fiction, portraying the character's thoughts and emotions, and analyzing the logic of their personality development in an aesthetically meaningful way.[1] According to scholarly interpretations, psychologism is one of the most significant aspects of literature. Moreover, it is regarded as one of the fundamental foundations of art in general. The history of art and literary practice indicate that the most vivid and

extensive manifestations of psychologism are usually realized in the prose genre. In prose works, psychologism is expressed through revealing the character's inner world and the complexity and depth of their spiritual existence. A character's psychological universe is shaped through their interactions with time, society, and nature. Additionally, in literary theory, psychologism is considered one of the principal conditions for presenting a character as a fully developed personality and for comprehensively revealing the nature of their character.

Based on the works of scholars who have studied the theory of psychologism, it can be observed that this concept is interpreted from various perspectives within literary studies. For instance, literary scholar B. Maitanov regards psychologism as an inseparable quality inherent in the very nature of fiction. He states that "psychologism is an integral property of the holistic essence of fiction… psychologism is a principle of artistic representation, a mode of thinking, and a distinctive marker of a writer's talent" [2]. This viewpoint, in our opinion, is highly justified, as fiction can create a complete and authentic artistic image only when it portrays the individual not merely through external actions, but also through their inner world and emotional experience. Furthermore, Russian scholar L. Ginzburg interprets psychologism as an exploration of the complex and contradictory inner world of a literary character [3]. From this perspective, psychologism is grounded in revealing a character's essence through internal conflicts, emotional tensions, and spiritual crises. The depiction of inner psychological movement is one of the most important ways to gain a profound understanding of human nature in a literary work. An examination of scholarly viewpoints shows that methods of psychological analysis hold particular significance within the tradition of realist literature. According to researchers, it is only in truthful realist literature that psychological analysis can fulfill a concrete semantic function and a coherent stylistic role. Moreover, the more accurately and convincingly a writer depicts the deep layers of the human psyche, the more fully the reality of life is revealed. This very feature enables realist literature to achieve its fundamental artistic objectives [3].

In the history of the development of Kazakh prose, the creative legacy of Safuan Shaimerdenuly occupies a special place among writers who have attached particular importance to the deep and convincing depiction of the inner layers of human existence and the spiritual world. In the writer's prose, the complex psychological structure of the human soul, the spiritual evolution of the individual, moral choices, and inner contradictions are examined on a broad artistic scale. From this perspective, the works of Safuan Shaimerdenuly can be regarded as a significant artistic phenomenon that deepened the tradition of psychologism in Kazakh literature and established a new aesthetic level in the artistic cognition of the human image. Within the artistic system of the writer's prose, human destiny is not considered separately from the social environment, national worldview, and historical reality. On the contrary, the character's inner spiritual world and external existence are interconnected, forming a unified artistic and aesthetic structure. For the writer, the human being is a personality imbued with spiritual and moral values, one who attains maturity through the complex trials of life. Therefore, in Safuan Shaimerdenuly's prose, the psychological state of

the character, inner reflections, and emotional turmoil become the core of artistic narration.

Psychologism in the prose of Safuan Shaimerdenuly is realized through artistic explorations aimed at deeply revealing the character's inner spiritual world and portraying human destiny in harmony with the reality of life. In the writer's works, psychologism manifests itself through a system of various artistic devices and techniques. In particular, such artistic components as inner monologue, psychological portrait, symbolic detail, and landscape parallelism play an important role in revealing the character's spiritual essence. Through inner monologue, the author conveys the flow of thoughts in the character's consciousness and the contradictory emotions of the inner world in a natural and authentic manner. This technique not only deepens the character's psychology but also brings the reader closer to the character's inner world.

For instance, the writer's short story «Majnun Tal» is one of the works that most profoundly reveals the artistic potential of psychologism in his prose. In this narrative, the inner drama of the human soul is disclosed not through direct plot-driven action, but through symbolic imagery and the technique of psychological parallelism. From this perspective, «Majnun Tal» can be classified among the philosophical and psychological short stories of Kazakh prose [6]. The central symbol of the story is the image of the majnun tal (weeping willow). This image forms the ideological and aesthetic core of the work and becomes an artistic equivalent of the character's inner spiritual state. The natural appearance of the majnun tal – bent, fragile, and swayed by the wind – suggests the character's inner anguish and sense of existential loneliness. By juxtaposing nature and human psychology, the author depicts them in close interrelation. Such a method, recognized in literary studies as psychological parallelism, makes it possible to reveal the character's inner emotional world through external, natural imagery.

When «Majnun Tal» is analyzed as a whole, one of the most salient conclusions that emerges is the intrinsic correlation between moral elevation and loneliness. In the work, all characters who possess genuine spiritual nobility and high ethical stature ultimately remain alone or are subjected to loneliness. Although this may initially appear paradoxical, it is psychologically and philosophically justified. As existentialist philosophers have argued, a truly elevated individual remains alone even among the crowd, because their ideals and depth of thought transcend the average level of the majority. A similar pattern is clearly manifested in the novella.

Aspet may be regarded as a measure of moral greatness. She adopts as her principle of life the refusal to harm others for the sake of her own happiness; she sacrifices herself for her loved ones and silently endures profound suffering without burdening anyone else. The fact that such a pure soul is left alone – separated from her husband, deprived of her child, and living far from her native land – seems to endow her image with an even greater sense of sanctity. This is distinctly evident in the aesthetic structure of the work: Aspet's loneliness illuminates her noble image in the reader's heart with even greater radiance. Similarly, Altyn Apa represents a figure of exceptional moral integrity. She adheres to justice even when it conflicts with kinship, rejects moral negligence, strives to reform wayward relatives, and embraces children

as her own. Yet she, too, meets death in solitude. At the time of her passing, no relatives appear to have been present; only Kopjasar seems to have assisted with her burial (whether a young mullah was summoned by the bus driver who brought tourists, or whether neighbors conducted the burial remains unclear, but it is evident that neither Aqaulet nor Aspet arrived). Her life path thus emerges as a form of heroism within loneliness. Such characters are well known in world literature. Hemingway's old fisherman Santiago (The Old Man and the Sea), for example, struggles alone, confronting himself in solitude, and ultimately attains a great purpose, demonstrating the triumph of the human spirit. Altyn, in her own way, fights throughout her life and eventually fades away. Yet her loneliness is only physical; spiritually, she is not alone. She sees herself reflected in Aspet, and as long as Aspet lives, Altyn seems to possess a form of eternal life. For this reason, she worries about Aspet and entrusts her to Bagdan. Here, once again, the continuity of generations and the cyclical nature of life are revealed: the loneliness of one is completed and redeemed by another.

As Bagdan strives toward moral elevation, he gradually becomes inwardly isolated. At first, he appears as a socially adaptable individual who enjoys being "talked about" and recognized by others. By the end of the novella, however, he is portrayed as a man weary of the social bustle, one who escapes from the crowd praising him at the exhibition and turns toward the open steppe in search of purity. By asking for the exhibition's "splendor" to be removed, he demonstrates that he is not dependent on public acclaim. This marks his moral growth: he no longer needs cheap fame or false prestige. Having turned toward the true ideals of art, he willingly enters into dialogue with solitude – returning in search of the Majnun willow and revisiting familiar places. Even in this journey, Bagdan's lack of a spiritual companion becomes evident: the young people around him fail to understand him and reduce the Majnun willow itself to an object of trivial conversation. Bağdan does not actively engage in these discussions; he remains alone with his own thoughts. This is existential loneliness – the state in which an individual feels detached from the surrounding environment and acknowledges the absence of anyone capable of understanding the depths of the soul. Yet it is precisely in this condition that Bagdan gains the opportunity for self-dialogue; in other words, solitude becomes a prerequisite for his spiritual growth. Bagdan's solitary contemplation beneath the Majnun willow – gazing at the sky and clouds, reflecting on verses composed eight hundred years ago – embodies this form of existential self-recognition. At that moment, he reaches a decisive conclusion: he must find Aspet at all costs. This decision signals the awakening of responsibility within his inner world, the recognition of his moral duty. He understands his mistake and resolves to do everything possible to rectify it. Loneliness does not merely erode Bağdan; it tempers and strengthens him. As a result, he rises morally – otherwise, he might have divorced his wife or fallen into despair, but neither occurs. Bagdan overcomes his loneliness. Here, his victory lies in art and spiritual purity. He makes a firm commitment to fidelity – both to his family and to the path of art. His intention toward Aspet is no longer ambiguous: he seeks only forgiveness and wishes to offer her the kindness she never received. Thus, his feelings are elevated to a spiritual level, free of desire, consisting solely of pure longing and respect. Truly loving hearts do not

ultimately unite, yet each carries the other within their heart. This is a romantic tragedy, but at the same time, a triumph of human morality. When speaking of moral elevation, one inevitably recalls the author's exhortation, "Be elevated." Aspet directs these words to Bağdan, yet they function as the leitmotif of the entire work. All who strive for this elevation experience loneliness; nevertheless, standing alone atop the tower of moral height testifies to the resilience of their spirit. This idea may be further illuminated through comparative literary context. For instance, in One Hundred Years of Solitude, Gabriel Garcia Marquez depicts the fate of several generations of the Buendia family, each condemned to its own form of solitude. They are all exceptional and gifted, yet precisely because of this, they live closed, misunderstood lives, as if destined to do so. Similarly, in "Majnun Tal" solitude becomes the lot of exceptional individuals. Though they submit to this fate, they derive meaning from it rather than tragedy. Aspet, undeterred by loneliness, raises a child and dedicates herself to nurturing the next generation; Bagdan creates great art out of solitude; even Altyn Apa, in her loneliness, devotes all her strength to sustaining an entire family line. Thus, solitude fortifies each character from within, refining and elevating their moral stature.

Nevertheless, the work leaves a glimmer of hope by presenting loneliness as something that can be overcome. This hope lies in expectation and longing. For many years, Bagdan lives sustained by hope – waiting with the thought that "she might come, she might call." In this sense, he overcomes his loneliness through hope itself. More broadly, what does the work define as moral elevation? It is the purity of conscience, the ability to think not only of oneself but also of others, and the commitment to remain distant from moral corruption. Aspet embodies integrity; Bagdan searches for and ultimately finds his conscience; Altyn passes through life without tarnishing her moral honor; Salima faithfully fulfills her maternal duty by preserving the family. Akdaulet, by contrast, is a figure who has fallen from this moral height, and as a result, he turns away from both his homeland and his people. Through these opposing figures, the author demonstrates the foundational importance of human values. The novella leaves a profound impression on the reader because it raises universal human concerns. Questions such as "Am I alone?", "Is there anyone who truly understands me?", "What is the meaning of life?", "Which should prevail on the scales – love or duty?", and "What is the true value of art?" resonate in the minds of all reflective individuals. Shaimerdenov, as an artist, seeks to respond to these questions through literary expression. His answers are embedded throughout the narrative and beneath the surface of events: the meaning of life lies in moral purity and integrity; when love and duty are in conflict, conscience must be chosen; the value of art resides in its authenticity and depth of content; and loneliness, though the portion of the great, is not a misfortune but rather the share of moral and spiritual elevation.

In the work, the primary manifestation of psychologism lies in the character's inner stream of thought and emotional anxieties. Rather than external action, the character is inclined toward inner feeling, psychological tension, and deep reflection. This is a narrative feature characteristic of Safuan Shaimerdenuly's prose. In revealing the character's inner world, the author places particular emphasis on inner monologue, emotional perception, and silent contemplation. As a result, the reader comes to

understand not so much the character's external life as their inner spiritual essence, gaining a deeper sense of their psychological state. In «Majnun Tal», portrait descriptions also acquire symbolic significance. The character's external appearance functions as a mirror of the inner spiritual world. Portrait details serve to depict such psychological states as emotional strain, fatigue, and spiritual exhaustion. Here, portraiture is dynamic rather than static, becoming a means of conveying changes in the character's psychology. In addition, the categories of time and space are employed in the work to further intensify psychologism. The constricted nature of space and the closed quality of natural landscapes reflect the pressure of the character's inner state and the sense of entrapment within the soul. Meanwhile, the slow flow of time, intertwined with moments of introspection and reflection on the past, amplifies feelings of spiritual stagnation and loneliness.

In the course of the study, the artistic system and the nature of psychologism in Safuan Shaimerdenuly's prose were examined comprehensively, revealing the aesthetic and cognitive features of depicting human beings in the author's works. It was established that in the writer's prose, psychologism manifests as a central artistic category aimed at deeply revealing the inner world of the character. This feature aligns with Safuan Shaimerdenuly's artistic approach, which strives to portray human existence not through external actions but through spiritual turmoil, inner conflicts, and moral choices.

As the study's findings indicate, psychologism in the author's works is realized through artistic techniques such as interior monologue, psychological portrait, symbolic imagery, and psychological parallelism, which simultaneously depict nature and the character's psychology. These methods allow for a profound and convincing representation of the character's emotional turmoil, spiritual crises, and personal evolution. The writer's artistic endeavors elevate the tradition of psychologism in Kazakh prose to a new qualitative level. Furthermore, the artistic world in Safuan Shaimerdenuly's prose unfolds in close connection with national consciousness, social reality, and philosophical thinking. The character's inner world is depicted not merely as an individual psychological phenomenon but as a spiritual reality shaped within a specific historical and social context. This enhances the ideological and artistic significance of the author's works and enables the contemplation of human destiny on a universal level.

In conclusion, a scholarly examination of the artistic system and the nature of psychologism in Safuan Shaimerdenuly's prose provides a pathway to a deeper understanding of the artistic models of the human psyche in Kazakh prose. The author's creative practice, grounded in psychologism, expands the aesthetic possibilities of national literature and is recognized in contemporary literary studies as one of the significant theoretical and practical foundations for exploring the psychology of the individual.

