

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського

ВІСНИК
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського

Випуск 2/2022 (132)

- **Професійна освіта**
- **Економіка**
- **Менеджмент**
- **Екологія**
- **Комп'ютерні науки**
- **Прикладна механіка**
- **Матеріалознавство**
- **Галузеве машинобудування**
- **Електроенергетика,
електротехніка
та електромеханіка**
- **Електроніка**



Видавничий дім
«Гельветика»
2022

**ВІСНИК КРЕМЕНЧУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО**

Кременчук: КрНУ, 2022. Випуск 1 (132). 224 с.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

015 Професійна освіта

Беспарточна О. І., к. пед. н., доц., Україна
Загірняк М. В., д. т. н., проф., Україна
Осадча К. П., к. пед. н., доц., Україна
Осадчий В. В., д. пед. н., проф., Україна
Павленко О. О., д. пед. н., проф., Україна
Поясок Т. Б., д. пед. н., проф., Україна
Прошкін В. В., д. пед. н., проф., Україна
Emmerova Ingrid, Ph. D., Prof., Slovakia

051 Економіка

Гришко Н. Є., к. е. н., доц., Україна
Дружиніна В. В., д. е. н., доц., Україна
Маслак О. І., д. е. н., проф., Україна
Почтовюк А. Б., д. е. н., проф., Україна
Труніна І. М., д. е. н., проф., Україна
Ховрак І. В., д. е. н., доц., Україна
Mempeł-Sniezyk Anna, D. Sc., Ass. Prof., Poland

073 Менеджмент

Загірняк Д. М., д. е. н., проф., Україна
Маслак О. І., д. е. н., проф., Україна
Почтовюк А. Б., д. е. н., проф., Україна
Пряхіна К. А., к. е. н., доц., Україна
Семеніхіна В. В., к. е. н., доц., Україна
Труніна І. М., д. е. н., проф., Україна
Dusek Jiri, Ph. D., Ass. Prof., Czech Republic

101 Екологія

Маренков О. М., к. біол. н., доц., Україна
Мальцева І. А., д. біол. н., проф., Україна
Никифоров В. В., д. біол. н., проф., Україна
Пасенко А. В., к. т. н., доц., Україна
Сагун О. П., к. т. н., доц., Україна
Харламова О. В., д. т. н., доц., Україна
Шмандій В. М., д. т. н., проф., Україна
Andras Peter, Ph. D., Prof., Slovakia

122 Комп'ютерні науки

Гученко М. І., д. т. н., проф., Україна
Істоміна Н. М., к. т. н., доц., Україна
Литвиненко В. І., д. т. н., проф., Україна
Оксанич І. Г., д. т. н., проф., Україна
Перекрест А. Л., д. т. н., доц., Україна
Хайрова Н. Ф., д. т. н., проф., Україна
Шевченко І. В., д. т. н., доц., Україна
Chejka Jiri, Ph. D., Ass. Prof., Czech Republic

131 Прикладна механіка

Воробйов В. В., д. т. н., проф., Україна
Кратковський І. Л., к. т. н., с. н. с., Україна
Курінний В. П., д. т. н., проф., Україна
Кулинич В. Д., к. т. н., Україна
Фролов О. О., д. т. н., проф., Україна
Чебенко В. М., д. т. н., проф., Україна
Iliash Nykolai, Ph. D., Prof., Romania

132 Матеріалознавство

Аргат Р. Г., к. т. н., доц., Україна
Драгобецький В. В., д. т. н., проф., Україна
Мороз М. М., д. т. н., проф., Україна
Пузир Р. Г., д. т. н., доц., Україна
Шаповал О. О., д. т. н., доц., Україна
Шлик С. В., к. т. н., доц., Україна
Praunseis Zdravko, Ph. D., Ass. Prof., Slovenia

133 Галузеве машинобудування

Васильковська К. В., к. т. н., доц., Україна
Лещенко С. М., к. т. н., доц., Україна
Петренко Д. І., к. т. н., доц., Україна
Нестеренко М. М., к. т. н., доц., Україна
Савелов Д. В., к. т. н., доц., Україна
Саленко Ю. С., д. т. н., проф., Україна
Vasiukov Dmytro, Ph. D., Prof., France

**141 Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка**

Загірняк М. В., д. т. н., проф., Україна
Калінов А. І., к. т. н., доц., Україна
Коренькова Т. В., д. т. н., проф., Україна
Прус В. В., д. т. н., проф., Україна
Родькін Д. Й., д. т. н., проф., Україна
Сінчук О. М., д. т. н., проф., Україна
Чорний О. П., д. т. н., проф., Україна
Miljavec Damian, D. Sc., Prof., Slovenia
Shtumberher Boian, Ph. D., Prof., Slovenia

171 Електроніка

Єрохов В. Ю., д. т. н., проф., Україна
Лозінський В. Б., к. т. н., доц., Україна
Оксанич А. П., д. т. н., проф., Україна
Притчин С. Е., д. т. н., проф., Україна
Когдась М. Г., к. т. н., доц., Україна
Критська Т. В., д. т. н., проф., Україна
Klyui M. I., D. Sc., Prof., China

Головний редактор – М. В. Загірняк, дійсний член (академік) Національної академії педагогічних наук України, д. т. н., професор

Заступник головного редактора – В. В. Никифоров, д. б. н., професор

Виконавчий редактор – В. В. Латишева, к. ю. н., доцент

Науково-технічний редактор – Є. Є. Лашко, к. т. н.

Відповідальний секретар – М. В. Бігдан (англійська мова).

Науковий журнал видається з 1996 року. «Вісник КрНУ» внесено до групи «Б» переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук і доктора філософії (кандидата наук) зі спеціальностей: 015 Професійна освіта, 051 Економіка, 073 Менеджмент, 101 Екологія, 122 Комп'ютерні науки, 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство, 133 Галузеве машинобудування, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 171 Електроніка (накази МОН України від 07.11.18 № 1218 і від 18.12.18 № 1412).

Видання надсилається до провідних наукових бібліотек України, а його електронна версія зберігається у Національній бібліотеці України імені В.І. Вернадського. Журнал індексується у загальнодержавній базі даних «Україніка наукова» (реферативний журнал «Джерело»), а також у міжнародних наукометричних базах даних «Ulrich's Web Global Serials Directory», «eLIBRARY», «Index Copernicus», «Polish Scholarly Bibliography», «Infobase Index», «Inspec», «Open Academic Journals Index», «Google Scholar» і «Scientific Indexing Services».

«Вісник КрНУ» видається за рішенням Вченої ради Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (протокол від 28.03.2022 р. № 6). Свідоцтво про державну реєстрацію друкованих засобів масової інформації серії КВ № 18771–7571 ПР від 30.01.2012.

Журнал публікує після рецензування, редагування та перевірки на оригінальність статті, які містять результати досліджень з питань розвитку науки, освіти і виробництва, впровадження нових результатів фундаментальних досліджень і прикладних розробок у таких галузях знань: освіта, соціальні та поведінкові науки, управління та адміністрування, природничі науки, інформаційні технології, механічна інженерія, електроніка та телекомунікації, електрична інженерія.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

ISSN 1995-0519 (print)
ISSN 2072-8263 (online)

© Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського, 2022

Адреса редакції: вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук Полтавської обл., Україна, 39600. Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, НДЧ, кімн. 3211. т. +380688247608; E-mail: visnik@krmu.poltava.ua; website: www.visnikkrmu.kdu.edu.ua/

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

TRANSACTIONS
OF KREMENCHUK MYKHAILO OSTROHRADSKYI
NATIONAL UNIVERSITY

Issue 2/2022 (133)

- **Vocational Education**
- **Economics**
- **Management**
- **Ecology**
- **Computer Science**
- **Applied Mechanics**
- **Materials Science**
- **Industrial Machinery
Engineering**
- **Power Energetics,
Electrical Engineering
and Electromechanics**
- **Electronics**



PUBLISHING HOUSE
HELVETICA
2022

**TRANSACTIONS OF KREMENCHUK
MYKHAILO OSTROHRADSKYI NATIONAL UNIVERSITY**

Kremenchuk: KrNU, 2022. Issue 1 (132). 224 p.

EDITORIAL BOARD

015 Vocational Education

Bespartochna O. I., Ph. D. (Educ.), Ass. Prof., Ukraine
Zagirnyak M. V., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Osadcha K. P., Ph. D. (Educ.), Ass. Prof., Ukraine
Osadchyi V. V., D. Sc. (Educ.), Prof., Ukraine
Pavlenko O. O., D. Sc. (Educ.), Prof., Ukraine
Poiasok T. B., D. Sc. (Educ.), Prof., Ukraine
Proshkin V. V., D. Sc. (Educ.), Prof., Ukraine
Emmerova Ingrid, Ph. D., Prof., Slovakia

051 Economics

Hryshko N. Ye., Ph. D. (Econ.), Ass. Prof., Ukraine
Druzhynina V. V., Dr. Sc. (Econ.), Prof., Ukraine
Maslak O. I., D. Sc. (Econ.), Prof., Ukraine
Pochtoviuk A. B., D. Sc. (Econ.), Prof., Ukraine
Trunina I. M., D. Sc. (Econ.), Prof., Ukraine
Khovrak I. V., D. Sc. (Econ.), Ass. Prof., Ukraine
Mempel-Sniezyk Anna, D. Sc., Ass. Prof., Poland

073 Management

Zagirniak D. M., Dr. Sc. (Econ.), Prof., Ukraine
Maslak O. I., Dr. Sc. (Econ.), Prof., Ukraine
Pochtoviuk A. B., D. Sc. (Econ.), Prof., Ukraine
Pryakhina K. A., Ph. D. (Econ.), Ass. Prof., Ukraine
Semenikhina V. V., Ph. D. (Econ.), Ass. Prof., Ukraine
Trunina I. M., Dr. Sc. (Econ.), Prof., Ukraine
Dusek Jiri, Ph. D., Ass. Prof., Czech Republic

101 Ecology

Marenkov O. M., Ph. D. (Biol.), Ass. Prof., Ukraine
Maltseva I. A., D. Sc. (Biol.), Prof., Ukraine
Nykyforov V. V., D. Sc. (Biol.), Prof., Ukraine
Pasenko O. V., Ph. D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Sakun O. P., Ph. D., Ass. Prof., Ukraine
Kharlamova O. V., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Shmandiy V. M., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Andras Peter, Ph. D., Prof., Slovakia

122 Computer Science

Huchenko M. I., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Istomina N. M., Ph. D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Lytvynenko V. I., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Oksanich I. H., Ph. D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Perekrest A. L., D. Sc. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Khairova N. F., Dr. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Shevchenko I. V., D. Sc. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Chejka Jiri., Ph. D., Ass. Prof., Czech Republic

131 Applied Mechanics

Vorobiov V. V., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Kratkovskiy I. L., Ph. D. (Eng.), S. R., Ukraine
Kurinni V. P., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Kulynych V. D., Ph. D. (Eng.), Ukraine
Frolov O. O., Dr. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Chebenko V. M., Dr. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Iliash Nykolas, Ph. D., Prof., Romania

132 Materials Science

Arhat R. H., Ph. D., Ass. Prof., Ukraine
Drahobetskyi V. V., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Moroz M. M., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Puzyr R. H., Dr. Sc. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Shapoval O. O., Dr. Sc. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Shlyk S. V., Ph. D., Ass. Prof., Ukraine
Praunseis Zdravko, Ph. D., Ass. Prof., Slovenia

133 Industrial Machinery Engineering

Vasylkovska K. V., Ph. D., Ass. Prof., Ukraine
Leshchenko S. M., Ph. D., Ass. Prof., Ukraine
Petrenko D. I., Ph. D., Ass. Prof., Ukraine
Nesterenko M. P., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Savielov D. V., Ph. D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Salenko Yu. S., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Vasiukov Dmytro, Ph. D., Prof., France

**141 Power Energetics, Electrical Engineering
and Electromechanics**

Zagirnyak M. V., Dr. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Kalinov A. I., Ph. D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Korenkova T. V., D. Sc. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Prus V. V., D. Sc. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Rodkin D. I., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Sinchuk O. M., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Chorny O. P., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Miljavec Damian, D. Sc., Prof., Slovenia
Shtumberher Boian, Ph. D., Prof., Slovenia

171 Electronics

Yerokhov V. Yu., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Lozinskyi V. B., Ph. D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Oksanich A. P., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Pritchyn S. E., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Kohdas M. H., Ph. D. (Eng.), Ass. Prof., Ukraine
Krytska T. V., D. Sc. (Eng.), Prof., Ukraine
Klyui M. I., D. Sc. (Phys-Math.), Prof., China

Editor-in-chief – M. Zagirnyak, Active member of The National Academy of Pedagogic Sciences of Ukraine, D. Sc. (Eng.), Prof.

Deputy Editor-in-Chief – V. V. Nykyforov, D. Sc. (Biol.), Prof.

Executive Editor – V. V. Latysheva, Ph. D. (Law), Ass. Prof.

Science Editor – Ye. Ye. Lashko, Ph. D. (Eng).

Executive Editor – M. V. Bigdan (English).

The journal has been published since 1996. «Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University» is included in the «B» group in the list of scientific professional editions of Ukraine in which the results of dissertations for the scientific degrees of the Doctor of Sciences and the Doctor of Philosophy (Candidate of Sciences) in the following specialties: 015 Vocational Education, 051 Economics, 073 Management, 101 Ecology, 122 Computer Science, 131 Applied Mechanics, 132 Materials Science.

The edition is sent to the leading scientific libraries of Ukraine, and its electronic version is stored in Vernadsky National Library of Ukraine. The journal is indexed in the «*Ukrainika Naukova*» national database (the «*Dzherelo*» abstract journal), as well as in the «*Ulrich's Web Global Serials Directory*», «*eLIBRARY*», «*Index Copernicus*», «*Polish Scholarly Bibliography*», «*Infobase Index*», «*Inspec*», «*Open Academic Journals Index*», «*Google Scholar*» and «*Scientific Indexing Services*» international scientometric databases.

The journal is published by the decision of the Academic Council of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (Record No. 6 of March 28, 2022). Registration Certificate of the state registration of printed mass media: series KV No. 18771–7571 PR of January 30, 2012.

The journal publishes papers which were reviewed, edited and verified as to their originality and availability of the results of research in the development of science, education and production, the implementation of new results of fundamental research and applied developments in the following areas of knowledge: education, social and behavioral sciences, management and administration, natural sciences, information technology, mechanical engineering, electronics and telecommunications, electrical engineering.

The articles checked for plagiarism using the software StrikePlagiarism.com from the Polish company Plagiat.pl.

ISSN 1995-0519 (print)
ISSN 2072-8263 (online)

© Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 2022

Address of the editorial office: vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, Poltava region, Ukraine, 39600. Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Scientific and Research Department, r. 3211. t. +380688247608; E-mail: visnik@krnu.poltava.ua; website: www.visnikkrnu.kdu.edu.ua/

ЕКОЛОГІЯ

ДОСЛІДЖЕННЯ МІГРАЦІЇ ПЕСТИЦИДІВ У ІНЕРТНОМУ
ЗЕРНИСТОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....13
Віра Сабадаш, Валерія Бахтіна

ЕКОНОМІКА

ТЕРИТОРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ АДМІНІСТРАТИВНОЇ РЕФОРМИ
ЗАХІДНО-ПОЛІСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ..... 19
Оксана Портухай, Тетяна Велесик, Тетяна Василюшина

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

REVIEW OF PARTIAL DISCHARGE ENVIRONMENTAL ASPECTS
AND ACTIVITY AT ALTERNATING AND DIRECT CURRENT VOLTAGES.....26
Yevgeniy Trotsenko, Artem Nesterko, Yuliya Peretyatko, Mandar Madhukar Dixit

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ МЕДИЧНИХ РІШЕНЬ
З УРАХУВАННЯМ НОРМ ЦИВІЛЬНОГО ПРАВА..... 34
Єлизавета Гнатчук

ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ СТЕЖЕННЯ СУЧАСНИХ БПЛА
НА БАЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....41
Юрій Кубрак, Дмитро Плечистий, Ігор Толстой

МАТЕМАТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ПРОПУСКНОЇ
СПРОМОЖНОСТІ ВУЛИЧНО-ШЛЯХОВОЇ МЕРЕЖІ.....48
Дахмані Мохамед

КЛАСИФІКАЦІЯ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ..... 55
Тамара Савчук, Олександр Пупко

СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ «ЗМІЙКА» ЗАСОБАМИ
ВІЗУАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ SCRATCH..... 61
Ольга Тітова

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ
ОНЛАЙН-ОРЕНДИ АВТОМОБІЛІВ.....66
Олександр Шпинковський, Марія Шпинковська, Наталія Дихтяр

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ, ОПЛАВЛЕНИХ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ М. КИЇВ.....	75
<i>Артемій Бернацький, Микола Соколовський, Володимир Лукашенко, Олександр Данилейко, Наталія Шамсутдінова, Валентина Бондарєва, Олександр Сіора</i>	
ВПЛИВ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА НА ДІЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ.....	85
<i>Едуард Лисенков, Олександр Стрюцький</i>	

ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАНЬ РІДИНИ В РЕЗЕРВУАРАХ З ПРУЖНОЮ ОСНОВОЮ ВІНКЛЕРА.....	91
<i>Іван Верушкін, Олена Стрельнікова</i>	
ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАГОНА-ЦИСТЕРНИ ПРИ ЙОГО ЗАКРІПЛЕННІ В'ЯЗКИМИ СТЯЖКАМИ НА ПАЛУБІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПОРОМУ	101
<i>Альона Ловська, Олексій Фомін, Дмитро Скуріхін, Андрій Рибін</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ МЛИНІВ САМОПОДРІБНЕННЯ РУД В УМОВАХ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ.....	108
<i>Микола Сокур, Роман Аргат, Володимир Білецький, Денис Божик</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ БАРАБАНА МЛИНА САМОПОДРІБНЕННЯ В ПОЛІ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ.....	116
<i>Микола Сокур, Роман Аргат, Володимир Білецький, Денис Божик</i>	

ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА

ФОРМУВАННЯ ПРОГНОСТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ У МАЙБУТНІХ ВИХОВАТЕЛІВ: ДИДАКТИЧНИЙ АСПЕКТ.....	124
<i>Оксана Бартків, Євгенія Дурманенко</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ У ВИЩІЙ ШКОЛІ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ЧИННИК ЇЇ РОЗВИТКУ.....	131
<i>Світлана Гринюк, Ірина Зайцева</i>	
ГРАМОТНІСТЬ У ПИТАННЯХ ЗДОРОВ'ЯЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ПРІОРИТЕТ СИСТЕМИ ОСВІТИ ШКОЛЯРІВ В УМОВАХ НОВИХ СОЦІАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ.....	138
<i>Наталія Завидівська, Ольга Завидівська, Олена Ханікянц</i>	

ЗМІСТ

ФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ ДИСТАНЦІЙНОГО ТА ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ.....	145
<i>Анна Квятковська</i>	
МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ВЧЕНИХ НАПН УКРАЇНИ ДО ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ ДІТЕЙ ТА МОЛОДІ.....	151
<i>Юрій Красильник, Світлана Лапаєнко</i>	
СТАНОВЛЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ВИХОВАТЕЛІВ В УКРАЇНІ (У ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ХІХ – НА ПОЧАТКУ ХХ СТ.).....	159
<i>Руслана Найда</i>	
ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИЙ ПІДХІД У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ БІОЛОГІВ ЯК УМОВА РЕАЛІЗАЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ.....	167
<i>Ірина Упатова, Олена Дехтярьова, Віталій Москальов</i>	
АЛГОРИТМИ РЕАЛІЗАЦІЇ КЕЙС-ТЕХНОЛОГІЇ В МЕЖАХ ФОРМУВАННЯ У МАЙБУТНІХ МАРКЕТОЛОГІВ АНГЛОМОВНОЇ ЛЕКСИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ В ДІЛОВОМУ ПИСЬМІ.....	173
<i>Ірина Чорна-Климовець</i>	

TABLE OF CONTENT

ECOLOGY

ДОСЛІДЖЕННЯ МІГРАЦІЇ ПЕСТИЦИДІВ У ІНЕРТНОМУ ЗЕРНИСТОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	13
<i>Vira Sabadash</i>	

ECONOMICS

TERRITORIAL ANALYSIS OF THE ADMINISTRATIVE REFORM OF THE WESTERN POLISSYA REGION OF UKRAINE.....	19
<i>Oksana Portukhai, Tanya Velesyk, Tetiana Vasylyshyna</i>	

POWER ENERGETICS, ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS

ОГЛЯД ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ ТА АКТИВНОСТІ ПРИ НАПРУЗІ ЗМІННОГО ТА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.....	26
<i>Євгеній Троценко, Нестерко Артем, Юлія Перетятко, Мандар Мадхукар Діксіт</i>	

COMPUTER SCIENCE

INFORMATION TECHNOLOGY FOR SUPPORTING THE MEDICAL DECISION-MAKING CONSIDERING THE NORMS OF CIVIL LAW.....	34
<i>Yelyzaveta Hnatchuk</i>	

FORMATION OF A COMPLEX SYSTEM FOR MONITORING MODERN UAVS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....	41
<i>Yuri Kubrak, Dmytro Plechystyy, Ihor Tolstoi</i>	

MATHEMATICAL TOOLS FOR ASSESSMENT OF STREET AND ROAD NETWORK CAPACITY.....	48
<i>Dahmani Mohamed</i>	

CLASSIFICATION OF DATA BY NEURAL NETWORKS.....	55
<i>Tamara Savchuk, Oleksandr Pupko</i>	

DEVELOPMENT OF COMPUTER GAME “SNAKE” BY MEANS OF VISUAL PROGRAMMING IN SCRATCH.....	61
<i>Olha Titova</i>	

ANALYSIS OF FACTORS AND TOOLS TO STIMULATE ONLINE CAR RENTAL SYSTEMS.....	66
<i>Oleksandr Shpinkovski, Maria Shpinkovska, Natalia Dikhtyar</i>	

MATERIALS SCIENCE

CALCULATION OF THERMAL FIELDS FOR COATINGS, CREATED BY THERMAL SPRAYING UTILIZING LASER MELTING.....	75
<i>Artemii Bernatskyi, Mykola Sokolovskyi, Volodymyr Lukashenko, Oleksandr Danyleiko, Nataliia Shamsutdinova, Bondarieva Valentyna, Oleksandr Siora</i>	

TABLE OF CONTENT

THE EFFECT OF SILVER NANOPARTICLES ON THE DIELECTRIC PROPERTIES OF POLYMER NANOCOMPOSITES BASED ON POLYETHYLENE GLYCOL.....	85
<i>Eduard Lysenkov, Oleksandr Strutkyi</i>	
INDUSTRIAL MACHINERY ENGINEERING	
COMPUTER SIMULATION OF LIQUID VIBRATIONS IN TANKS RESTING ON THE WINKLER FOUNDATION.....	91
<i>Ivan Vierushkin, Olena Strelnikova</i>	
DETERMINING THE LOAD OF A TANK CAR WHEN IT IS FIXED WITH VISCOUS TIES ON THE DECK OF A RAILWAY FERRY.....	101
<i>Alyona Lovska, Oleksij Fomin, Dmytro Skurikhin, Andrij Rybin</i>	
STUDY OF THE RELIABILITY PARAMETERS OF SELF-FINISHING ORE MILLS IN THE CONDITIONS OF THE KRYVORIZ BASIN.....	108
<i>Mykola Sokur, Roman Arhat, Volodymyr Biletskyi, Denis Bozhyk</i>	
RESEARCH OF THE STRESS STATE OF THE DRUM OF THE SELF-FINISHING MILL IN THE FIELD OF CENTRIFUGAL FORCES.....	116
<i>Mykola Sokur, Roman Arhat, Volodymyr Biletskyi, Denis Bozhyk</i>	
VOCATIONAL EDUCATION	
FORMATION OF PROGNOSTIC COMPETENCE IN FUTURE EDUCATORS: DIDACTIC ASPECT.....	124
<i>Oksana Bartkiv, Evgeniya Durmanenko</i>	
FEATURES OF THE DIGITALIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER EDUCATION AS A DETERMINANT OF ITS DEVELOPMENT.....	131
<i>Svetlana Grynyuk, Iryna Zaytseva</i>	
LITERACY IN HEALTH-PRESERVING ISSUES AS A PRIORITY OF THE EDUCATION SYSTEM OF SCHOOLCHILDREN IN THE CONDITIONS OF NEW SOCIAL CHALLENGES.....	138
<i>Nataliia Zavydivska, Olga Zavydivska, Olena Khanikiants</i>	
FACTOR ANALYSIS OF DISTANCE AND BLENDED LEARNING IN INSTITUTIONS OF PROFESSIONAL PREHIGHER EDUCATION.....	145
<i>Anna Kviatkovska</i>	
METHODOLOGICAL APPROACHES OF SCIENTISTS OF NAES OF UKRAINE REGARDING THE FORMATION OF A CULTURE OF A HEALTHY LIFESTYLE CHILDREN AND YOUNG PEOPLE.....	151
<i>Yuri Krasyllynyk, Svitlana Lapayenko</i>	
DEVELOPMENT OF A METHODOLOGICAL SYSTEM FOR TRAINING FUTURE EDUCATORS IN UKRAINE (IN THE SECOND HALF OF THE 19TH – AT THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY).....	159
<i>Ruslana Naida</i>	

TABLE OF CONTENT

A DIFFERENTIATED APPROACH IN THE PROCESS OF PROFESSIONAL TRAINING OF BIOLOGISTS AS A CONDITION FOR THE IMPLEMENTATION OF AN INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY.....	167
<i>Iryna Upatova, Olena Dekhtiarova, Vitalii Moskalov</i>	
ALGORITHMS OF CASE-TECHNOLOGY REALIZATION WHILE FORMING OF ENGLISH LEXICAL COMPETENCE IN BUSINESS WRITTEN COMMUNICATION OF PROSPECTIVE MARKETERS.....	173
<i>Iryna Chorna-Klymovets</i>	

ДОСЛІДЖЕННЯ МІГРАЦІЇ ПЕСТИЦИДІВ У ІНЕРТНОМУ ЗЕРНИСТОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Віра Сабадаш

професор кафедри екології та збалансованого природокористування

Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна, 79013, virasabadash@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6091-4053

Валерія Бахтіна

студентка кафедри екології та збалансованого природокористування

Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна, 79013, valerija.bakhtina.eo.2018@lpnu.ua

ORCID: 0000-0001-7515-968X

Розглянуто екологічні проблеми, що спричинені застосуванням пестицидів у сільському господарстві. У роботі представлено результати експериментальних досліджень міграції пестицидів у ґрунті. Дослідження стосувалися гербіциду суцільної дії гліфосат та його метаболітів: N-метил-АМФК, метилфосфонової кислоти та N-метилгліфосату. Представлено методику та схему експериментальної установки для дослідження міграції пестицидів у ґрунті. Дослідження концентрації гліфосату та його метаболітів у фільтраті проводили методом рідинної хроматографії. Встановлено закономірності дифузії гліфосату в шарі.