References

1. Zhubay O. *Cognitive Grammar of the Kazakh Language*. Almaty: Kazakh University, 2022. 296 p.

2. Karagulova B.S., Kushkimbaeva A.S. *Theoretical and Scientific-Practical Issues of Linguoculturology*. Almaty: Medet Group LLP, 2021. 108p.
3. Mankeeva Zh. *Cognitive Foundations of Ethnocultural Names in the Kazakh Language*. Almaty, 2008. 356 p.
4. Akhmetzhanova Z.K. *Linguoculturology: Theory and Practice*. Almaty, 2017. 144 p.
5. Smagulova G.N. *National-Cultural Aspects of Synonymous Phraseologisms*. Almaty: Gylym, 1998. 194 p.
6. Kaidar A. *Ethnolinguistics. Education and Labor*., 1985, No. 10, p. 19.
7. Baitelieva Zh.D. *The Cumulative Function of Language in the Formation of Cultural Competence*. *Tiltanym*, No. 1 (85), 2022, pp. 15–25

ПСИХОЛІНГВІСТИЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ В ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Камінська Олена,
Ph.D.,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

Вивчення іноземної мови у закладі вищої освіти є різнорівневим у організаційному та навчально-методичному плані процесом. Іноземна мова є важливим складником формування фундаментальних та спеціальних фахових навичок. Тому, сприйняття здобувачем вищої освіти кейсу іншомовних компетентностей не зводиться до констатації знання іноземної мови. Наразі актуалізується розуміння іноземної мови як важливого інструменту інформаційного супроводу навчального процесу.

Вказані реалії трансформують ключові принципи позиціонування іноземної мови в системі освітнього процесу. Якщо раніше іншомовні компетентності мали переважно автономний характер та відносилися до кластеру світоглядних суспільно орієнтованих навичок, то тепер іноземна мова набуває психоемоційного змісту.

Мотиваційний чинник, емоційно-комунікативна стійкість, психологічна стійкість в інформаційному просторі – всі ці аспекти формують нові психолінгвістичні характеристики вивчення іноземної мови в закладі вищої освіти.

Психолінгвістичні виміри мають декілька проявів, які визначають їхню затребуваність в навчальному процесі та при формуванні фахових компетентностей здобувача:

- персональний характер, завдяки якому здобувач вищої освіти створює сприятливий психоемоційний фон при сприйнятті та опрацюванні інформації різноманітного змісту (фахової, нової, світоглядної тощо), серед якої збільшується часка іншомовного навчального контенту;
- організаційний вимір, який визначає інформаційно-комунікативний кластер основою для набуття знань, аналізу подій, процесів та явищ, вирішення навчальних проблем і в якому іншомовний кейс відіграє ключову роль;
- навчальний кейс, у якому руйнуються перешкоди для використання іноземної мови в якості інструменту отримання навчальної інформації та створення освітнього простору, для якого характерне сприйняття полі лінгвістичного супроводу та забезпечення.

Сучасна наукова психолого-педагогічна методологія нові ролі викладацької активності, урізноманітнюючи зміст та формат вивчення іноземної мови в закладі вищої освіти:

- на пізнавальному рівні;
- на комунікативному рівні;
- на творчому рівні;

- на світоглядному рівні;
- на рівні саморозвитку [1].

Водночас, психолінгвістичні аспекти отримують практичне застосування в сучасному освітньому процесі. Зокрема, при вивченні іноземної мови важливо актуалізувати функцію блокування негативного перенесення перешкод з рідної мови на мову, що вивчається [3]. Така функція забезпечує психологічну стійкість при інформаційних потоках великих масштабів та інтенсивності, які в форматі іноземної мови, можуть викликати труднощі при сприйнятті чи трансляції.

Сучасний науково-лінгвістичний дискурс позиціонує когнітивні методи як здатність створювати судження, які є парадоксальними за формою та глибокими за змістом. Повноцінне сприйняття іноземної мови можливе за умови поєднання раціонального складника та емоційного забарвлення [2]. Синергія психолінгвістичного виміру у змісті вивчення іноземної мови в закладі вищої освіти висвітлена у Fig.1.

Figure 1. Синергія психолінгвістичного змісту іноземної мови.

Отже, психолінгвістичні аспекти вивчення іноземної мови є важливим фактором при вивченні іноземної мови в закладі вищої освіти. Формування психоемоційної стійкості до варіативності та інтенсивності інформаційних потоків є складовою успішного набуття не лише знань іноземної мови, але й їхнього використання в формуванні фундаментальних та фахових навичок здобувача вищої освіти.

References:

1. Cherniuk, T. (2024). Psychological aspects of foreign language learning. *Current issues in the humanities, 72*(4), 400-404. https://doi.org/10.24919/2308-4863/74-2-64

2. Demirezen, M. (2014). Relations between psycholinguistic approach and foreign language learning and teaching. *Ondokuz Mayis University Journal of Education Faculty, 17*(1), 33-44. https://izlik.org/JA93FY59DW

3. Koval, N. (2021). Cognitive Algorithms for Learning Foreign Languages: Psycholinguistics Approach. *Educational Challenges, 26*(1), 64-73. https://doi.org/10.34142/2709-7986.2021.26.1.06

ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ В КОНТЕКСТІ ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ

Тулюлюк Катерина,
Ph.D.,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

Вивчення іноземної мови є складним процесом, який передбачає формування навичок, які мають як фундаментальний характер знання, так і гнучке розуміння контексту. Знання двох чи кількох мов надає людині можливість сприйняти та проаналізувати подію, процес чи явище завдяки різним інформаційним потокам. Критичне мислення потребує різноманітності як інформаційного забезпечення, так і когнітивних здібностей людини. Унікальність знання іноземної мови полягає в тому, що цей кейс здатний забезпечити обидва виміри формування критичного мислення.

Особливого значення набуває процес вивчення іноземної мови, коли формуються фундаментальні навички. Для здобувача вищої освіти цей процес поглиблюється становленням критичного мислення в розрізі фахових компетентностей. Іноземна мова постає у двох ключових вимірах розвитку критичного мислення, що висвітлено в Fig. 1.

Figure 1. Вивчення іноземної мови в становленні критичного мислення.

Формування критичного мислення в процесі вивчення іноземної мови в рамках програми підготовки здобувача вищої освіти актуалізується на двох рівнях:

- індивідуальному – завдяки сприйняттю інформації та використанню чітких міркувань, які забезпечують здатність аналізувати події, процеси та явища;
- інституційному – завдяки залучення навчально-методичних програмних настанов та алгоритмів, які актуалізують критичне мислення в ході навчальної активності [1].

Зв'язок між алгоритмами критичного мислення та іншомовними компетентностями відзначається взаємопов'язаним процесом. Формування навичок критичного мислення в ході вивчення іноземної мови не лише зміцнює когнітивний потенціал здобувача вищої освіти, але й підвищує мовну та культурну компетентність [3]. Розуміння конкретного факту чи ситуації на фундаментальному рівні доповнюється можливістю варіативного сприйняття через отримання інформації іноземною мовою (а з нею й іншою соціокультурною позицією). Знання іноземної мови дозволяє поглянути на проблему з нейтрального, ворожого чи просто іншого боку, що розширює поле для аналізу та пошуку рішень.

Іншомовні компетентності, які набуваються в ході здобуття вищої освіти орієнтовані на декілька кластерів актуалізації критичного мислення:

- персональному, через який здобувач вищої освіти формує індивідуальний мисленнєвий потенціал з врахуванням здатності використовувати іншомовний формат інформації;
- світоглядному, який забезпечує можливість сприймати й розуміти загальні цивілізаційні та специфічні локальні виміри, які транслюються іноземною мовою;
- фаховому, завдяки якому здобувач вищої освіти має можливість отримати знання та інформацію з різноманітних джерел, які формують ефективність професійних навичок.

Сьогодення характеризується динамічністю та непередбачуваністю, тому для системи вищої освіти важливо формувати у майбутніх фахівців знання та навички на основі фундаментальності та гнучкості [2]. Кейс іноземної мови дозволяє забезпечити необхідну варіативність в отриманні та трансляції необхідної інформації навчального та фахового характеру.

Отже, вивчення іноземної мови в контексті формування критичного мислення є важливою складовою освітніх стратегій при підготовці здобувачів вищої освіти. Знання іноземної мови та процес її вивчення забезпечує розширення інформаційного поля, що стимулює розвиток критичного мислення та когнітивного потенціалу.

References:

1. Liang, W., & Fung, D. (2021). Fostering critical thinking in English-as-a-second-language classrooms: Challenges and opportunities. *Thinking Skills and Creativity, 39*. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100769

2. Poštić, S., Kriaučiūnienė, R., & Ivancu, O. (2023). Viewpoints on the Development of Critical Thinking Skills in the Process of Foreign Language Teaching

in Higher Education and the Labor Market. *Education Sciences, 13*(2), 152. https://doi.org/10.3390/educsci13020152

3. Snider, D. (2017). Critical Thinking in the Foreign Language and Culture Curriculum. *The Journal of General Education, 66*(1-2), 1-16. https://doi.org/10.5325/jgeneeduc.66.1-2.0001

ПОЛІТИЧНЕ САМОВИЗНАЧЕННЯ МОЛОДІ ЯК ІНТЕГРАЦІЯ ІДЕНТИЧНОСТІ ТА ЦІННІСНОЇ СТРУКТУРИ

Гручман Євген Павлович
аспірант 3-го року навчання, асистент кафедри
практичної психології ментального здоров'я
Національного університету «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна

У політичному самовизначенні молоді ключовим є не стільки факт наявності політичних поглядів, скільки їхня внутрішня організованість і психологічна зрілість. У мінливих та динамічних умовах, де соціальні наративи та уявлення швидко змінюються, самовизначення доцільно розуміти як поєднання політичної та громадянської ідентичності та ціннісної структури, що забезпечує стійку й автономну позицію особистості [1].

Політична та громадянська ідентичність дає відповідь на питання «хто я у політичному просторі?» і визначає межі «ми» та «інші», через які молода людина інтерпретує події, легітимність влади та прийнятні форми участі в політичний активності. Самовизначення у цьому сенсі постає як процес конструювання позиції на перетині індивідуальної автономії та групової належності. Саме так І. Циганенко описує політико-ідеологічне самовизначення молоді через механізми ідентифікації, ціннісного структурування та соціальної рефлексії [1]. Ідентичність потребує внутрішнього «змісту», який задають цінності як відносно стійкі критерії оцінки політичних явищ і цілей. Ш. Шварц показує, що цінності мають мотиваційну природу і організовуються у стабільні конфігурації, які пов'язані з вибором соціальних і політичних орієнтацій [6].

Тому політичне самовизначення доцільно трактувати як узгодження ідентичності (позиції «хто я/ми») та ціннісної структури (позиції «що для мене важливо»), а не як просту суму переконань. Узгодження означає, що політичні установки не суперечать базовим цінностям і можуть бути реалізовані у формах участі, прийнятних для суб'єкта. Л. Кияшко, аналізуючи чинники активізації політичної участі молоді, підкреслює, що стійка включеність спирається на інтеріоризовані норми, мотивацію та усвідомлення власної ролі в суспільстві [2]. На цій підставі можна окреслити критерії сформованості політичного самовизначення. Перший критерій – стійкість позиції: здатність зберігати базову логіку політичних оцінок попри інформаційні коливання та зовнішній тиск [3]. Другий – внутрішня узгодженість: відсутність системних суперечностей між декларованими цінностями і політичними установками, що відображає цілісність, а не фрагментарність самовизначення [свідерська]. Третій – рефлексивність, як здатність пояснювати власний вибір через усвідомлені підстави та відрізняти особисті переконання від запозичених сценаріїв [4]. Четвертий – автономність: позиція формується як результат самостійного

оцінювання, що психологічно пов'язано з потребою автономії, описаною Е. Десі та Р. Раяном у теорії самодетермінації [5].

Емпіричне «прикріплення» цих критеріїв можливе через поєднання інструментів, які відображають різні рівні інтеграції. PVQ дозволяє реконструювати профіль ціннісних пріоритетів і перевіряти узгодженість цінностей із політичними установками на рівні мотиваційних орієнтацій [6]. ОМПІС може виступати показником внутрішньої організації позиції, оскільки його шкали фіксують механізми автономізації, нормативності та раціоналізації як способи «збирання» політичного досвіду в систему. Через них операціоналізуються автономність і рефлексивність як вимірювані характеристики [1]. TIPI доцільно використовувати як фоновий диспозиційний контекст, що пояснює індивідуальні відмінності темпу та стилю інтеграції цінностей і ідентичності [2]. Отже, політичне самовизначення молоді варто розуміти як інтегрований психологічний конструкт, де ідентичність задає рамку «хто я», а цінності – логіку «чому саме так», і лише їхня узгодженість забезпечує сформованість, здатну витримувати кризову невизначеність [3].

Політичне самовизначення молоді доцільно розглядати як інтеграцію ідентичності та ціннісної структури, що задає психологічну цілісність політичної позиції. Критеріями сформованості виступають стійкість, узгодженість, рефлексивність і автономність, які можуть бути операціоналізовані через PVQ, ОМПІС і TIPI в єдиній логіці вимірювання.

Список літератури:

1. Циганенко Г. В. Соціально-психологічні механізми політико-ідеологічного самовизначення молоді : автореф. дис. … канд. психол. наук : 19.00.05. Київ, 2005. 21 с.

2. Політична участь молоді сучасної України: психологічні чинники активізації : монографія/за наук. ред. Л. О. Кияшко. Київ : Міленіум, 2014.216 с.