Розроблено математичну модель міграції пестицидів по профілю ґрунту. Математична модель побудована на основі системи диференціальних рівнянь дифузії у рідинному середовищі, рівнянь кінетики розкладу гліфосату та рівняння матеріального балансу.

Константи швидкості реакції розкладу гліфосату були такі:
 $k_1 = 5.5 \cdot 10^{-3} s^{-1}$; $k_2 = 5.1 \cdot 10^{-3} s^{-1}$; $k_3 = 1.1 \cdot 10^{-3} s^{-1}$; $k_4 = 3.8 \cdot 10^{-3} s^{-1}$.

Лімітуючою стадією процесу було розкладання метилфосфонової кислоти. Одержано розв'язки математичної моделі для висококонцентрованих розчинів у шарі інертного зернистого матеріалу. Встановлено залежність швидкості процесу від напрямку фронту дифузії та розраховано коефіцієнти дифузії, кінетичні коефіцієнти процесу дифузії та швидкість фронту дифузії. Значення коефіцієнту дифузії гліфосату у модельному ґрунтового середовищі в умовах експерименту становило $D=1.756 \cdot 10^{-12} m^2/c$.

Розроблену модель та її розв'язки використали для візуалізації процесу міграції у середовищі Comsol Multiphysics. Для візуалізації результатів було використано рівняння Річардса та закон Дарсі. Розрахунковий період становив 100 днів. Згідно з розрахунками встановлено, що протягом 50 днів розкладається близько 4/5 гліфосату та його токсичних метаболітів.

Одержані результати дослідження міграції гліфосату та його метаболітів з урахуванням механізмів дифузії та кінетики їх розкладання у навколишньому середовищі можуть бути корисними для прогнозування потенційної небезпеки від забруднення та встановлення локації джерела забруднення.

Ключові слова: дифузія, пестициди, ґрунт, підземні води, охорона навколишнього середовища.

1. Вступ

Відкриття пестицидів – хімічних речовин, які використовуються для захисту рослин і тварин від різних шкідників і хвороб – одне з найбільш значущих досягнень сучасної науки. Сьогодні у світі на 1 га використовується 300 кг хімікатів. Проте тривале використання пестицидів у сільському господарстві (боротьба зі шкідниками) майже повсюдно менш ефективне, оскільки розвиваються стійкі шкідники та поширюються «нові» проблеми, природних ворогів і конкурентів яких знищено пестицидами. Водночас дія пестицидів почала проявлятися в глобальному масштабі [1;

2]. Зі значної кількості комах шкідливими є лише 0,3%, або 5000 видів. Стійкість до пестицидів виявлена у 1250 видів. Існує також феномен перехресної резистентності, тобто підвищення стійкості до одного активного інгредієнта, що супроводжується стійкістю до діючих речовин інших класів. Із загальнобіологічної точки зору резистентністю можна вважати зміну популяцій, що виникає в результаті переходу від чутливого штаму до стійкого штаму того ж виду внаслідок селекції, викликаної пестицидами. Це явище пов'язане з генетичними, фізіологічними та біохімічними змінами організмів [3; 4]. Надмірне використання пестицидів (гербици-

дів, інсектицидів, дефоліантів) впливає на якість ґрунту. У цьому контексті інтенсивно вивчається доля пестицидів у ґрунтах та можливість їх знищення хімічними та біологічними засобами. Важливо виробляти та використовувати тільки активні інгредієнти з коротким терміном придатності, який вимірюється тижнями або місяцями. У цьому випадку вже досягнуто певного прогресу, вводяться агенти з високою швидкістю руйнування, але проблема ще не вирішена [5; 6]. Шляхи деградації гліфосату (Раундап) у навколишньому середовищі та рослинах включають фотохімічне та хімічне розкладання та руйнування мікроорганізмами. У разі застосування препаратів на основі гліфосату не відбувається забруднення повітря внаслідок випаровування діючої речовини з поверхні ґрунту, рослин або води завдяки низькій летючості хімічної речовини (тиск пари $1,31 \cdot 10^{-2}$ МПа при 25°C) [7, с. 2]. Низьке значення константи гліфосату Генрі ($E = 2,1 \cdot 10^{-7}$ Па·м³/моль) свідчить про можливість міграції гліфосату з повітря у воду та швидкої адсорбції гліфосату на частинках ґрунту. Гліфосат має високу розчинність у воді (12 г/л при 25°C) і дуже низький коефіцієнт розподілу у системі н-октанол-вода ($\log P < -3,2$ при рН 2-5; 20°C). Розчинність гліфосату у воді становить 105 г/л при рН 19; 20°C ; амонійної солі – (144 ± 19) г/л при рН 32; [3] ізопропіламінової солі – 1050 г/л при рН 4,3; 25°C . Гліфосат хімічно стійкий у воді і спричиняє забруднення підземних вод цим гербіцидом. Основна маса гліфосату, що міститься в поверхневих джерелах води, є результатом вимивання з поверхні оброблених рослин, зносу під час застосування гербіцидів у сільському чи лісовому господарстві та навмисної або ненавмисної безпосередньої обробки джерел води для знищення водних бур'янів. Гліфосат може транспортуватися на кілька кілометрів вниз за течією потоком води від місця обробки у вигляді зважених твердих частинок у разі нанесення безпосередньо на джерела води [8, с. 5]. Зменшення кількості гліфосату та первинного метаболіту пов'язане переважно з адсорбцією речовини шляхом осадження та розкладання мікроорганізмами. Швидкість розкладання гліфосату у воді зазвичай менша, ніж у ґрунті. У воді набагато менше мікроорганізмів, ніж у більшості типів ґрунту. Хоча гліфосат досить добре розчинний у воді, він, на відміну від більшості водорозчинних гербіцидів, має надзвичайно високу здатність зв'язувати частинки ґрунту. Ця здатність збільшується зі збільшенням вмісту глинистого ґрунту, а здатність ґрунту до катіонного обміну зменшує рН та фосфат [9, с. 2]. Основним

фактором, що визначає кількість гліфосату, виділеного частинками ґрунту, є концентрація сполук фосфору у ґрунті, що призводить до зв'язування молекул гербіциду. Гліфосат конкурує з неорганічним фосфатом за центри зв'язування ґрунту, і ступінь його зв'язування залежить від наявності вакантних активних центрів. У адсорбованому стані гліфосат не проявляє гербіцидної активності [10; 11; 12]. Залежно від типу ґрунту період напіврозпаду гліфосату в ґрунті, визначений US EPA, становить від 3 до 130 днів. Таким чином, створює загрозу для навколишнього середовища.

Метою роботи є вивчення механізму дифузії пестицидів та їх метаболітів у ґрунтового середовища та визначення коефіцієнта дифузії компонента в дисперсній системі тверде тіло–рідина в усталеному стані.

2. Експериментальне дослідження

Методика дослідження міграції пестицидів у ґрунтового середовища

Для дослідження міграції пестицидів у навколишньому середовищі проводимо дослідження на прикладі гліфосату. Для створення середовища вивільнення вимірювальну комірку площею $F=0,023$ м² заповнювали піском (пористість 0,4). Висота шару зернистого матеріалу становила $h=0,2$ м. Гліфосат розпилювали по поверхні модельного ґрунту у кількості $3,45 \cdot 10^{-6}$ л, що відповідає нормі внесення 1,5 л/га.

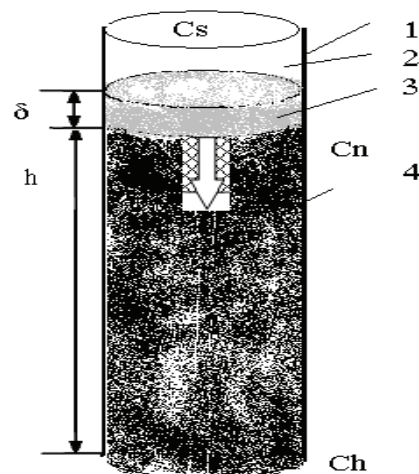


Рис. 1. Експериментальна установка для дослідження міграції добрив,

де 1 – корпус комірки; 2 – насичений розчин; 3 – джерело забруднення; 4 – ґрунт C_s – концентрація насичення; C_n – концентрація на поверхні контакту з джерелом забруднення; C_h – концентрація на віддалі h від джерела забруднення.

Концентрацію гліфосату та його метаболітів у ґрунті визначали методом рідинної хроматографії.

Математична модель розподілу пестицидів у ґрунті

Основним завданням була розробка математичної моделі пестицидів на землі.