3. Корсакевич С. С. Політичне самовизначення молоді: соціально-психологічні особливості. *Проблеми політичної психології. Збірник наукових праць*. 2020. Вип. 9 (23). С. 183–194.

4. Свідерська О. І., Чорній О. В. Психологічні особливості політико-ідеологічного самовизначення. *Вісник Національного університету оборони України*. 2021. № 6 (64). С. 85–93.

5. Deci E. L., Ryan R. M. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*. – 2000. Vol. 55, No. 1. P. 68–78.

6. Schwartz S. H. Universals in the content and structure of values: Theoretical advances and empirical tests in 20 countries. *Advances in Experimental Social Psychology*. 1992. Vol. 25. P. 1–65.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДИ ФЕНОМЕНУ “ПСИХОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ”

Кожедуб Олена Василівна
кандидат соціологічних наук, доцент,
доцент кафедри військової психології та педагогіки
Військовий інститут Київського національного університету
імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Зубець Яна Олександрівна
викладач кафедри військової психології та педагогіки
Військовий інститут Київського національного університету
імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Зіняк Ігор Ярославович
викладач кафедри військової психології та педагогіки
Військовий інститут Київського національного університету
імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Російсько-українська війна, яка триває більше десяти років, актуалізувала проблему психологічної стійкості особистості українця. Сьогодні існує значна кількість наукових та науково-популярних публікацій, які присвячені даній проблемі. Представники психологічної спільноти надають пересічним громадянам практичні рекомендації щодо того як подолати наслідки впливу психотравмуючих ситуацій, як навчитись жити в умовах дії стресогенів.

Для досягнення мети нашого дослідження здійснимо операціоналізацію таких понять як *стійкість* та *життєстійкість*. Як слушно зазначає В. Готич, треба розрізняти такі поняття як resilience та hardiness. Так, ***resilience*** в перекладі з англійської означає *життєздатність, стійкість, еластичність, пружність*, а ***hardiness*** перекладається за допомогою таких термінів як *витривалість та життєстійкість* [15].

У науковій соціально-психологічній літературі поняття *стійкість* (resilience) використовується в контексті проблематики подолання стресу, підкреслює схильність особистості до свого унікального стилю сприйняття, оцінку та відповідну дію щодо складних життєвих ситуацій; це певна мотивація що допомагає долати події стресогенного характеру та їх наслідки.

Зазначимо, що S. Kobasa та S.Maddi розуміють *стійкість* (resilience) як проблему, а *витривалість* (hardiness) як вихід з цієї проблеми, або її механізм [7, 8].

Поняття *психологічна стійкість* (psychological resilience) у науковий обіг було введено порівняно недавно – у 70-х роках XX століття. Перші дослідження були проведені Еммі Вернер, яка описала результати 40-річного комплексного лонгітюдного дослідження дітей, які народились на Гавайських островах у місцевості Kauai у 1955 році. Зауважимо, що умови життєдіяльності цих дітей були жахливими, проте виявилось, що третина дітей, за якими велось спостереження не мали проблем ані психічного ані соціального характеру, на відміну від інших однолітків. Дослідниця назвала цих дітей відновлюванними (resilience) і почала шукати відповідь на питання: Що є стійкістю? Що впливає на стійкість? [17].

На думку В. Климчук, *психологічна стійкість* (resilience) представляє собою процес адаптації в ситуаціях впливу життєвих труднощів (травми, трагедії, небезпечного та значного стресу), з якими зіткнулася людина. На думку науковця *стійкість* – це досить типове явище, а не щось екстраординарне. Люди зазвичай є стійкими. В житті кожної людини трапляються періоди, які насичені важкими подіями, але більшість з нас їх долає, знаходячи свій ресурс [17].

Як зазначає В. Готич, поняття "*стійкість*" (resilience) має описовий характер, а термін "*витривалість*" (hardiness) є пояснювальним. *Стійкість* (resilience) говорить про те, як швидко людина може оговтатись від труднощів, залишитись сильною під дією стресу. При цьому, бути психологічно стійким (resilience), зовсім не означає, не відчувати впливу труднощів життя, не хвилюватись, не відчувати дистресу. Зазвичай, біль, страждання, гнів, сум супроводжують ті складні періоди життя людини, які вимагають психологічної стійкості. Отже, *психологічна стійкість* – це сукупність поведінки, думок та дій, яких можна навчитись та використовувати в процесі життєдіяльності. Тобто психологічна стійкість – це свого роду процес [15].

Розвитку психологічної стійкості людини сприяє низка факторів. До останніх E. Crawford, M. Wright, A. Masten відносять: наявність соціального оточення (сім'я, друзі), яке б потурбувалось та підтримало людину у складних життєвих обставинах; здатність планувати своє життя навіть в складних життєвих обставинах та здійснювати кроки реалізуючи ці плани; позитивний погляд на себе, віра у свої власні сили та здібності; наявність комунікативних навичок та навичок вирішення життєвих проблем; сформоване уміння справлятись з сильними почуттями та імпульсами; екологічні та індивідуальні фактори [10].

Досить часто у науковій літературі зустрічається визначення поняття *стійкості* (resilience), яке включає в себе два елементи: переживання певних труднощів та позитивний результат [15].

Зауважимо, що R. Khoda вважає що *стійкість* (resilience) є явищем, яке є результатом природних адаптаційних реакцій людини. Стійкість формується в процесі протистояння людини з серйозними загрозами і як результат такого протистояння – підвищення здатності досягати успіху [5].

З психологічної точки зору *стійкість* – це позитивна здатність справлятися зі стресом і лихом. Так, S. Kayani розглядає стійкість як свого роду захист і стійкість до факторів ризику, які будуть діяти у майбутньому [4].

На думку M. Waller *стійкість* – це позитивна реакція людини на несприятливі умови, а саме травми та загрози [13].

Зауважимо, що в процесі деяких досліджень виявлено зв'язок між психологічною стійкістю, поведінкою і емоціями людини, адже *психологічна стійкість* – це здатність підтримувати оптимальний рівень контролю організму відповідно до мов середовища. З'ясовано, що люди з такою адаптивною гнучкістю і високим рівнем психологічної стійкості частіше відчувають позитивні емоції та мають вищу самооцінку та кращу психологічну сумісність ніж ті, у яких зафіксовано низький рівень психологічної стійкості [30].

На думку N. Garmezy, A. Masten та V. Rutter, *психологічна стійкість* є різновидом відновлення, яке супроводжується виявом позитивних емоцій та когнітивними ефектами [1, 9, 11].

Так, O. Hjemdal, P. Vogel,S. Solem, K. Hagen та T. Stiles виявили, що існує залежність між високими показниками стійкості та низьким рівнем депресії, тривоги та обсесивно-компульсивними розладами [3].

У своєму дослідженні C. Agaibi та J. Wilson, визначають психологічну стійкість як здатність правильно адаптуватись до стресу та негараздів. Останніми можуть бути проблеми сімейного життя, проблеми здоров'я, фінансові, професійні негаразди тощо [1].

Зауважимо, що E. Klohnen спростовує думку про те що люди з високим рівнем стійкості не відчувають негативних емоцій, їх стійкість супроводжують емоції позитивного характеру. Науковець переконаний, що стійкість полягає у відносно легкій здатності особистості долати кризи, використовуючи свої ефективні методи їх подолання [6].

На думку M. Rutter стійкість притаманна середньостатистичній людині і не є рідкісною здатністю. Розвинути стійкість може кожен. Ця думка науковця, ще раз підтверджує, що стійкість треба розглядати як процес, а не як рису, яку треба мати [11].

Підсумовуючи зазначимо, що з точки зору західної школи психології *психологічна стійкість* (resilience) представляє собою процес адаптації особистості до несприятливих (як зовнішній так і внутрішніх) умов життєдіяльності людини, при цьому останні здатна підтримувати оптимальний стан свого організму без шкоди власному здоров'ю.

Щодо вітчизняної школи психології, то варто зазначити, що такі науковці як І. Аршава, О. Грицина, В. Клочков, М. Корольчук, О. Кокун, В. Крайнюк, А. Левенець, Н. Лозінська, В. Мороз, А. Неурова, В. Пішко, Х. Стельмащук, О. Тімченко та інші розглядають *психологічну стійкість* як якість особистості, яка допомагає їй протистояти життєвим труднощам, тиску несприятливих обставин, зберігати працездатність та здоров'я.

Так, М. Корольчук та В. Крайнюк підходять до визначення змісту поняття "*психологічна стійкість*" використовуючи структурно-функціональний підхід. На думку науковців, психологічна стійкість особистості проявляється через такі її складові як: *врівноваженість*, яка проявляється через здатність уникати руйнування організму та психіки, завдяки утриманню адекватного силі впливу

зовнішніх факторів; *стабільність*, яка проявляється через постійний рівень настрою; *опірність,* яка функціонально розкривається через здатність зберігати свободу поведінки та вибору способу життя [18].

Досліджуючи особливості психологічної готовності особистості до екстреної дії в стані емоційного стресу, О. Тімченко, спираючись на діяльнісний підхід, визначає психологічну стійкість, як основну характеристику діяльності особистості, яка характеризується адекватністю її психічного стану та забезпечує можливість підтримувати максимальну працездатність у найрізноманітніших екстремальних та напружених ситуаціях [23, 24].

На думку І. Аршави, стійкість виявляється у здатності системи відновлювати позитивні стани. Дослідниця узагальнює різні підходи та, спираючись на різні визначення, узагальнює: *стійкість* – відсутність змін протягом певного проміжку часу, *стійкість* –здатність повертатись у початковий стан після впливу стресу [14].

Зауважимо, що психологічна стійкість проявляється через поєднання таких індивідуально-особистісних рис як: врівноваженість (або рівновага), стійкість, стабільність (або постійність), опірність (або резильєнтність). Цей перелік індивідуально-особистісних рис властивий всім рівням організації людини – біологічному, психологічному, соціальному [19].

Зауважимо, що деякі вітчизняні дослідники, погоджуються зі своїми західними колегами та розглядають психологічну стійкість як адаптаційний процес, який дозволяє зберегти особистості узгодженість всіх її функцій. А на думку Х. Стельмащук, стабільність виконання не завжди передбачає стабільність структури функцій, а скоріш за все – це гнучкість [22].

Цікавий теоретико-методологічний підхід до визначення змісту поняття “психологічна стійкість” використовує А. Левенець. Дослідниця визначає *психологічну стійкість* як мінливу рівновагу всіх особистісних структур, які, в свою чергу, свідчать про пластичність та гнучкість “психічного матеріалу”; *психологічна стійкість* особистості, на її думку – це здатність індивіда здійснювати самоорганізацію та саморегуляцію своєї поведінки [20].

Досліджуючи психологічні засоби підвищення професійно-психологічної стійкості працівників пенітенціарних закладів, А. Левенець зазначає, що психологічна стійкість є цілісною та інтегральною характеристикою особистості та проявляється в адаптаційних реакціях щодо несприятливого впливу внутрішніх та зовнішніх чинників. Психологічна стійкість, на думку дослідниці, представляє модель саморегуляції, саморозвитку та самокорекції.

Спираючись на функціональний підхід в дослідженні природи психологічної стійкості, А. Левенець звертає увагу на те, що продуктивність (успішність) будь-якої діяльності, у будь-яких умовах і є її основною функціональною ознакою [20].

Цікавим методологічним підходом в дослідженні природи психологічної стійкості користується О. Грицина. Дослідник впевнений, що психологічна стійкість є цілісною індивідуальною характеристикою, яка дозволяє особистості витримати фрустраційний та стресогенний вплив складних життєвих ситуацій, а

така характеристика, з точки зору дослідника, багато в чому залежить від типу нервової системи, набутого життєвого досвіду, впливу соціального середовища [16.

Підсумовуючи зазначимо, що проаналізовані нами методологічні підходи до визначення природи феномену психологічної стійкості, були покладені у визначення психологічної стійкості, яке сформульоване наказом Головнокомандуючого Збройних Сил України № 305: ***психологічна стійкість військовослужбовця*** – це *здатність особи підтримувати необхідний рівень психологічної готовності протягом визначеного часу в конкретних умовах обстановки та швидко відновлювати свій психоемоційний стан після екстремальних (кризових) ситуацій* [21].

Список літератури

1. Agaibi C. E., Wilson J. P. Trauma, PTSD, and resilience: A review of the literature. *Trauma, Violence,& Abuse*. 2005. № 6(3). P. 195–216.
2. Garmezy N., Masten, A. The Protective Role of Competence Indicators in Children at Risk: Perspectives on Stress and Coping. *In E. M. Cummings, A. L. Green, & K. H. Karraki (Eds.), Life Span Developmental Psychology: Perspectives on Stress and Coping.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1991. P. 151–174.
3. Hjemdal O., Vogel P. A., Solem S., Hagen K., Stiles T. C. The Relationship between Resilience and Levels of Anxiety, Depression, and Obsessive-Compulsive Symptoms in Adolescents. *Clinical Psychology & Psychotherapy.* 2001. № 18. P. 314–321.
4. Kayani S. The Relationship between Emotional Intelligence, Resilience and Social Adjustment in Controlled Students to Explain the Mental Health Model. Master Thesis, Tehran: Allameh Tabatabai University, Faculty of Psychology and Educational Sciences. 2010.
5. Khoda R. The Concept of Psychological Health. *Mashhad: Javadan Shrud Publication.* 1995.
6. Klohnen E. C. Conceptual analysis and measurement of the construct of ego - resiliency. *Journal of personality and social psychology*. 1996. № 70(5). 1067p.
7. Kobasa S. C. Commitment and coping in stress resistance among lawyers. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1982.
8. Maddi S. R. Hardiness Training at Illinois Bell Telephone. *Health promotion evaluation*. 1987. P. 101–115.
9. Masten A. S. Ordinary Magic: Resilience Processes in Development. *American Psychology*. 2001. № 56. P. 227–238. URL:https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.3.227
10. Resilience and spirituality in youth, in E.C. Roehlkepartain, P.E. King, L. Wagener & P.L. Benson (Eds.), *The handbook of spiritual development in childhood and adolescence*. 2005. P. 355–370.
11. Rutter M. Developing concepts in developmental psychopathology. *Developmental psychopathology and wellness: Genetic and environmental influences*. 2008. P. 3–22.