У разі складання математичної моделі розглядається частинка сферичної форми.

Математична модель міграції гліфосату в ґрунтовому розчині включає рівняння матеріального балансу та систему кінетичних рівнянь, що описують масові потоки у середині капсули, крізь полімерну оболонку та в інертному вологовому середовищі.

Рівняння матеріального балансу в будь-який момент τ :

$$\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_T = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_T + \frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3) \frac{(C_s + C_h)}{2} + W\varepsilon \bar{C}_1 \quad (1)$$

Напишіть вираз для масових витрат у ґрунті:

$$-\frac{dM}{d\tau} \frac{1}{F} \frac{R-r}{D_3} = C_s - C_h \quad (2)$$

У ґрунтовому розчині:

$$-\frac{dM}{d\tau} \frac{1}{F} \frac{\delta}{D_2} = C_h - C_{II} \quad (3)$$

і в навколишньому середовищі:

$$-\frac{dM}{d\tau} \frac{1}{F} \frac{l}{D_1} = C_{II} - C_1 \quad (4)$$

Розв'язком цієї системи буде рівняння:

$$\frac{dM}{d\tau} = \frac{1}{\frac{R-r}{D_3} + \frac{\delta}{D_2} + \frac{l}{D_1}} F(C_s - C_1)$$

причому $C_1 = \bar{C}_1$, де \bar{C}_1 , середня концентрація вивільненого компонента у інертному середовищі, буде рівна:

$$\bar{C}_1 = \frac{\int_0^l C_1 dl}{l - R}$$

$$\frac{dM}{d\tau} \frac{1}{F} \left(\frac{R-r}{D_3} + \frac{\delta}{D_2} + \frac{l}{D_1} \right) = C_s - \bar{C}_1 \quad (5),$$

Щоб описати процес міграції, прирівняємо рівняння масових потоків (2) і (3).

Підсумовуючи систему рівнянь, отримуємо:

$$\frac{dM}{d\tau} = \frac{1}{\frac{R-r}{D_3} + \frac{\delta}{D_2}} F(C_s - C_{II}) \quad (6)$$

Масова витрата компонента, що виділяється в навколишнє середовище:

$$\frac{dM}{d\tau} = -D_1 \varepsilon F \frac{dC_1}{dl} \quad (7)$$

де F – площа, через яку елемент дифундує в ґрунтовому середовищі.

Отже, рівняння (5) матиме вигляд:

$$\frac{dM}{d\tau} = -D_1 \varepsilon 4\pi l^2 \frac{dC_1}{dl} \quad (8)$$

Щоб знайти концентрацію компонента, що виділяється в інертному середовищі, прирівняємо рівняння (8) до рівняння матеріального балансу (6), отримаємо:

$$-D_1 \varepsilon 4\pi l^2 \frac{dC_1}{dl} = k_1 F (C_s - C_{II}) \quad (9)$$

$$\text{Де } k_1 = \frac{1}{\frac{R-r}{D_3} + \frac{\delta}{D_2}} \quad (10)$$

За умови, що $СП = \text{const}$, що відповідає стаціонарним умовам процесу, рівняння (4.8) можемо проінтегрувати у границях $l=R$ $C_1=C_{II}$ і $l=l$ $C_1=C_1$

$$\int_{C_{II}}^{C_1} dC_1 = \frac{k_1 F (C_s - C_{II})}{4\varepsilon\pi D_1} \int_{l=R}^l \frac{dl}{l^2} \quad (11)$$

$$C_1 - C_{II} = \frac{k_1 F (C_s - C_{II})}{4\varepsilon\pi D_1} (l - R) \quad (12)$$

Рівняння (12) включає концентрацію насичення C_p , яку можна визначити, прирівнявши масові витрати (2) і (3):

$$\frac{D_3}{R-r} (C_s - C_h) = \frac{D_2}{\delta} (C_h - C_{II}), \quad (13)$$

з якого знаходимо C_{II} :

$$C_{II} = C_h - \frac{D_3}{D_2} \frac{\delta}{R-r} (C_s - C_h) \quad (14)$$

Реакцію розкладу гліфосату опишемо таким рівнянням:

$$\frac{dC_{\text{glyphosate}}}{d} = -k_1 C_{\text{glyphosate}} \quad (15)$$

Реакцію утворення метаболітів гліфосату опишемо таким чином:

$$\frac{dC_{\text{AMPA}}}{d} = k_2 C_{\text{glyphosate}} \quad (16)$$

$$\frac{dC_{\text{N-methyl-AMPA}}}{d} = k_3 C_{\text{AMPA}} \quad (17)$$

$$\frac{dC_{\text{methylglyphosate}}}{d} = k_4 C_{\text{AMPA}} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \text{Sum of most toxic spices} &= \frac{dC_{\text{AMPA}}}{d} + \\ &+ \frac{dC_{\text{N-methyl-AMPA}}}{d} + \frac{dC_{\text{glyphosate}}}{d} \end{aligned} \quad (19)$$

Константи швидкості реакції були такі:

$$k_1 = 5.5 \cdot 10^{-3} s^{-1}; k_2 = 5.1 \cdot 10^{-3} s^{-1};$$

$$k_3 = 1.1 \cdot 10^{-3} s^{-1}; k_4 = 3.8 \cdot 10^{-3} s^{-1}$$

3. Результати та їх інтерпретація

Для дослідження міграції пестицидів забезпечувалася постійна концентрація гліфосату на поверхні ґрунту. Розподіл пестицидів по профілю ґрунту змінюється у часі. За початковий момент часу приймали $\tau_0=0$; кінцевий час експерименту – $\tau_i \rightarrow \infty$. Фронт розподілу змінювався у часі вздовж лінійної висоти l нерухомого шару. Таким чином, фронт дифузії компонента рухається в часі по всьому шарі інертного середовища. При цьому концентрація вивільненого компонента по мірі віддалення від частинки плавно зменшується. Результати експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків приведено у вигляді графічної залежності

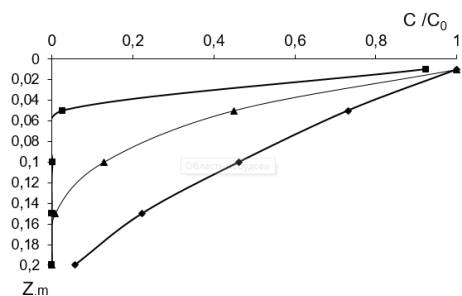


Рис. 2. Розподіл концентрації гліфосату у ґрунті через проміжки часу τ

де ▲ – 1 день; ■ – 3 дні; • – 8 днів

Середнє значення коефіцієнту дифузії, який було розраховано для візуалізації моделі, становило $1,755 \cdot 10^{-12} m^2/c$.

Розв'язок системи диференціальних рівнянь може описати міграцію компонента в ґрунті з граничними умовами, представленими у (15)–(19):

Для візуалізації моделі у середовищі Comsol multiphysics припустимо, що гліфосат переміщується з поверхні ґрунту. У ґрунті гліфосат розкладається за механізмом, показаним на рис. 3. Крім того, пестицид і продукти його розпаду транспортуються конвекцією, диспергуванням, сорбцією та випаровуванням.

На рис. 3 показані профілі концентрації гліфосату та всіх продуктів його розпаду за 100 днів і сума трьох найбільш токсичних видів – N-метил-АМФК, метилфосфонової кислоти та N-метилгліфосату. Через десять днів залишається лише невелика кількість гліфосату. З урахуванням загального внеску забруднення

залишається високим навіть через кілька місяців. Наступні результати ґрунтуються на параметрах моделі, що залежать від простору та часу.

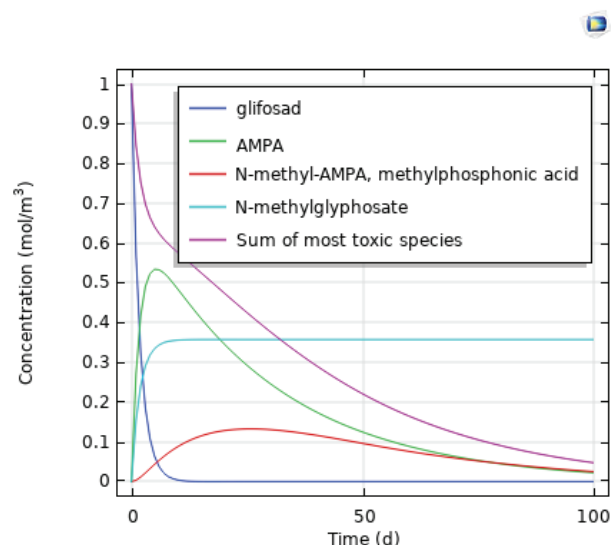


Рис. 3. Динаміка зміни концентрації пестициду гліфосату та продуктів його розпаду

Щоб поєднати граничні умови та джерела з формулюванням закону Дарсі, COMSOL Multiphysics перетворює рівняння Річардса в одиницю СІ та дозволяє розрахувати значення тиску (одиниця СІ: Па). Згідно з рис. 4, гідравлічний напір, H , напір, H_p і висота D пов'язані з тиском p .

ЛІТЕРАТУРА

1. Rajmohan K.S., Chandrasekaran R., & Varjani S. A review of occurrence of pesticides in the environment and current technologies for their remediation and management. *Indian Journal of Microbiology*, 2020. 60(2), 125–138.
2. Jiang M., Chattopadhyay A. N., Geng Y., & Rotello V. M. An array-based nanosensor for detecting cellular responses in macrophages induced by femtomolar levels of pesticides. *Chemical Communications*, 2022. 58(17), 2890–2893.
3. Lopes-Ferreira M., Maleski A.L.A., Balan-Lima L., Bernardo J.T.G., Hipolito L.M., Seni-Silva A.C., ... & Lima C. Impact of pesticides on human health in the last six years in Brazil. *International journal of environmental research and public health*, 2022. 19(6), 3198.
4. Kang D., Yu X., & Ge M. Morphology-dependent properties and adsorption performance of CeO₂ for fluoride removal. *Chemical Engineering Journal*, 2017. 330, 36–43.
5. Borgohain X., Boruah A., Sarma G.K., & Rashid M.H. Rapid and highly high adsorption performance of porous MgO nanostructures for fluoride removal from water. *Journal of Molecular Liquids*, 2020. 305, 112799.

6. Wongmaneeprutip W., Gao X., & Yang H. Effect of food processing on reduction and degradation pathway of pyrethroid pesticides in mackerel fillet (*Scomberomorus commerson*). *Food Chemistry*, 2022. 384, 132523.

7. Arias-Estévez M., López-Periago E., Martínez-Carballo E., Simal-Gándara J., Mejuto J.C., & García-Río

L. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, ecosystems & environment*, 2008. 123(4), 247–260.

8. Hyvlud A., Sabadash V., Gumnitsky J., & Ripak N. Statics and kinetics of albumin adsorption by natural zeolite. *Chemistry & Chemical Technology*, 1 (13), 2019, (1), 95–100.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІГРАЦІЇ ПЕСТИЦИДІВ У ІНЕРТНОМУ ЗЕРНИСТОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Vira Sabadash

Professor of the Department of Ecology and Sustainable Environmental Management,

Lviv Polytechnic National University, str. S. Bandery, 12, Lviv, Ukraine, 79013, virasabadash@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6091-4053

Valeria Bahtina

Student at the Department of Ecology and Sustainable Environmental Management

Lviv Polytechnic National University, str. S. Bandery, 12, Lviv, Ukraine, 79013, valerii.bakhtina.eo.2018@lpnu.ua

ORCID: 0000-0001-7515-968X

Summary.

Environmental problems caused by the use of pesticides in agriculture are considered. The paper presents the results of experimental studies of pesticide migration in the soil. The research concerned the continuous action herbicide glyphosate and its metabolites: N-methyl-AMPK, methylphosphonic acid and N-methylglyphosate. The methodology and scheme of the experimental setup for studying the migration of pesticides in the soil are presented. The study of the concentration of glyphosate and its metabolites in the filtrate was carried out by liquid chromatography. The patterns of glyphosate diffusion in the layer have been established.

A mathematical model of pesticide migration along the soil profile has been developed. The mathematical model is built on the basis of a system of differential equations of diffusion in a liquid medium, equations of the kinetics of glyphosate decomposition, and the equation of the material balance.

The reaction rate constants of glyphosate decomposition were as follows : $k_1 = 5.5 \cdot 10^{-3} s^{-1}$; $k_2 = 5.1 \cdot 10^{-3} s^{-1}$; $k_3 = 1.1 \cdot 10^{-3} s^{-1}$; $k_4 = 3.8 \cdot 10^{-3} s^{-1}$.

The limiting stage of the process was the decomposition of methylphosphonic acid. Solutions of the mathematical model for highly concentrated solutions in a layer of inert granular material were obtained. The dependence of the speed of the process on the direction of the diffusion front was established and the diffusion coefficients, kinetic coefficients of the diffusion process and the speed of the diffusion front were calculated. The value of the diffusion coefficient of glyphosate in the model soil environment under the experimental conditions was $D=1.756 \cdot 10^{-12} m^2/c$.

The developed model and its solutions were used to visualize the migration process in the Comsol Multiphysics environment. The Richards equation and Darcy's law were used to visualize the results. The calculation period was 100 days. According to calculations, it was found that about 4/5 of glyphosate and its toxic metabolites decompose within 50 days.

The obtained results of the study of the migration of glyphosate and its metabolites, taking into account the mechanisms of diffusion and the kinetics of their decomposition in the environment, can be useful for predicting the potential danger from pollution and establishing the location of the source of pollution.

Key words: diffusion, pesticides, soil, groundwater, environmental protection.

REFERENCES

1. Rajmohan, K.S., Chandrasekaran, R., & Varjani, S. (2020). A review of occurrence of pesticides in the environment and current technologies for their remediation and management. *Indian Journal of Microbiology*, 60(2), 125–138.

2. Jiang, M., Chattopadhyay, A.N., Geng, Y., & Rotello, V.M. (2022). An array-based nanosensor for detecting

cellular responses in macrophages induced by femtomolar levels of pesticides. *Chemical Communications*, 58(17), 2890–2893.

3. Lopes-Ferreira, M., Maleski, A.L.A., Balan-Lima, L., Bernardo, J.T.G., Hipolito, L.M., Seni-Silva, A.C., ... & Lima, C. (2022). Impact of pesticides on human health in the last six years in Brazil. *International journal of environmental research and public health*, 19(6), 3198.

4. Kang, D., Yu, X., & Ge, M. (2017). Morphology-dependent properties and adsorption performance of CeO₂ for fluoride removal. *Chemical Engineering Journal*, 330, 36–43.

5. Borgohain, X., Boruah, A., Sarma, G.K., & Rashid, M.H. (2020). Rapid and highly high adsorption performance of porous MgO nanostructures for fluoride removal from water. *Journal of Molecular Liquids*, 305, 112799.

6. Wongmaneepratip, W., Gao, X., & Yang, H. (2022). Effect of food processing on reduction and degradation pathway of pyrethroid pesticides in mackerel fillet

(*Scomberomorus commerson*). *Food Chemistry*, 384, 132523.

7. Arias-Estévez, M., López-Periago, E., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara, J., Mejuto, J.C., & García-Río, L. (2008). The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, ecosystems & environment*, 123(4), 247–260.

8. Hyvlud, A., Sabadash, V., Gumnitsky, J., & Ripak, N. (2019). Statics and kinetics of albumin adsorption by natural zeolite. *Chemistry & Chemical Technology*, 1 (13), (1), 95–100.

Стаття надійшла 17.05.2022

ТЕРИТОРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ АДМІНІСТРАТИВНОЇ РЕФОРМИ ЗАХІДНО-ПОЛІСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Оксана Портухай

Кандидат сільськогосподарських наук, професор кафедри екології, географії та туризму,
Рівненський державний гуманітарний університет, вул. Ст. Бандери 12, Рівне, Україна, 33000,
portuhayo@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9078-0658

Тетяна Велесик

Кандидат економічних наук, доцент кафедри екології, географії та туризму,
Рівненський державний гуманітарний університет, вул. Ст. Бандери 12, Рівне, Україна, 33000,
tanja-excite@ukr.net
ORCID: 0000-0003-3201-9323

Тетяна Василичина

здобувачка вищої освіти 4 курсу спеціальності 014 Середня освіта (Географія),
Рівненський державний гуманітарний університет, вул. Ст. Бандери 12, Рівне, Україна, 33000.

Розглянуто зміст та мету проведення адміністративної реформи в Україні, яка спрямована на розвиток цивілізованої європейської держави з високим рівнем життя, сформованою демократією, розвиненою культурою. Приділено значну увагу вивченню процесу децентралізації, під час якого фінанси та повноваження передаються органам місцевого самоврядування від державної влади. Проведено територіальний аналіз адміністративної реформи Західно-Поліського регіону України, до складу якого входить Рівненська та Волинська області. Виявлено, що в результаті проведеної реформи на території регіону сформовано 8 районів та 118 об'єднаних територіальних громад. У розрізі областей вони розділилися таким чином: Рівненська область – 4 райони, 64 громади, Волинська – 4 райони, 54 громади. Наведено позитивні сторони проведення реформи децентралізації, зокрема, громади отримали можливість розпоряджатися землею, що входить до їхнього складу та мають право формувати ставки місцевих зборів (в межах граничних розмірів) та податків. Розглянуто особливості розвитку громади та формування її бюджету на прикладі Зарічненської селищної об'єднаної територіальної громади Вараського району Рівненської області, що утворена у результаті добровільного об'єднання 10 сільських рад. Обґрунтовано, що для розвитку громади не залежно від її типу (сільська, селищна, міська громада) важливе значення має економіка, функціонування якої сприяє створенню робочих місць та наповненню бюджету.