12. Rutter M. Developing concepts in developmental psychopathology. *Developmental psychopathology and wellness: Genetic and environmental influences*. 2008. P. 3–22.

13. Waller, M. A. Resilience in Ecosystem Context: Evolution of the Concept. *American Journal of Orthopsychiatry*. 2001. № 71. P. 290–297.

14. Аршава І. Ф. Емоційна стійкість людини та її діагностика : дис. ... д-ра психол. наук : 19.00.02. Дніпропетровськ, 2007. С. 381–405.

15. Готич В.О. Resilience, hardiness, психологічна стійкість, життєстійкість: порівняльний аналіз понять у соціально-психологічних дослідженнях. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Скерія: Психологія. 2023. Том 34 (73 № 3). С.7-12.

16. Грицина О. М. Розвиток психологічної стійкості у керівників органів охорони державного кордону України : автореф. дис. … канд. психол. наук : 19.00.09. Хмельницький, 2018. 20 с.

17. Климчук В. О. Психологія посттравматичного зростання: монографія. *Національна академія педагогічних наук України, Інститут соціальної та політичної психології*. Кропивницький. 2020. 125 с.

18. Корольчук М. С., Крайнюк В. М. Соціально-психологічне забезпечення діяльності в звичайних та екстремальних умовах : навч. посіб. Київ : Ніка-Центр, 2009. 576 с.

19. Крайнюк В. М. Психологія стресостійкості особистості : монографія. Київ : Ніка-Центр, 2007. 432 с.

20. Левенець А. Є. Психологічні засоби підвищення професійно-психологічної стійкості працівників пенітенціарних закладів. *Вісник пенітенціарної асоціації України*. Київ, 2017. № 2. С. 62–69.

21. Про затвердження Інструкції з організації психологічного забезпечення особового складу Збройних Сил України : Наказ Головнокомандуючого Збройних Сил України № 305 від 18.10.2021 року

22. Стельмащук Х. Р. Психологічні чинники особистісної стресостійкості дітей-сиріт : дис. … канд. психол. наук : 19.00.01. Львів, 2019. 217 с.

23. Тімченко О. В. Проблема психологічної готовності військового фахівця до екстреної дії в стані емоційного стресу : автореф. дис. … канд. психол. наук : 19.00.01. Харків, 1995. 24 с.

24. Тімченко О. В. Синдром посттравматичних, стресових порушень: концептуалізація, діагностика, корекція та прогнозування : монографія. Харків : Видавництво Університету внутрішніх справ, 2000. 268 с.

USER INTERFACE DEVELOPMENT AS A KEY COMPONENT OF MODERN SOFTWARE ENGINEERING

Chuprina Anastasiia
First-year Student
Kharkiv National University of Radio Electronics

Melnyk Svitlana
Scientific advisor
Senior Lecturer
Department of Foreign Languages
Kharkiv National University of Radio Electronics

Introduction. Software engineering is often seen as nothing more than programming, algorithms, and system design. User interface is how users judge software; it creates the strongest first impression.

A user interface is how people and computers interact. A program might work technically, but a poor interface can make it hard to use. That is why many people stop using an application soon after trying it.

Software is now for users with different experience levels, expertise, and expectations. Interfaces must be easy to understand. If not, users may make mistakes or become frustrated with the system.

This paper examines the role of user interface efforts in software engineering. It closely considers technologies, how interface design shapes user experience, and why it is vital to prioritize users when creating software.

Key words: programming, user interface, software, software engineering, tools, technologies.

The role of the user interface in software engineering. The user interface provides a link between computer code and human actions. Users obtain info, perform actions, and take control of the system using the interface. For this reason, interface creation is a key part of software development.

From a technical perspective, the interface design often shapes the system's setup. If the interface logic is unclear, the code can be hard to maintain. But a well-thought-out interface often results in a cleaner program structure and easier changes.

In practice, interface options change often because users don't always use the software as expected. Developers may think actions are obvious, but users might struggle. Therefore, iterative interface testing and improvements are crucial in software engineering.

Current software should adhere to ease-of-use and accessibility standards. Interfaces need to serve both experts and beginners. Interface creation is both a design task and an engineering responsibility.

Technologies applied in user interface development. User interface creation uses technologies that enable developers to build visual and interactive components. For

websites, HTML, CSS, and JavaScript continue to be the main tools. Each tool is important for creating the structure, look, and feel of an interface [4].

Developers often use frameworks and libraries to simplify interface creation. Tools such as React, Angular, and Vue.js help build interfaces from reusable components. This helps developers reuse interface parts and manage large projects well.

Mobile interface creation has its own aspects. Mobile platforms provide tools for their operating systems. Platform-agnostic technologies have become popular. These let developers make applications for many devices using the same logic and interface parts.

Design tools are often used in early development to create interface layouts. These tools help showcase the interface's appearance and allow the team to discuss it. This can lower misunderstandings between designers and programmers.

Impact of user interface design on user experience and software quality. The design of a user interface greatly affects how people see a software product. When interface components are laid out logically, users complete tasks more quickly and with fewer mistakes. This improves user satisfaction and increases the chances of continued application use [2].

Poor interface choices can lead to repeated errors and misunderstandings. When this happens, users often blame the software, which can increase support requests and harm the product's reputation.

Consistency is also key. If similar actions create different results in different interface parts, users might feel unsure. Interface design consistency helps users predict system actions and feel more confident when using the system.

Software is now available on many kinds of devices. Thus, interfaces must adapt to differing screen sizes. Responsive design enables interfaces to adapt to different screen sizes without losing functionality [5].

User-centered design approach. User-centered design suggests that software should suit real user needs. In software engineering, this makes developers consider how people use the software from the beginning.

User feedback is the key. When users test early interfaces, they often find problems that developers did not expect. Fixing these problems early is easier and cheaper than later changes. This method also drives collaboration among developers, designers, and managers for better results. This makes the end product more intuitive and simple.

Challenges and future development. Even with current tools and guidelines, interface design still has its challenges. One involves striking a balance between look and system performance. Complex interfaces can slow down the application.

Another challenge involves creating software that is accessible to all. Developers need to consider users with varying abilities and backgrounds, which often requires more testing.

In the future, user interfaces will change as new technologies emerge. Artificial intelligence and immersive environments may lead to ways to interact. Software engineers will have to develop new skills to adapt to change.

Conclusions. User interface design is a key part of current software engineering. Interfaces determine how people interact with systems and shape their experience. The quality of the interface shapes how easy it is to use and how reliable the software is.

An examination of technologies and design methods shows that interface design should begin early in the software engineering process. Paying attention to user needs and the interface structure creates better software products.

To summarize, user interface design should be a core part of software engineering education and practice. Its value will rise as computer systems grow more complex.

References

1. Nielsen, J. (1994). Usability Engineering. Morgan Kaufmann.
2. Norman, D. A. (2013). The Design of Everyday Things. Basic Books.
3. ISO 9241-210:2019. Ergonomics of human-system interaction. Part 210: Human-centred design for interactive systems. International Organization for Standardization.
4. Mozilla Developer Network. Introduction to HTML, CSS, and JavaScript.
5. W3C. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. World Wide Web Consortium.
6. Trieu, N. (2022). Role of User Interface in Software Development.

ІНТЕГРАЦІЯ ФІЗИЧНО-ОБІЗНАНОГО ШІ ТА ПРИНЦИПІВ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ У ТРАНСПОРТНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Амброскін Максим,
Аспірант
Запорізького національного університету

Транспортна інженерія відмовляється від застарілої догми “вага-міцність” на користь холістичної моделі, де прозорість алгоритмів та життєвий цикл виробу стають ключовими змінними. Проаналізовано кризу довіри до класичного машинного навчання та обґрунтовано безальтернативність переходу до фізично-обізнаних нейромереж. Розглядається також конфлікт між економією та екологічним впливом композитів, який пропонується вирішувати через гібридні цифрові двійники.

Впровадження композитів перетворило проектування на рівняння з надто великою кількістю невідомих. Фізична необхідність “скидати вагу” наштовхнулася на комбінаторний вибух параметрів: від кута укладання волокон до хімії матриці. Оптимізація вуглепластику більше не є класичною інженерною задачею, це математичний виклик із сотнями змінних, де ручний перебір став технічно неможливим [1]. Коли значення маси електрокара на 10% конвертується у 13% економії енергії, індустрія змушена автоматизувати процеси [2]. Але тут виникає пастка: сліпа автоматизація створює небезпечний розрив між швидкістю отримання рішень штучним інтелектом та їхньою фізичною верифікацією.

Машинне навчання запропонувало революційну швидкість, замінивши тижні розрахунків миттєвим прогнозом. Алгоритми типу Random Forest чи CatBoost демонструють точніть $R^2 > 0.95$ та прогнозуючий ріст зносостійкості композитів у 17-25 разів краще за старі методи [3; 4]. Однак в авіації та пасажирських перевезеннях виникла фундаментальна криза довіри. Інженери не можуть покладатися на “чорні скриньки” глибоко навчання, які не пояснюють логіку своїх рішень. Проблема загострюється дефіцитом якісних даних для специфічних матеріалів [5]. Вихідом є інтеграція фізично-обізнаних нейромереж. На відміну від звичайного ШІ, ці моделі “знають” закони механіки суцільних середовищ та дозволяють заповнити прогалини в статистиці фізичними симуляціями. Це поєднує гнучкість ШІ із залізобетонною надійністю класичної фізики [6].

Епоха проектування виключно за “механічною тріадою” (вага\міцність\жорсткість) завершилася. Сьогодні економічні та екологічні наслідки - це не опція, а базове обмеження. Дослідження доводять: оптимізація без оцінки життєвого циклу є сліпою. Наприклад, вуглепластик у вантажівках знімає 55% ваги вузлів, але це має сенс лише за умови окупності паливом менш ніж за 5 років. Саме тому в масових сегментах часто перемагає дешевий

склопластик, попри скромніший виграш у вазі (≈18%) [7; 8]. Окремий виклик для циркулярної економіки - перевикористання матеріалів. Якщо з переробкою плоских панелей все зрозуміло, то для 3D-друку використання вторсировини все інакше. Алгоритми мусять навчитися прогнозувати деградацію властивостей вторинного волокна ще на етапі цифрового дизайну, оцінюючи втому матеріалу та його здатність до біорозкладання [9; 10].

Головна проблема галузі - не відсутність інструментів, а їхня фрагментарність. Ми маємо точні мікромоделі та швидкі ML-алгоритми, але вони працюють ізольовано. Майбутнє за "цифровими двійниками", які зшивають ці клапті в єдину систему. Гібридні методології поєднують багатоцільові генетичні алгоритми (для топології) з ML-моделями (для валідації) [11]. Це дозволяє замінити дорогі FEM-симуляції миттєвими прогнозами, де похибка не перевищує 11% [12]. А методи типу Ashby-VIKOR допомагають ранжувати тисячі матеріалів, знаходячи баланс між ціною та вуглецевим слідом.

Перехід вимагає відмови від клаптикової автоматизації. Стратегія майбутнього спирається на два принципи: довіра через фізику (через впровадження фізично-обізнаних моделей для веріфікації) та відповідальність через цифру (контроль життєвого циклу на етапі дизайну). Таким чином, екологічні норми перетворюються з бюрократичного тягаря на реальний драйвер інженерних інновацій.

Список використаних джерел:

1. Lu D., Zhang S., Li Z. et al. Carbon fiber reinforced composite material layup design optimization method and its application in automobile battery box // PLoS ONE. 2025. Vol. 20, No. 12. Art. e0322729. DOI: 10.1371/journal.pone.0322729.
2. Cinar R., Celik H. K., Ucar M., Rennie A. E. W. CAD–FEA Integrated Automation Platform for Structural Design, Deformation Simulation, and Size Optimization of Housings in External Gear Pumps // Applied Sciences. 2025. Vol. 15. Art. 12564. DOI: 10.3390/app152312564.
3. Singh A. P., Asgar M. E., Singholi A. K. S., Gautam U., Ranjan R. Machine Learning Approaches for Predicting Mechanical Properties of Composite Materials // Proceedings of 2nd International Conference on Emerging Applications of Artificial Intelligence, Machine Learning and Cybersecurity. AIJR Proceedings, 2025. P. 35–41. DOI: 10.21467/proceedings.178.5.
4. Berladir K. Machine Learning-Driven Prediction of Composite Materials Properties Based on Experimental Testing Data / K. Berladir, K. Antosz, V. Ivanov, Z. Mitaľová // Polymers. – 2025. – Vol. 17, no. 5. – Art. 694. DOI: 10.3390/polym17050694.
5. Karuppusamy M., Thirumalaisamy R., Palanisamy S. et al. A review of machine learning applications in polymer composites: advancements, challenges, and future prospects // Journal of Materials Chemistry A. 2025. Vol. 13. P. 16290. DOI: 10.1039/d5ta00982k.