Ключові слова: адміністративна реформа, децентралізація, об'єднані територіальні громади, суб'єкти господарської діяльності, податки, бюджет громади.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Після проголошення незалежності України у спадок було передано частину інститутів радянської влади, а також необхідним стало створення системи управління у таких сферах як оборона, зовнішня політика. Тому, 22 липня 1998 року Президент України Л. Кучма підписав Указ Про заходи щодо впровадження Концепції адміністративної реформи в Україні. Зміст цієї реформи полягав, з одного боку, в розбудові певних інститутів державного управління, а з іншого – у перебудові системи державного управління всіма сферами суспільного життя.

Метою проведення реформи було створення такої системи державного управління, що сприятиме розвитку цивілізованої європейської дер-

жави з високим рівнем життя, формуватиметься демократія, розвиватиметься культура. Важливим у функціонуванні такої системи є прозорість, ефективність та наукове підґрунтя, а витрати на її утримання мають відповідати фінансово-економічному стану держави [1; 2; 3].

Важливим етапом адміністративного реформування є проведення реформи децентралізації. Децентралізація являє собою процес, під час якого фінанси та повноваження передаються органам місцевого самоврядування від державної влади. Основна її мета – провести формування ефективного місцевого самоврядування та територіальної організації влади, що дозволить громадянам проживати у сприятливому життєвому середовищі, отримувати та надавати якісні

послуги на місцевому рівні, узгодити інтереси та потреби територіальних громад і держави [4].

Огляд передумов та наслідків проведення адміністративно-територіальної реформи, зокрема децентралізації, наводять у своїх працях багато науковців, серед яких: Ю. Ковбасюк, К. Ващенко, В. Толкованов [5], В. Заблоцький [6], В. Яцуба, О. Матвійшин та ін. [3], В. Ковтун [7]. Актуальним сьогодні є проведення територіального аналізу цієї реформи для виявлення переваг та ризиків у функціонуванні новостворених територіальних громад, розуміння перспектив та особливостей їх подальшого розвитку.

Мета дослідження полягала у проведенні територіального аналізу адміністративної реформи Західно-Поліського регіону України.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Західно-Поліський регіон знаходиться на північному заході України, згідно із суспільно-географічним районуванням його ще називають Північно-Західним районом. Цей регіон включає дві області – Рівненську і Волинську – загальною площею 40,2 тис. км²; чисельністю жителів станом на 1 січня 2022 року 2,1631 млн.

Дослідження результатів проведення адміністративної реформи проводили за даними Рівненської та Волинської обласної державної адміністрації, офіційного веб-сайту Децентралізація [8].

Початок процесу децентралізації пов'язаний із прийняттям Концепції реформи місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні (01.04.2014) [1], законів України «Про співробітництво територіальних громад» (17.06.2014) [9], «Про добровільне об'єднання територіальних громад» (05.02.2015) [10] та змін до Бюджетного і Податкового кодексів – щодо фінансової децентралізації [4].

Реалізація цієї реформи дозволила сформулювати на місцевому рівні об'єднані територіальні громади (ОТГ), що згідно з положеннями Європейської хартії місцевого самоврядування мають стати дієвим механізмом їхнього розвитку.

Створені територіальні громади у результаті добровільного об'єднання, з обов'язковим врахуванням думки громадян, дають поштовх для розвитку місцевого самоврядування. Інтереси мешканців громади представляє обраний голова ОТГ, виконавчі органи ради громади та депутати. У населених пунктах, що входять до складу громади, обираються старости.

Організація ефективного самоврядування вимагає певного фінансового ресурсу. Для цього

1 січня 2015 року було внесено зміни до Бюджетного та Податкового кодексів. Такі зміни дозволили зараховувати до бюджетів об'єднаних територіальних громад 60% податку на доходи фізичних осіб. Повністю залишаються у бюджеті надходження від податків: єдиного, на прибуток підприємств і фінансових установ комунальної власності та податку на майно (земля, нерухомість, транспорт). Для виконання певних повноважень ОТГ надаються різні дотації та субвенції (освітня, медична, інфраструктурна), а місцевий бюджет можна затверджувати незалежно від Державного бюджету. Важливим є для досягнення економічного розвитку отримання можливості проводити зовнішні позички, обирати установи для обслуговування громади відповідно до своїх бюджетів та самостійно здійснювати містобудівну політику [4].

Можна виділити два етапи проведення децентралізації [8; 11]. Перший етап (2014–2019 роки) почався з формування нормативної бази, полягав у внесенні змін до законів України, а також розробці нових. Сам старт реформи пов'язаний із затвердженням Плану заходів щодо її реалізації, якому передувало затвердження Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади у квітні 2014 року.

На другому етапі проведення децентралізації (2020–2021 роки) затверджено новий адміністративно-територіальний устрій. У 2020 році в Україні сформовано 1469 територіальних громад. У результаті прийняття Верховною Радою України Постанови «Про утворення та ліквідацію районів» [12] (Документ 807-IX від 17 липня 2020 року) ліквідовано 490 старих районів та створено 136 нових. Поряд із цими нормативними документами прийнято постанови, що дозволяють проводити місцеві вибори. Для подальшого розвитку громад, їх функціонування, а також продовження реформи децентралізації необхідним є продовження розробки законодавчої бази.

На території Західно-Поліського регіону, до складу якого входять Рівненська та Волинська області, в результаті проведення адміністративної реформи сформовано 8 районів та 118 ОТГ. На Рівненщині до проведення реформи децентралізації було 16 районів та 4 міста обласного підпорядкування, після реформи створено лише 4 райони (Вараський, Дубенський, Сарненський та Рівненський райони), 64 ОТГ з 1026 населених пунктів, загальною площею 20047,0 км² та населенням 1152961 особу.

До складу Вараського району увійшло 8 ОТГ (4 сільських, 3 селищних та 1 міська громада), утворених у результаті добровільного об'єднання 116 населених пунктів, загальною площею 3323,5 км², кількістю мешканців 138751 осіб та адміністративним центром у місті Вараш. Дубенський район складається з 19 ОТГ (14 сільських, 3 селищних та 2 міських громади), що об'єднали 303 населених пункти, загальною площею 3294,2 км², кількістю мешканців 169079, адміністративний центр – місто Дубно. Найбільшим районом за кількістю ОТГ – 26 (16 сільських громад, 4 селищних, 6 міських), кількістю населених пунктів – 439, загальною площею – 7216,6 км², кількістю мешканців – 632426 осіб є Рівненський район з адміністративним центром – місто Рівне. Сарненський район має у своєму складі 11 громад (6 сільських громад, 3 селищних, 2 міських), з кількістю населених пунктів 168, загальною площею 6212,7 км² та кількістю населення 212705 осіб знаходиться на другому місці з адміністративним центром – місто Сарни.

На території Волинської області до проведення реформи децентралізації також було 16 районів та 4 міста обласного значення. Під час реалізації цієї реформи в області з кількістю населення 1031421 осіб було створено 4 райони (Володимир-Волинський, Камінь-Каширський, Ковельський, Луцький райони) та 54 територіальні громади у результаті добровільного об'єднання 1087 населених пункти.

У склад Володимир-Волинського району увійшло 11 ОТГ (6 громад сільського типу, 2 селищного та 3 міського), що були утворені добровільним об'єднанням 201 населеного пункту загальною площею 2556,5 км² та кількістю мешканців 172947 осіб, з адміністративним центром у місті Володимир. Камінь-Каширський район включив 5 ОТГ (2 сільських ОТГ, 2 селищних та 1 міська) з кількістю населених пунктів 155, загальною площею 4679,7 км² та кількістю мешканців 131592 осіб, адміністративний центр – місто Камінь-Каширський. Найбільша кількість ОТГ 23 (12 сільського типу, 9 – селищного, 2 – міського) увійшла до Ковельського району з кількістю населених пунктів 380, площею 7658,7 км² та кількістю мешканців 269595 осіб, адміністративний центр – місто Ковель. До Луцького району увійшло 15 ОТГ (6 сільських громад, 4 селищних, 5 міських), 351 населений пункт, загальною площею 5249,1 км² та найбільшою кількістю мешканців 457287 осіб, адміністративний центр – місто Луцьк.

Як зазначалося раніше, проведення реформи децентралізації має ряд позитивних сторін, що дає можливість громадам краще розвиватися та самостійно приймати певні рішення. Важливим є те, що вони отримують у своє розпорядження землю і право на формування ставок місцевих зборів (в межах граничних розмірів) та податків. На території громади встановлюються податки за користування землею та на нерухоме майно, величину яких визначає місцева рада самостійно.

Створені ОТГ розробляють та затверджують на визначений період часу Стратегію соціально-економічного розвитку та на кожен рік відповідний План дій для досягнення поставлених у ній завдань. При розробці Стратегії розвитку громади обов'язково враховують наявні природні ресурси, екологічний стан навколишнього середовища, суб'єкти господарської діяльності, туристичну сферу, соціальну складову частину (кількість населення, народжуваність, смертність, вікову структуру, зайнятість населення та безробіття, мережу закладів освіти, охорони здоров'я), економічні зв'язки, інвестиційну діяльність.