6. Parra D. P., Ferreira G. R. B., Díaz J. G. et al. Supervised Machine Learning Models for Mechanical Properties Prediction in Additively Manufactured Composites // Applied Sciences. 2024. Vol. 14. Art. 7009. DOI: 10.3390/app14167009.

7. Nayak, B., Baliarsingh, A. K., Murmu, S., & Maharana, S. (2022). Composite Lamina Optimization Using Genetic Algorithm. International Refereed Journal of Engineering and Science, 11(4), 45–51.

8. Tomasi, I., Grandi, S., & Solazzi, L. (2025). Implementation of Composite Materials for an Industrial Vehicle Component: A Design Approach. Journal of Composites Science, 9, 168. https://doi.org/10.3390/jcs9040168

9. Pavlovic, A., Sintoni, D., Fragassa, C., & Minak, G. (2020). Multi-Objective Design Optimization of the Reinforced Composite Roof in a Solar Vehicle. Applied Sciences, 10(8), 2665. https://doi.org/10.3390/app10082665

10. Chatzipanagiotou, K.-R., Antypa, D., Petrakli, F., Karatza, A., Pikoń, K., Bogacka, M., ... & Koumoulos, E. P. (2023). Life Cycle Assessment of Composites Additive Manufacturing Using Recycled Materials. Sustainability, 15(17), 12843. https://doi.org/10.3390/su151712843

11. Wang, J., Yang, B., Tian, H., Wang, W., & Sang, X. (2025). Optimization Design and Mechanical Performance Study of Carbon Fiber-Reinforced Composite Load-Carrying Structures for Subway Driver Cabin. Materials, 18, 2524. https://doi.org/10.3390/ma18112524

12. Risaliti E., Del Pero F., Arcidiacono G., Citti P. Optimizing Lightweight Material Selection in Automotive Engineering: A Hybrid Methodology Incorporating Ashby's Method and VIKOR Analysis // Machines. 2025. Vol. 13. Art. 63. DOI: 10.3390/machines13010063.

ВИКЛИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Міненок Роман,
Аспірант
Запорізький національний університет

В останні кілька років стався якісно новий стрибок в застосуванні штучного інтелекту (ШІ) в інженерії програмного забезпечення (ІПЗ). Розробники ПЗ все частіше переходять на використання ШІ в своїх щоденних задачах і застовують його в своєму інструментарії. І хоча завдяки застосуванню трансформативних моделей ШІ основні покращення сталися в основному в сфері генерації кода штучним інтелектом (Generative AI), це переконало індустрію і її спеціалістів в перспективності данного напрямку для індустрії в цілому. ШІ зазнав широкого розповсюдження не тільки в цій сфері, а і в таких суміжних сферах як-от автодоповнення коду, аналіз коду на помилки або ж навіть генерування тестових сценаріїв для перевірки якості програмного забезпечення, а також для аналізу вимог до ПЗ та генерації технічної документації. Здатність ШІ аналізувати код, його структуру, архітектуру і автоматизувати рутині задачі повністю змінило те, як інженери працюють з кодом і відкрило перед ними можливості покращення продуктивності і зосередження зусиль на вирішенні більш складних викликів ІПЗ.

Можна зазначити що серед останніх публікацій на тему застосування ШІ в ІПЗ є загальна тенденція на зміну парадигми розробки і роль розробника ПЗ, де розробник виступає скоріше як партнер, тобто зазначається, що взаємодію з ШІ більше не можна охарактеризувати як імперативну [1, 2, 3]. Тобто з урахуванням сучасних тенденцій ШІ розглядається не просто помічником, а партнером, котрому водночас не варто однозначно довіряти, так як він має схильності до таких явищ як галюцинації і продукування коду з вразливостями. Це призводить до того, що особливої ролі надається такому явищу як пояснювальний штучний інтелект (Explainable AI або ж XAI), що дозволяє перетворити код, що генерує ШІ на більш прозорий і відстежувати його логику

Важливим викликом при застосуванні ШІ в індустрії є довіра (accountability) [4]. Історично при роботі над ML моделями алгоритм моделі посідав часто найголовніше місце, в той час як збір даних був рутиною, контролю над збором таких даних не надавалось значної ролі. Це призвело до того, що існуючі ML моделі створено з такими недоліками як порушення правил приватності, упередження та помилки в розмітці. Головна ідея полягає в запозиченні методів контролю якості з галузей, де відповідальність є критичною (наприклад, автомобільна індустрія, яка вже розглядалась раніше). При розробці ML моделей є необхідність дотримуватись стандартного циклу розробки ПЗ. Необхідно структурувати життєвий цикл даних моделей і запровадити таку концепцію як

фреймворк підзвітності (Accountability Framework). Це має дати відповідь на такі питання, як і чому розробники моделі збирають дані, а також, як вони будуть розробляти ML модель, тестувати, а також валідувати її. Також особливу увагу є сенс приділити можливості відкликати дані у разі виявлення проблем чи порушення приватності.

Також при використанні ШІ в розробці ПЗ пропонується підхід використання стандартного циклу розробки ПЗ [5]: цей принцип застосовується до всіх етапів - від збору вимог до розгортання, що має враховувати обчислювальні потужності, що необхідні для розгортання моделей у порівнянні з середовищем навчання. Щодо самого процесу розробки моделей пропонується використання модульної архітектури для їх гнучкості, а також принципу безперервної інтеграції (CI). Окрема увага приділяється системі контроля версій - такий підхід треба застосовувати не тільки для коду, а і для відстежування різних версій даних і конфігурацій моделей.

Стрімкий розвиток великих мовних моделей створює величезне навантаження на довкілля через навчання і експлуатацію цих інструментів [6]. Враховуючи подібне навантаження на екологію для оцінки моделей наряду зі стандартними метриками має бути додана екологічність (sustainability). Це дозволить перейти до свідомого використання таких моделей як GPT і Llama у роботі інженерів ПЗ. Важливість таких метрик полягає в тому, що на їх думку вони мають бути інтегровані в системи безперервного розгортання проєктів (CI / CD) для їх постійного моніторингу. Також розглядається використання методів стиснення моделей (квантування, дистиляція) для ефективного застосування і споживання ресурсів хмарних обчислень.

Для тестування же моделей ШІ пропонується застосувати загальноприйняті стандарти SDLC [7]. Для перевірки коректності роботи моделей стандартних юніт тестів буває вже недостатньо, за допомогою них вже неможливо ефективно протестувати моделі і виявити їх можливі дефекти і помилки. Пропонується застосувати нові метрики якості, щоб аналізували моделі на стійкість до атак, а також перевіряти їх на відсутність упередженості та запровадити пояснюваність прийнятих рішень

Варто підсумувати, що незважаючи на значне підвищення продуктивності і технологічні переваги, що дає застосування ШІ, існує ряд серйозних недоліків і викликів, що повстали перед індустрією у зв’язку з обширним використанням таких інструментів. Код, згенерований ШІ може містити дефекти, галюцинації і вразливості, що викликає необхідність появи і використання пояснювального ШІ (Explainable AI). Обов’язковим є також аналіз людиною-експертом згенерованого кода перед його впровадженням в реальний програмний продукт. Також наявні питання інтелектуальної власності та захисту конфіденційних даних при використання таких помічників.

Інтеграція технологій штучного інтелекту в інженерію програмного забезпечення забезпечує суттєве зростання продуктивності на всіх етапах життєвого циклу розробки. Водночас впровадження інтелектуальних

інструментів актуалізує потребу у свідомому управлінні ризиками та формуванні нових підходів до верифікації результатів.

Ключовим напрямом вирішення таких викликів пропонується розробка уніфікованих етичних та технологічних стандартів та протоколів, що мають бути інтерпретованими як для фахівців, так і для автономних ШІ-агентів. Імплементація таких правил є критично важливим на тлі переходу до мультиагентних середовищ розробки. Подальше зростання автономності програмних систем вимагає розробки багаторівневих механізмів контролю для гарантування високої якості, надійності та безпеки кінцевих програмних рішень.

Список використаних джерел

1. Куклін О., Іванова І., Боровик Т. Моделювання інтеграції штучного інтелекту в освітнє середовище. Інформаційні технології і засоби навчання. 2024. №5 (103). С. 207-232. DOI: 10.33407/itlt.v103i5.5735.

2. Alenezi M., Akour M. AI-Driven Innovations in Software Engineering: A Review of Current Practices and Future Directions. Applied Sciences. 2025. Vol. 15, №3, Art. no. 1344. DOI: 10.3390/app15031344.

3. Hou X., Zhao Y. et al. Large Language Models for Software Engineering: A Systematic Literature Review. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. 2024. Vol. 33, № 8, Art. no. 220. DOI: arXiv:2308.10620v6

4. Hutchinson B. et al. Towards Accountability for Machine Learning Datasets. FAccT '21. Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. Virtual Event Canada. March 3 - 10, 2021. P. 560 - 575. DOI: 10.1145/3442188.3445918.

5. Дроменко В.Б., Лісовець С.М. Особливості інженерії програмного забезпечення при розробленні систем з елементами штучного інтелекту. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2024. № 4. С. 74-81. DOI: 10.32782/2663-5941/2024.4/12

6. Cruz L. et al. Innovating for Tomorrow: The Convergence of Software Engineering and Green AI. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. 2025. Vol 34, Issue 5, P. 1 - 13. DOI: 10.1145/3712007

7. Любченко В. В. Про деякі аспекти інженерії програмних систем з елементами штучного інтелекту. Проблеми програмування. 2022. № 3-4 (105). С. 99-106. DOI: 10.15407/pp2022.03-04.099

AVIATION GROUND SUPPORT EQUIPMENT AS A FACTOR OF AIRPORT ENVIRONMENTAL SAFETY

Biliakovych Oleh,
Ph.D., Associate Professor
State University «Kyiv Aviation Institute»

Kharchenko Olena,
Ph.D., Associate Professor
State University «Kyiv Aviation Institute»

Over the past few decades, environmental performance has become a strategic priority for airport development. International civil aviation organisations, regulatory bodies, and airport operators increasingly focus on reducing the environmental footprint of aviation activities. Traditionally, primary attention has been devoted to aircraft emissions and fuel efficiency. However, aviation ground support equipment, which ensures continuous aircraft ground handling operations, represents a significant source of local environmental impact that is often underestimated.

GSE operates mainly on the apron and in close proximity to passenger terminals, where emissions, noise, and thermal loads directly affect airport personnel and passengers. From an operational engineering standpoint, the effectiveness of environmental measures is determined by actual duty cycles, load profiles, and GSE operating regimes rather than by nominal engine emission values. Therefore, the role of GSE in airport environmental safety should be assessed based on practical operational characteristics [1].

Role of GSE in Airport Operations.

Aviation ground support equipment includes a wide range of specialised vehicles and units providing aircraft towing, ground power supply, passenger and baggage handling, cargo operations, and technical support. A common feature of most GSE categories is cyclic operation with frequent engine starts, prolonged idling, and low-load conditions, which are particularly unfavourable from an environmental perspective.

The greatest contribution to local emissions and noise is made by those GSE types that operate for the longest duration during a single aircraft turnaround. These include baggage and container tractors operating with trains of carts, belt loaders and container loaders, apron buses, and ground power units (GPU/ADG). For wide-body aircraft, the operational time of such equipment increases significantly, leading to a proportional rise in environmental impact.

Thus, GSE represents one of the most promising targets for achieving measurable environmental improvements at airports without reducing operational capacity or service quality.

Selective Electrification of Ground Support Equipment.

Electrification is widely considered a key pathway for reducing the environmental impact of airport ground operations. From an engineering and operational perspective, however, a comprehensive transition to electric GSE is neither technically nor economically optimal. A selective approach, prioritising the electrification of the most intensively used equipment, appears to be more rational [2].

Electric powertrains are particularly suitable for GSE with predictable routes, limited operating areas, and regular access to charging infrastructure. This primarily applies to baggage and container tractors, apron buses, and auxiliary equipment operating within the apron area. Electrification of these categories enables substantial reductions in local pollutant emissions, noise levels, and heat release in passenger service zones.

At the same time, electrification cannot be regarded as environmentally neutral at the system level. The production of lithium-ion batteries is highly energy-intensive, and recycling or disposal remains a serious environmental challenge. Consequently, the overall environmental benefits of electric GSE should be evaluated using a full life-cycle assessment.

Hybrid Technologies as a Transitional Solution.

For certain GSE categories characterised by variable load profiles or extended operational range requirements, hybrid powertrains represent a technically justified compromise. Hybrid GSE enables reduced fuel consumption and emissions during idle and low-load operating phases, which are typical for aircraft ground handling.

From a practical perspective, hybridisation serves as an intermediate stage between conventional diesel-powered equipment and full electrification. It allows airports to achieve measurable environmental benefits while preserving operational flexibility and avoiding immediate large-scale infrastructure investments.

Hydrogen Technologies in Airport Energy Systems.

Hydrogen-based technologies are increasingly considered a long-term solution for decarbonising transport systems, including aviation. The results of PEST and SNW analyses of liquid hydrogen as a motor fuel demonstrate significant potential, provided that appropriate infrastructure, safety systems, and regulatory frameworks are established [3].

In the context of ground support equipment, hydrogen may be applied through fuel-cell systems supplying electric drivetrains or stationary and mobile power sources. However, high implementation costs, storage complexity, and stringent safety requirements currently limit large-scale deployment. Therefore, hydrogen technologies should be regarded as a long-term component of airport energy strategies that complement, rather than replace, electrification and hybridisation in the short and medium term.

System-Oriented Approach to Airport Environmental Safety.

Airport environmental safety is formed through the interaction of technical, organisational, and energy-related solutions. Selective electrification of GSE, the application of hybrid technologies, and the prospective use of hydrogen should be considered complementary elements of an integrated airport management system.

The integration of environmental monitoring, digital operational control systems, and modernised GSE lays the groundwork for optimising ground handling processes and aligns with the concept of sustainable airport development.

Aviation ground support equipment plays a crucial role in shaping airport environmental safety. The most significant environmental benefits can be achieved through selective electrification and hybridisation of GSE types with the highest operational intensity. Hydrogen technologies represent a promising long-term option but require further technological maturation and infrastructure development. A system-oriented approach to GSE modernisation enables a substantial reduction of local environmental impacts while maintaining airport operational efficiency

References:

1. ICAO. Environmental Protection – Aircraft Engine Emissions. ICAO, Doc 9889.
2. ACI Europe. Airport Carbon Accreditation – Policies and Guidance. Brussels, 2023.
3. Boichenko S., Chen L., Korovushkin V., Biliakovych O. PEST- and SNW-analysis of the use of liquid hydrogen as a motor fuel in aviation. System Studies in Energy, 2025, No.1(81), pp. 61–73. https://doi.org/ 10. 15407 / srenergy2025.01.061

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF OPERATION OF AIRFIELD UNMANNED VEHICLES

Tamargazin Oleksandr,
Doctor of Technical Sciences, Professor
Kyiv State University «Kyiv Aviation Institute»

The development prospects of civil aviation are inextricably linked to the creation and widespread use of robotic systems. The development and use of various classes of transport-type robotic systems has traditionally been a key element in airport logistics. However, despite extensive research into the development of unmanned vehicles, mass-produced deliveries of such robotic systems to airports are not expected in the near term. This is largely due to the specifics of flight safety, which require the operation of unmanned vehicles at airports as a new, complex, specialized piece of equipment. The modern system for operating aviation ground equipment therefore requires significant development in terms of regulatory documents, methodological aspects, and technological solutions [1].

In general, the system for operating unmanned vehicles at an airport is a set of interconnected equipment, means of operating them, personnel of operating units, and documentation.

The operational system tasks performed in civil aviation and the principles of their implementation are described in regulatory documents and are applicable to conventional (non-robotic) aircraft ground vehicles. It is quite obvious that the operational system for unmanned vehicles at an airport will differ significantly from the operation of traditional aircraft ground vehicles, both in the composition and content of the activities performed, as well as in the composition and interaction procedures of the main participants in the operational system. The reason for these differences is as follows.

The components of any robotic system, regardless of its type, purpose, or design features, always include a motion module and a payload module. Therefore, controlling robotic airfield systems requires simultaneously solving two significantly different but interrelated tasks: motion control (motion control module) and payload control (payload control module). Generally, depending on the implemented control algorithms, robotic airfield systems may include one or more unmanned vehicles.

An unmanned vehicle is a fairly typical ground-based robotic ground complex [2]. In their creation, the base chassis is used not as a platform (in particular, for housing the cabin, body, etc.), but as an independent element of a new design. Consequently, in the composition of an unmanned vehicle, the base chassis is not only a structural element, but also an element of an integrated system. In this regard, the structural elements (components) of the base chassis of unmanned vehicles influence other elements of the system and should be considered in conjunction with them, including when substantiating and implementing requirements for tactical and technical characteristics. In other words, the technical appearance of the propulsion module (base

chassis) and its specific functional capabilities are inextricably linked not only to issues of the creation of the propulsion control module itself, but also to issues of the compatibility of the propulsion module with the payload module, the construction of the control system, the production and operation of airfield robotic systems in general, and others.

Consequently, the operational system of airfield robotic systems is characterized by four groups of interrelated indicators (table 1), while the operational system of traditional aviation ground equipment is described by indicators that define the general properties of the system as an aviation ground equipment model (specifically, the properties of the propulsion module – the basic chassis). These properties will be common to both "conventional" (driver-equipped) vehicles and unmanned transport systems, and will be a priority for selecting system-technical solutions suitable for use in airfield transport systems.

Table 1.

List of complex vehicle indicators (option)

Group of indicators	Complex indicators
1. General properties of the complex as a model of ground-based aviation equipment	1.1 Overall dimensions
	1.2 Weight characteristics
	1.3 Engine characteristics
	1.4 Basic chassis specifications
2. Indicators of the organization of management of an unmanned transport complex	2.1 Sensor characteristics
	2.2 Characteristics of recorders
	2.3 Characteristics of actuators
	2.4 Characteristics of communication channels
	2.5 Autonomy characteristics
3. Indicators of the operating system of an unmanned transport complex	3.1 Transportation
	3.2 Storage
	3.3 Maintenance
	3.4 Repair
4. Sample integration capabilities	4.1 Compatibility of control algorithms
	4.2 Possibility of use in a group
	4.3 Difficulty of use

The second group of indicators characterizes the control properties of airfield robotic transport systems. The literature provides a wealth of information on various approaches to the practical implementation of motion control modules for ground-based robotic transport systems for various purposes, as well as some technical solutions that claim to be unique and universal [3].

Another group of indicators comprises properties characterizing the transportation, storage, maintenance, and repair of unmanned vehicles. A variety of practical situations that are generally possible in the field of organizing the operation of robotic transport systems have been examined in numerous studies.

The fourth group of indicators provides for the possibilities of developing ground-

based robotic systems, primarily in the area of their combined use, which is typical for promising forms and methods of aircraft servicing.

While the first and second groups of indicators characterize the design features of the robotic transport system, the third and fourth groups characterize the model's compliance with the existing operating system within the lifecycle stages of airport equipment. In the event of noncompliance with the third and fourth groups of indicators, the right to consider adapting the existing operating system for airfield robotic transport systems is warranted. This may involve justifying new (additional) requirements for the operating system and taking measures to meet them, or design modifications to the model, including its noncommissioning.

The following stages of the life cycle are considered the most significant for the airport logistics system: maintaining unmanned transport systems at the established level of readiness for their intended use and their intended use. Maintaining unmanned transport systems' readiness for their intended use is based on a maintenance and repair system that encompasses the main types of technical intervention: technical condition monitoring, maintenance, and repair, which are performed in a specific sequence and at a specified frequency. Regulatory (operational, technical) documentation clearly regulates these procedures for crewed vehicles and details the involvement of personnel from maintenance and repair units of specialized airport departments and enterprises operating on airport grounds, mobile repair teams from service organizations, and/or manufacturers, along with personnel assigned to the vehicles.

However, for example, regarding the maintenance of video surveillance systems (an integral part of unmanned transport systems), there is no regulatory document that clearly defines the list and frequency of relevant activities. Regulations for such activities are established by manufacturers, described in product operating instructions, and in some cases are not consistent with the requirements of current regulations. Thus, a contradiction arises, for example, between the requirements of standards and established maintenance practices for stationary video surveillance systems. The organization of maintenance of active optical rangefinders (scanning lidars in machine vision systems) is also currently not regulated.

Thus, the presence of a number of additional, complex subsystems in unmanned transport systems (as opposed to conventional aviation ground equipment) necessitates the implementation of a set of measures to adapt the aviation ground equipment operating system to expand the system's capabilities and ensure its compliance with the operating requirements of unmanned transport systems, a new product containing, in particular, a large number of unique electronic radio components. Specifically, the operating system for airfield unmanned transport systems must meet the following conditions:

- be adapted for commissioning by the staff of the regular unit, without carrying out additional preparatory work not provided for in the operating documentation, and without the participation of service organizations and/or manufacturers in this process;
- ensure operation without limitation of the time of use of the samples, with the possibility of maximum engine loading when driving on all types of roads in the airfield area, regardless of the time of year, day and meteorological conditions, with a

corresponding permissible reduction in traction-dynamic characteristics and fuel (energy) efficiency indicators;

- ensure that the personnel of the special equipment maintenance services prepare the vehicles for leaving the special equipment park;
- ensure the exit of equipment from the special equipment park and the return to the park at the parking places of airfield unmanned transport complexes by a specially formed unit of operators;
- maintain the technical characteristics of airfield unmanned transport complexes, their operability during and after exposure to unfavorable climatic factors;
- ensure the replacement of the waybill with an electronic reporting document for writing off fuel and lubricants and electricity and maintaining records of engine resource consumption, changing the procedure and registration of the release of airfield unmanned transport complexes for the operation of their fleet of special equipment;
- contain the necessary operational documents establishing the procedure for controlling the movement of airfield unmanned transport complexes, the specifics of operation in various climatic conditions, movement outside the airfield, energy consumption, the use of fuel, lubricants and working fluids.

Consequently, the overall operating system for airfield unmanned transport systems will differ significantly from "traditional" aviation ground equipment. To adapt (and develop) the aviation ground equipment operating system to support the intended use of airfield unmanned transport systems, it is necessary to meet a number of rather complex requirements related not only to organizational issues and the refinement of the regulatory and technical documentation system, but also to the operational readiness of new components—airfield unmanned transport system components (including electronic radio devices and components) necessary for controlling these robotic vehicles.

References:

1. Lysyy O., Rusnak V., Kostashchuk M. Recommendations on preparing units of unmanned ground complexes for use / Наукові праці Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, 2025, 24(2), pp. 78-87 DOI:10.37701/dndivsovt.24.2025.09

2. Korolova O., Kazan P., Khahula V., Lunkova H., Milkovych I. A variant for evaluating the effectiveness of unmanned ground vehicle unit application / Military Technical Collection, 2025, 33(2), pp.115-126 DOI:10.33577/2312-4458.33.2025.115-126

3. Korolova O., Milkovych I. Determination the impact of partial metric improvement on the evaluation of unmanned ground vehicle complex application effectiveness / Military Technical Collection, 2025, 33(2), pp. 20-26 DOI:10.33577/2312-4458.33.2025.20-26

ОСОБЛИВОСТІ ДОКУМЕНТАЛЬНОГО СУПРОВОДУ АВТОМОБІЛЬНИХ ТА ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ЄВРОПІ

Кім Катерина Володимирівна
кандидат психологічних наук, доцент,
в. о. завідувача кафедри «Правове забезпечення
та адміністрування транспортної діяльності»,
Український державний університет залізничного транспорту,
м. Харків

Ковальова Оксана Володимирівна
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри «Управління вантажною і комерційною роботою»
Український державний університет залізничного транспорту,
м. Харків

В умовах глобалізації та інтенсифікації міжнародних економічних відносин вантажні перевезення набувають особливого значення як об’єкт правового регулювання у сфері міжнародного та транспортного права. Автомобільний і залізничний транспорт є ключовими складовими транспортної системи Європи, що зумовлює необхідність належного правового забезпечення документального супроводу перевізних операцій.

Документальний супровід міжнародних вантажних перевезень виступає правовим інструментом регламентації договірних відносин між суб’єктами перевізного процесу, зокрема вантажовідправником, перевізником і вантажоодержувачем. Він забезпечує належне оформлення договору перевезення, визначення прав та обов’язків сторін, а також встановлення меж цивільно-правової відповідальності у разі порушення умов перевезення або заподіяння шкоди вантажу.

Правове регулювання міжнародних перевезень здійснюється на основі системи норм міжнародного права, сформованих положеннями багатосторонніх і двосторонніх міжнародних договорів, а також нормами національного законодавства держав – учасниць перевезення. У певних випадках у правозастосовній практиці використовуються міжнародні торговельні звичаї. Міжнародне перевезення визнається належним чином оформленим за умови укладення договору міжнародного перевезення та видачі відповідного транспортного документа, який має доказове значення.

Автомобільні вантажні перевезення в Європі регулюються Конвенцією про договір міжнародного дорожнього перевезення вантажів (CMR), яка визначає правовий статус сторін договору, умови виконання перевезення та підстави відповідальності перевізника. Міжнародна товарно-транспортна накладна CMR

є обов'язковим елементом договору перевезення та слугує письмовим доказом прийняття вантажу перевізником і умов його доставки [1].

Залізничні вантажні перевезення здійснюються відповідно до Єдиних правил СІМ, які встановлюють порядок укладення та виконання договору міжнародного залізничного перевезення. Залізнична накладна поєднує функції перевізного документа і договору перевезення, супроводжує вантаж протягом усього маршруту та забезпечує правовий контроль за його переміщенням [2].

Суттєву роль у правовому забезпеченні міжнародних перевезень відіграє супровідна комерційна та митна документація, зокрема рахунки-фактури, пакувальні листи, сертифікати походження товарів і митні декларації. Зазначені документи слугують правовою підставою для здійснення митних формальностей, застосування тарифних і нетарифних заходів регулювання, а також забезпечують дотримання вимог митного та податкового законодавства.

Важливим елементом правового регулювання міжнародних вантажних перевезень є питання цивільно-правової відповідальності сторін договору. Міжнародні транспортні конвенції передбачають спеціальні умови відповідальності перевізника за втрату, нестачу, пошкодження вантажу або прострочення його доставки, а також визначають межі такої відповідальності. Документальний супровід перевезення відіграє ключову роль у доведенні факту порушення договірних зобов'язань та є основним доказом при вирішенні транспортних спорів.

Розподіл ризиків у процесі міжнародного перевезення вантажів тісно пов'язаний з моментом переходу відповідальності за вантаж від відправника до перевізника та від перевізника до одержувача. Відповідні положення фіксуються у транспортних і товаросупровідних документах, що надає їм важливого юридичного значення. Належне оформлення документації дозволяє мінімізувати правові ризики, пов'язані з ушкодженням або втратою вантажу під час транспортування.

Окрему роль у системі правового забезпечення міжнародних перевезень відіграє страхування вантажів. Страхові договори слугують додатковим механізмом захисту майнових інтересів учасників перевізного процесу та сприяють компенсації можливих збитків, що виникають унаслідок настання страхових випадків. Умови страхування безпосередньо пов'язані з даними, зазначеними у транспортній документації, що підкреслює її значення як юридичного інструменту.

Впровадження електронних транспортних документів у європейській практиці також впливає на сферу відповідальності та страхування, оскільки спрощує процедури доказування, підвищує рівень достовірності інформації та сприяє уніфікації правозастосовної практики. Електронні документи визнаються рівнозначними паперовим та можуть використовуватися як докази у судових і позасудових спорах.

Сучасним етапом розвитку правового регулювання документального супроводу вантажних перевезень у Європі є впровадження електронного документообігу, зокрема електронної накладної e-CMR та цифрових залізничних

перевізних документів. Їх застосування сприяє підвищенню юридичної визначеності та гармонізації правозастосовної практики у сфері транспортного права [3].

Таким чином, документальний супровід автомобільних і залізничних вантажних перевезень є ключовим елементом правового механізму регулювання міжнародних транспортних відносин у Європі та важливою умовою ефективного захисту прав і законних інтересів учасників перевезень.

Список літератури

1. Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR). Geneva, 1956.

2. Uniform Rules Concerning the Contract of International Carriage of Goods by Rail (CIM).

3. European Commission. Digital Transport and Logistics Documentation. Brussels, 2022.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ У СИСТЕМІ A-SMGCS АЕРОПОРТУ

Личик Віктор Іванович,
Старший викладач
Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Система A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System) є ключовим компонентом сучасної інфраструктури управління наземним рухом повітряних суден (ПС) та авіаційної наземної техніки (АНТ) в аеропортах.

A-SMGCS— це система управління та контролю за наземним рухом повітряних суден і транспортних засобів на поверхні аеродрому, яка забезпечує навігацію та інструктаж через світлові сигнали, диспетчерські вказівки, карти руху, спостереження за допомогою радарів контролю наземного руху (SMR), системи відстеження положення ПС на аеродромі (ADS-B), технології визначення місцеположення ПС або транспортного засобу на основі сигналів його транспондера (MLAT), відеокамер, запобігання конфліктам і порушенням безпечних відстаней, автоматизацію обробки даних та інформування у реальному часі для підтримки рішень диспетчерів[1].

Система A-SMGCS передбачена для використання не тільки в умовах обмеженої видимості, але і в будь-яких погодних умовах для забезпечення максимальної пропускну здатність аеропорту.

Основним обмеженням та основним принципом проектування і впровадження системи A-SMGCS є здатність пілотів, водіїв АНТ та транспортних засобів і операторів системи інтерпретувати інформацію елементів управління та контролю A-SMGCS та виконувати свої відповідні обов'язки.

A-SMGCS є модульною системою, яка може включати до чотирьох рівнів функціональності: наглядовий (Surveillance), контрольний (Control), запобіжний (Conflict Detection and Alerting) та управлінський (Routing and Guidance) [1,2].

Наглядовий рівень забезпечує збір інформації про рух ПС і АНТ на робочій площі аеродрому за допомогою різних датчиків (SMR, ADS-B, MLAT, відео тощо) та надає диспетчерам управління повітряним рухом (УПР) точну та своєчасну інформацію про місцезнаходження та ідентифікацію всіх ПС, АНТ, транспортних засобів та іншого обладнання, що рухається або знаходиться на контрольованій території аеродрому.

При цьому забезпечується візуалізація інформації про рух на картографічному дисплеї робочого місця диспетчера при високій точності позиціонування об'єктів.

Контрольний рівень надає візуальну інформацію диспетчерам про ситуацію на аеродромі, щоб забезпечити ефективне керування наземним рухом в аеропорту. Система забезпечує чітке та швидке співставлення цілей на дисплеї з реальними ПС та АНТ, відображення статусу об'єктів (наприклад, дозволи на рух,

зайняті стоянки ПС), можливість змінювати або підтверджувати статуси об'єктів через інтерфейс системи.

Запобіжний рівень, забезпечує автоматичне виявлення потенційних зіткнень між об'єктами на робочій площі аеродрому та попередження диспетчерів.

Система автоматично виявляє потенційні конфлікти (наприклад, ризики зіткнення, порушення дозволів) між об'єктами на поверхні аеродрому та генерує своєчасні попередження для диспетчерів УПР. Для цього формуються алгоритми для прогнозування траєкторій руху та виявлення потенційних конфліктів (зіткнень, порушень безпечних інтервалів), надаються візуальні або звукові сигнали попередження диспетчеру. Основною вимогою для таких алгоритмів є мінімізація кількості хибних попереджень.

Управлінський рівень формує автоматичне генерування оптимальних маршрутів руління ПС, руху АНТ та надання візуальних інструкцій пілотам та водіям АНТ. При цьому забезпечується автоматичний розрахунок маршрутів з урахуванням завантаженості, конфліктів та правил аеродрому, надання візуальних інструкцій через системи освітлення руліжних доріжок (такі як Follow-the-Greens) або інтегровані кабінні дисплеї, та оптимізація потоку руху для зменшення часу руління та споживання палива як ПС, так і АНТ.

Використання автоматизації є одним із основних відмінностей системи A-SMGCS від діючих у кожному аеропорту систем SMGCS.

Розробка, апробація та впровадження алгоритмів функціонування кожного із зазначених рівнів є основним завданням для кожного конкретного аеропорту. Тому функціональні рівні системи A-SMGCS впроваджуються поступово, залежно від потреб та складності аеропорту.

Суть автоматизації в системі A-SMGCS полягає в тому, щоб забезпечити безпечне, ефективне та безперервне управління рухом ПС і АНТ на аеродромі навіть в умовах обмеженої видимості шляхом автоматичного збору, обробки та використання даних для підтримки рішень диспетчерів.

Створення та використання автоматизованої системи забезпечує безпечніші та ефективніші експлуатаційні умови для аеропорту, але водночас ускладнить взаємодію людини з системою. І в цьому напрямку є певні напрацювання як по лінії ICAO, так і по лінії Євроконтролю (EUROCONTROL).

Відповідно до концепції ICAO [1], розглядається чотири рівні автоматизації: надання інформації (індикативна підтримка), підтримка рішень (попередження, рекомендації), часткова автоматизація (наприклад, автоматичне керування світлосигнальною системою аеропорту) та повна автоматизація (автоматичне управління рухом без втручання людини).

Більшість сучасних аеропортів працюють лише на перших двох рівнях, де автоматизація підтримує, але не замінює диспетчера.

Штучний інтелект (ШІ) відкриває нові горизонти для автоматизації в системах A-SMGCS, підвищуючи безпеку, ефективність і адаптивність управління рухом ПС і АНТ на аеродромах [3].

Інтеграція ШІ в A-SMGCS дозволяє перейти від автоматизації до інтелектуалізації процесів.

Алгоритми машинного навчання аналізують траєкторії руху та передбачають потенційні конфлікти ще до їх виникнення.

ШІ враховує погодні умови, завантаженість руліжних доріжок, типи ПС і пріоритети, щоб пропонувати найефективніші маршрути, оптимізуючи їх.

Забезпечується автоматичне вмикання або вимикання світлових індикаторів на робочій площі аеродрому відповідно до поточної ситуації.

Комп'ютерний зір дозволяє ідентифікувати ПС, АНТ та транспортні засоби, і, навить, авіапасажирів та співробітників аеропорту у реальному часі.

ШІ надає диспетчерам рекомендації, базуючись на аналізі великого обсягу даних. Слід враховувати, що ШІ на сьогодні не замінює диспетчера, а підсилює його, тому важливим є навчання персоналу аеропорту.

Основні технології з використанням штучного інтелекту приведені у таблиці 1.

Таблиця 1.

Технології використання штучного інтелекту у системі A-SMGCS

Технологія	Застосування в A-SMGCS
Машинне навчання	Прогнозування конфліктів, оптимізація маршрутів
Комп'ютерний зір	Розпізнавання об'єктів, контроль зон обмеженого доступу
Обробка природної мови	Інтерфейси для диспетчерів, голосові команди
Інтеграція з цифровими вежами	Візуалізація ситуації в реальному часі

На сьогодні сформована лише загальна концепція системи A-SMGCS та тільки розробляються рекомендації щодо інтеграції ШІ в A-SMGCS, передбачаючи необхідність стандартизації, прозорості, достовірності та сертифікації впровадження цієї системи в аеропортах.

Разом з тим, ШІ вже активно впроваджується в аеропортах, зокрема як частина або надбудова над A-SMGCS.

В рамках програми досліджень та інновацій Європейського Союзу Horizon 2020 використовувалася тестова платформа Leonardo для моделювання в режимі реального часу робочого середовища аеропорту Софії (Болгарія)[4].

Випробування були зосереджені на удосконаленнях системи A-SMGCS на платформі Leonardo, включаючи нову підтримку безпеки аеропорту для диспетчерів в аеропортах, маршрутизацію та можливості наведення, у поєднанні з впровадженням каналу передачі даних, для цифрового керування робочою площею аеродрому для транспортних засобів аеропорту, планування та управління наземними маршрутами.

У Лондонському аеропорту Хітроу (Heathrow) офіційно проводиться випробування AI модулів у системі A SMGCS. Діє AI-підтримка диспетчерів, яка забезпечує використання алгоритмів прогнозування для виявлення потенційних конфліктів на руліжних доріжках.

Система вже протестована на понад 40 000 рейсів, поєднує дані з радарів та відео для створення єдиної візуалізації руху на пероні. Функціонують цифрові вежі управління на яких візуальні дані з камер обробляються ШІ для покращення ситуаційної обізнаності в умовах низької видимості [4] .

AI (Artificial Intelligence) модулі — це окремі програмні компоненти або блоки системи, які реалізують конкретні функції штучного інтелекту, тобто це “інтелектуальні блоки” в системі. Вони інтегруються у більші інформаційні системи (наприклад, A- SMGCS) і виконують спеціалізовані завдання, пов’язані з аналізом даних, прогнозуванням або автоматичним прийняттям рішень.

Висновок. Таким чином, ШІ — це не просто інструмент автоматизації, а каталізатор трансформації A-SMGCS у гнучку, адаптивну та передбачувану систему. Його впровадження дозволяє забезпечити високий рівень безпеки польотів в аеропортах, зменшити затримки рейсів ПС, підвищити безпеку та ефективність роботи аеропортів, особливо в умовах високої інтенсивності руху та складних метеорологічних умовах.

Список літератури:

1. International Civil Aviation Organization. Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual. Doc 9830 AN/452. First Edition. Montreal: ICAO, 2004. – 120 p.

2. EUROCONTROL. (2020). EUROCONTROL specification for advanced surface movement guidance and control system (A-SMGCS) services (EUROCONTROL-SPEC-171, 2nd ed.). Brussels, Belgium: EUROCONTROL. ISBN 978-2-87497-097-9.

3. Інтеграція штучного інтелекту та фокус на доступності: еволюція аеропортів у 2024 році. URL: https://life.obozrevatel.com/ukr/section-travel/news-integratsiya-iskusstvennogo-intellekta-i-fokus-na-dostupnosti-evolyutsiya-aeroportov-v-2024-godu-02-06-2024.html.

4. SESAR Joint Undertaking, Safety and efficiency boosts expected from enhanced airport surface management tool, 2022. URL: https://www.sesarju.eu/news/safety-and-efficiency-boosts-expected-enhanced-airport-surface-management-tool0.

5. NATS to trial use of Artificial Intelligence at Heathrow Airport to cut delays. URL: https://searidgetech.com/nats-to-trial-use-of-artificial-intelligence-at-heathrow-airport-to-cut-delays/

МЕТРОЛОГІЯ: АНАЛІЗ РІЗНОВИД ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТІВ

Пізінцалі Людмила Вікторівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
«Кафедра суднобудування і судноремонту ім. проф. Ю. Л. Воробйова»,
Навчально-науковий морський інженерно-технічний інститут,
Одеський національний морський університет

Россомаха Олена Ігорівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Навігація і керування судном»,
Навчально-науковий інститут морського флоту,
Одеський національний морський університет

Александровська Надія Ігорівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент доцент кафедри суднобудування і судноремонту ім. проф. Ю.Л. Воробйова
Навчально-науковий морський інженерно-технічний інститут,
Одеський національний морський університет

Дімова Світлана Миколаївна
кандидат технічних наук, доцент, доцент доцент кафедри суднобудування і судноремонту ім. проф. Ю.Л. Воробйова
Навчально-науковий морський інженерно-технічний інститут,
Одеський національний морський університет

Рабоча Тетяна Валентинівна
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри забезпечення військ (сил),
Навчально-науковий інститут логістичного забезпечення
Військова академія (м. Одеса), Одеса, Україна

Вступ

Постійне вдосконалення морського й річкового флоту та підвищення його технічно-професійного рівня зумовлюють необхідність високоякісної й різнобічної підготовки інженера-судномеханіка та інженера-суднобудівника. Така підготовка має відповідати вимогам Правила III/1 Міжнародної конвенції з підготовки і дипломування моряків та несення вахти 1978 року (ПДНВ) з урахуванням Манільських поправок, а також рекомендаціям ІМО, викладеним у модельному курсі ІМО 7.04 національним стандартам вищої освіти України та професійним стандартам морської галузі – для інженерів-судномеханіків.

Конвенції IMO: SOLAS, MARPOL, Load Line, COLREG – вимоги для інженерів-суднобудівників до безпеки, живучості, протипожежного захисту та екології суден.

Особливого значення набуває виконання ремонтних робіт безпосередньо в рейсі для судномеханіка, а для суднобудівника – робіт, пов'язаних, впершу чергу, із дефектацією та ремонтом суден, а також суднобудуванням. Важливу роль у цьому відіграє глибоке знання вимірювальних засобів.

Метою практичної підготовки здобувачів вищої освіти, відповідно до зазначених вимог компетентностей, є формування системи професійних знань та вмінь вахтових механіків і суднобудівників, які можуть бути застосовані під час практичної роботи на суднах морського та річкового флоту на посадах, передбачених кваліфікаційною характеристикою спеціальності. Важливо також сформувати здатність розв'язувати типові спеціалізовані задачі, пов'язані з проектуванням, конструюванням, технологією виробництва, ремонтом, реновацією, експлуатацією, технічним обслуговуванням та утилізацією суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки, суднових енергетичних та електротехнічних установок, систем, пристроїв та інших об'єктів суднобудування, їх основних конструктивних елементів (відповідно до спеціалізації).

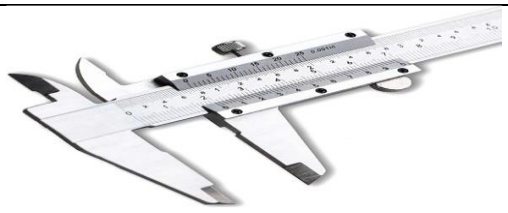
Актуальність теми

Актуальність теми обґрунтована популярністю приладу, простотою його використання, високою точністю та великим діапазоном вимірів. Штангенциркуль є універсальним вимірювальним інструментом і дуже затребуваний контролерами, технологами, конструкторами, токарями, фрезерувальниками, слюсарями, столярами, суднобудівниками та судномеханіками. Однак асортимент штангенциркулів на ринку дуже широкий, що потребує тривалих пошуків та порівнянь при виборі необхідного приладу.

Основна частина

Понад 190 років штангенциркулі є найпоширенішими професійними вимірювальними приладами в суднобудуванні та судноремонті.

Згідно з каталогу [1], штангенциркулі класифікують за типами відлікових пристроїв (Рис. 1).

	
а) – Штрихові ноніусні (зі шкалою Верньєра)	*б*) – З круговою шкалою (індикаторні)

в) – Цифрові електронні (з інкрементною або фотоелектронною шкалою)	*г)* – Комп’ютерний (з вбудованим мікрокомп’ютером)

Рисунок 1 – Класифікація штангенциркулів за типами відлікових пристроїв
Джерело: розроблено авторами на основі [1]

Чотири основні типи відлікових пристроїв (ноніусні, кругові, цифрові, електронні, комп'ютерні) відповідають основним поколінням 190-річної еволюції штангенциркулів, при цьому ми встановили високо значущу кореляцію у часі з п’ятьма Промисловими революціями (від «Industry 1.0» до «Industry 5.0»).

Штангенциркулі всіх типів випускаються згідно ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 та мають відповідне маркування (рис. 2):

1) штангенциркуль типу ШЦ-I;
2) штангенциркуль типу ШЦ-II;
3) штангенциркуль типу ШЦ-III;
4) штангенциркуль типу ШЦК;
5) штангенциркуль типу ШЦТ-I;

ШЦ-I ШЦ-II ШЦ-III

ШЦТ-I ШЦК ШЦЦ

Рисунок 2 – Штангенциркулі різних типів та їх маркування
Джерело: [2]

Перспективи розвитку моделей штангенциркулів включають подальшу інтеграцію цифрових технологій, підвищення точності вимірювань та розробку «розумних» інструментів з можливістю передачі даних.

Автори згодні з тим , що майбутнє штангенциркулів пов'язане з переходом від простих ручних інструментів до високотехнологічних, інтегрованих у виробничі процеси вимірювальних систем, які забезпечують більшу точність та ефективність.

Штангенциркулі майбутнього еволюціонують від простих вимірювальних інструментів до високоінтегрованих «розумних» пристроїв, що відповідають вимогам Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0.

Основні типи та інновації майбутніх штангенциркулів:

1. Комп'ютеризовані (інтелектуальні) штангенциркулі.

Це найбільш просунутий тип, який вже серійно виробляється деякими компаніями з 2016 року. Вони оснащені інтегрованим мікрокомп'ютером і мають такі функції:

- Двосторонній обмін інформацією: можливість інтеграції з виробничими системами, серверами, ПК та смартфонами.
- Автоматичний режим роботи: математична обробка результатів вимірювань, ведення журналів та архівування даних.
- Адаптивний моніторинг стану: компенсація температурного розширення деталі, математична компенсація похибки в діапазоні вимірювання та самокалібрування.

2. Цифрові штангенциркулі з розширеними можливостями підключення.

Ці моделі стають стандартом і мають вдосконалені функції, спрямовані на підвищення ефективності робочих процесів:

- Бездротове підключення (Bluetooth, Wi-Fi): для миттєвої передачі даних вимірювань на інші пристрої (ноутбуки, смартфони) та інтеграції в програмне забезпечення для аналізу.
- Інтеграція з Інтернетом речей (IoT): дозволяє об'єднувати дані з різних вимірювальних приладів в єдину мережу для комплексного моніторингу та аналізу виробничих процесів.

3. Спеціалізовані та вдосконалені конструкції.

Окрім інтеграції електроніки, розвиваються й інші аспекти:

- Підвищена надійність та захист: водонепроникні та пилозахищені конструкції з високими IP-рейтингами, що дозволяє використовувати інструменти в складних умовах (наприклад, у вологих або запилених виробничих середовищах).
- Ергономічний дизайн: нові конструкції приділяють більше уваги комфорту використання для зменшення втоми оператора під час тривалої роботи.
- Нові матеріали: використання інноваційних матеріалів, таких як алюмінієві або композитні сплави, для зменшення ваги без шкоди для міцності та точності.

На думку авторів, варто звернути увагу на штангенциркулі заводу «МІКРОТЕХ» (Україна). Завод не має офіційного загальнодоступного рейтингу своїх штангенциркулів, але їхні продукти (таблиця 3), зокрема цифрові моделі з високим ступенем захисту, часто відзначаються за якість та надійність у професійному середовищі та, на думку авторів відповідають вимогам Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0.

Таблиця 3

Штангенциркулі, що відповідають вимогами Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0.

Комп'ютеризовані (інтелектуальні) штангенциркулі	
Штангенциркуль ШЦКНК-1000/300 мікронний комп'ютеризований для зовнішніх вимірювань [3]	
	Діапазон виміру 0-1000 мм; оснащені модулем контролю сили, що дає можливість постійно проводити вимірювання з однією і тією самою силою (8 Н), що підвищує точність штангенциркуля до 5 мікрон. Для зовнішнього виміру з цифровою або бездротовою, або комп'ютеризованою системою індикації MICS з роздільною здатністю 1,54 дюйми; БЕЗКОШТОВНА версія програмного забезпечення для ПК з Windows, Android, планшетів та смартфонів iOS.
Штангенциркуль цифровий ШЦЦ-І [4]	
	Штангенциркуль з цифровим відліковим пристроєм тип ШЦЦ-150-0,01-IP67 з дискретністю 0,01 мм у вологостійкому виконанні підходить для зовнішніх, внутрішніх вимірювань і вимірювань глибини. Комплектується високоякісною швейцарською електронікою з дискретністю 0,01 мм, з функціями меню, переустановлення значення, передачі даних, переведення мм/дюйми і обнуління, предустановка значення.

Штангенциркуль для вимірювання міжцентрових відстаней [5]	
	Діапазоном до 500 мм та дискретністю 0,01 або 0,005 мм. Штангенциркулі ШЦЦМ для вимірювання міжцентрових відстаней призначені для вимірювання відстаней між центрами отворів і валів у важкодоступних місцях. У штангенциркуля ШЦЦМ для вимірювання міжцентровою відстаней індикація результату вимірювання здійснюється на вимірювальній рамці / ноніуса. Штангенциркулі ЦЦМ для вимірювання міжцентрової відстані виготовляються з нержавіючої сталі, вимірювальні поверхні губок загартовані. Мають цифровий порт для передачі даних на ПК.
Штангенциркуль універсальний [6]	
	Штангенциркуль універсальний з цифровим відліковим пристроєм ШЦЦУ призначений для вимірювань глибини канавок, розташованих на зовнішніх, внутрішніх поверхнях і для вимірювання міжцентрової відстані між однаковими отворами, розташованими в одній площині з різницею діаметрів не більше 1 мм. Ці штангенциркулі діапазоном до 500 мм та дискретністю 0,01 або 0,005 мм.

На думку авторів, особливим штангенциркулем є цифровий штангенциркуль лімітованої серії «РАЗОМ ДО ПЕРЕМОГИ» – це спеціальна серія вимірювальних інструментів від харківського виробника МІКРОТЕХ (рис. 6), [7]).

Рисунок 6 – Цифровий штангенциркуль лімітованої серії «**РАЗОМ ДО ПЕРЕМОГИ»**
Джерело: [7]

Штангенциркуль має такі основні характеристики та особливості:

- Діапазон вимірювань: 150 мм (або 6 дюймів).
- Дискретність (роздільна здатність): 0,01 мм.
- Електроніка: Використовується швейцарська електроніка (Swiss electronic).
- Клас захисту: IP67 (повний захист від пилу та короткочасного занурення у воду).
- Серія: Лімітована серія, випущено лише 300 одиниць.

Висновки

Штангенциркуль – єдиний із найбільш конструктивно простих і відомих вимірювальних інструментів.

Штангенциркулі відрізняються універсальністю, точністю показань і здатністю виконувати вимірювання як зовнішніх, так і внутрішніх розмірів.

Судномеханік, суднобудівник – це фахівці, що повинні володіти не тільки глибокими теоретичними знаннями в галузі суднобудування, машинобудування та електротехніки, а й практичними навичками, роботи з вимірювальними інструментами, головним з яких є штангенциркуль. Контроль розмірів деталей допомагає прийняти обґрунтовані рішення та запобігати аварійним ситуаціям, пов'язаним з відмовами обладнання; знижувати знос механізмів та підвищувати загальну продуктивність судна; аналіз тенденцій змін виміряних значень дозволяє планувати профілактичне обслуговування та ремонти до виникнення серйозних поломок.

Література

1. МІКРОТЕХ-2020-57ua [Електронний ресурс]. URL: https://microtech-ua.com (дата звернення: 27.01.2026).

2. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018. Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT). Київ : УкрНДНЦ, 2018. 48 с.

3. Штангенциркуль ШЦКНК-1000/300 мікронний комп'… [Електронний ресурс]. URL: https://microtech-ua.com (дата звернення: 27.01.2026).

4. Штангенциркулі цифрові ШЦЦ-І [Електронний ресурс]. URL: https://microtech-ua.com (дата звернення: 27.01.2026).

5. Штангенциркуль для вимірювання міжцентрових відстаней [Електронний ресурс]. URL: https://microtech-ua.com (дата звернення: 27.01.2026).

6. Штангенциркуль універсальний. Microteach-ua.com [Електронний ресурс]. URL: https://microteach-ua.com (дата звернення: 27.01.2026).

7. Цифровий штангенциркуль лімітована серія «Разом до перемоги» [Електронний ресурс]. URL: https://microtech-ua.com/index.php?id_product=11773&controller=product&id_lang=2 (дата звернення: 27.01.2026).

The authors of the VI International Scientific and Practical Conference «Current state and trends in the development of science and education » were representatives of the following educational institutions:

Podillia State University; Georgian Technical University; H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University; L. N. Gumilyov Eurasian National University; National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Lutsk National Technical University; Lviv Polytechnic National University; Donetsk National Medical University; Florida Institute of Technology; Ivan Franko National University of Lviv; Kryvyi Rih State Pedagogical University; The National University of Ostroh Academy; Ivan Franko Zhytomyr State University; Baku State University; Taras Shevchenko National University of Kyiv; Sumy Regional Institute of Postgraduate Pedagogical Education; Lesya Ukrainka Volyn National University; Municipal Educational Institution “Special School ‘Svitanok’ of the Dnipropetrovsk Regional Council”; Preschool Educational Institution Nursery–Kindergarten of Compensatory Type No. 12 “Sonechko” of the Kamianske City Council; Central Ukrainian National Technical University; State Scientific Research Institute for Testing and Certification of Armaments and Military Equipment; Kyiv University of Intellectual Property and Law; Kharkiv National University of Internal Affairs; Uzhhorod National University; Academician Stepan Demianchuk International University of Economics and Humanities; Mariupol State University; Astana Medical University; S. D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University; Bogomolets National Medical University; Kharkiv National Medical University; Karaganda Medical University; Vinnytsia National Medical University named after M. I. Pyrohov; Ivano-Frankivsk National Medical University; National University of Pharmacy; Paisii Hilendarski University of Plovdiv; Al-Farabi Kazakh National University; Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University; Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv; Kharkiv National University of Radio Electronics; Zaporizhzhia National University; Kyiv Aviation Institute; Ukrainian State University of Railway Transport; Odesa National Maritime University; Odesa Military Academy and others.

Current state and trends in the development of science and education

Scientific publications

Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference
«Current state and trends in the development of science and education»,
Bilbao, Spain. 275 p.
(February 10-13, 2026)

UDC 01.1
ISBN – 979-8-90214-604-9
DOI – 10.46299/ISG.2026.1.6

Text Copyright © 2026 by the International Science Group (isg-konf.com).
Illustrations © 2026 by the International Science Group.
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. 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, Ukraine and from neighboring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

The recommended citation for this publication is: Chantadze I. Design and evaluation of an energy-efficient automated greenhouse management system for optimized microclimate control. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. Bilbao, Spain. 2026. Pp. 13-23 URL: https://isg-konf.com/current-state-and-trends-in-the-development-of-science-and-education/