Необхідно зазначити, що для розвитку громади незалежно від її типу (сільська, селищна, міська громада) важливе значення має економіка, функціонування якої сприятиме створенню робочих місць, залученню економічно активного населення та наповненню бюджету.

Особливості економічного розвитку громади та формування її бюджету можна прослідкувати на прикладі Заріченської селищної ОТГ Вараського району Рівненської області. Громада була утворена в результаті добровільного об'єднання 10 сільських рад (Вичівської, Борівської, Дібрівської, Перекальської, Неньковицької, Новорічицької, Морочненської, Кухітсько-Вільської, Річицької, Серницької сільських рад) загальною площею 1102,6 км². Адміністративним центром визначено смт. Зарічне. Загалом до складу громади увійшов 31 населений пункт [13].

Інформацію про кількість підприємств, зареєстрованих як фізичні особи на території Заріченської селищної ОТГ у період з 2010 по 2020 року наведено у табл. 1.

Наведені дані у табл. 1 свідчать, що за досліджуваній період збільшилась кількість зареєстрованих суб'єктів у таких видах господарської діяльності: торгівля (оптова і роздрібна торгівля; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту); сільське господарство, мисливство та лісове господарство; освіта. В обробній промисловості у громаді з 2 зареєстрованих суб'єктів залишився 1.

Динаміка зареєстрованих суб'єктів господарської діяльності на території Зарічненської селищної територіальної громади у період з 2010 року по 2020 рік [13]

Галузі та види діяльності	2010р	2015р	2016р	2017р	2018р	2019р	2020р
Промисловість, у т.ч.:							
- обробна промисловість	2	2	2	2	2	1	1
- виробництво та розподілення електроенергії, газу та води	3	3	3	3	3	3	3
Оптова і роздрібна торгівля; торгівля транспортними засобами; послуги з ремонту						258	269
Сільське господарство, мисливство та лісове господарство	8	10	10	12	12	12	12
Рибне господарство	1	1	1	1	1	1	1
Готелі та ресторани	15	16	17	17	17	18	19
Фінансова діяльність	3	2	2	2	2	2	2
Освіта	85	85	87	91	92	92	92
Охорона здоров'я та соціальна допомога							25

До найбільших роботодавців на території громади належать такі підприємства та установи:

- відділ освіти, культури, молоді та спорту Зарічненської селищної ради, чисельність працівників якого у 2020 році становила 1165 осіб;
- КНП «Зарічненська багатoproфільна лікарня» - 274 особи;
- ДП «Зарічненський лісгосп» – 186 осіб;
- КНП «Зарічненський центр ПМСД» - 107 осіб та ін.

Відповідно до планових розрахунків дохідна складова бюджету Зарічненської селищної ОТГ формується за рахунок податків на доходи фізичних осіб, єдиного податку, плати за землю, акцизного збору (табл. 2). Станом на 2021 рік її загальний бюджет складав 236857,3 тис. грн. Із якого офіційні трансферти – 179429,7 тис. грн., власні надходження – 57427,6 тис. грн. Структура офіційних трансфертів була такою: освітня субвенція – 129240,3 тис. грн, базова дотація – 39061,4 тис. грн, дотація на утримання закладів освіти та охорони здоров'я – 2212,2 тис. грн.

Із наведених у табл. 2 даних випливає, що за період зі 2017 по 2021 рік спостерігаємо зростання податкових надходжень до бюджету громади, зменшується дохід від оренди комунального майна. Найбільше податків у І-й квартал 2021 р. було сплачено відділом освіти, культури, молоді і спорту Зарічненської селищної громади (10124,6 тис. грн.) КНП «Зарічненська багатoproфільна лікарня» (2456,8 тис. грн.) та ДП «Зарічненський лісгосп» (1762,1 тис. грн.), що є на її території одними з найбільших роботодавців [13].

ВИСНОВКИ. Отже, у результаті проведення територіального аналізу адміністративної реформи Західно-Поліського регіону України виявлено, що її реалізація пов'язана з внесенням змін до нормативних документів, створенням об'єднаних територіальних громад у результаті добровільно об'єднання населених пунктів, зміною кількості районів (ліквідовано старі та утворено нові райони). Так, унаслідок проведення реформи в регіоні сформовано 8 районів та 118 ОТГ, зокрема на території Рівненської області 4 райони (Вараський, Дубенський, Сарненський та Рівненський райони), 64 ОТГ та Волинської області 4 райони (Володимир-Волинський, Камінь-Каширський, Ковельський, Луцький райони) та 54 ОТГ.

Створені об'єднані територіальні громади отримали ряд повноважень, наприклад, розпоряджатися землею, право формувати ставки місцевих зборів і податків. Важливе значення у їх розвитку належить економіці, функціонування якої сприяє створенню робочих місць, залученню економічно активного населення та подальшого наповненню бюджету. На прикладі Зарічненської селищної ОТГ спостерігали збільшення кількості зареєстрованих суб'єктів господарської діяльності та зростання податків, що становлять дохідну складову бюджету громади. Поряд із власними надходженнями значну частину бюджету становили офіційні трансферти (освітня субвенція та дотації).

Сьогодні для громад, особливо сільського та селищного типу, які розміщені віддалено від

Динаміка дохідної частини бюджету Зарічненської селищної ОТГ, тис. грн. [13]

Показники	2017 р	2018 р	2019 р	2020 р	2021 р
Прибутковий податок з громадян/ Податок з доходів фізичних осіб	21103,5	27427,4	32185,4	34288,3	37051,5
Єдиний податок(крім с/г виробників)	3964,2	4867,9	5987,8	6143,3	6424,0
Єдиний податок від с/г виробників	0,5	260,1	256,3	361,1	390,0
Доходи від відчуження нерухомості та землі	264,6	295,2	379,2	2127,4	
Податок на прибуток підприємств комунальної власності	122,8	89,9	87,6	85,7	115,3
Плата за землю	3134,6	4313,0	6041,1	5776,1	5957,3
Податок на нерухомість	496,1	842,4	973,6	997,8	1100,0
Акцизний збір	4894,0	3843,1	3014,1	3014,1	2500,0
Інші місцеві податки та збори	1,6	2,1	2,1	16,5	8,0
Податкові надходження разом	35840,0	43924,8	52441,4	54302,8	56646,9
Дохід від оренди комунального майна	163,0	198,7	142,0	142,0	64,3
Інше	1543,0	1266,2	1606,2	1223,0	716,4

обласних та районних центрів, важливим є створення комфортних умов для малого та середнього бізнесу за допомогою державної підтримки. Це дозволить створити робочі місця та зменшити трудову міграцію економічно активного населення, що сприятиме їхньому розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Концепція адміністративної реформи в Україні. URL: <https://bit.ly/3PZLLZu> (дата звернення: 15.05.2022).
2. Концепція реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 1 квітня 2014 р. № 333-р. URL: <https://bit.ly/3JcIJ1G> (дата звернення: 15.05.2022).
3. Яцуба В.Г., Яцюк В.А., Матвіїшин О. Я. та ін. Адміністративно-територіальний устрій України: шляхи реформування: монографія. Київ : Геопрінт, 2007. 370 с. URL: <https://bit.ly/3bcG5wC> (дата звернення: 25.05.2022).
4. Реформа децентралізації. Урядовий портал. URL: <https://bit.ly/3Q4StNW> (дата звернення: 12.05.2022).
5. Місцеве самоврядування в Україні : сучасний стан та основні напрями модернізації : наук. доп. / редкол. : Ю.В. Ковбасюк, К.О. Ващенко, В.В. Толкованов [та ін.]; за заг. ред. д-ра наук з держ. упр., проф. Ю.В. Ковбасюка. Київ : НАДУ, 2014. 128 с.
6. Заблоцький В.В. Адміністративна реформа: стан та перспективи трансформацій. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. № 7. 2015. URL: <https://bit.ly/3PNx7F8> (дата звернення: 14.06.2022).

удосконалення та розвиток. № 7. 2015. URL: <https://bit.ly/3PNx7F8> (дата звернення: 14.06.2022).

7. Ковтун В., Зезуль Ю. Адміністративно-територіальний устрій як елемент конституційного дизайну. *Підприємництво, господарство і право*. № 5. 2021. С. 127–131. DOI: 10.32849/2663-5313/2021.5.22.

8. Децентралізація. Загальна інформація. URL: <https://bit.ly/2ME3Wbj> (дата звернення 12.05.2022).

9. Закон України «Про співробітництво територіальних громад». *Відомості Верховної Ради*. 2014. № 34, ст.1 167. URL: <https://bit.ly/3cEyg2U> (дата звернення: 15.05.2022).

10. Закон України «Про добровільне об'єднання територіальних громад». *Відомості Верховної Ради*. 2015, № 13, ст. 91. URL: <https://bit.ly/3z9xhiI> (дата звернення: 15.05.2022).

11. Розпорядження Кабінет Міністрів України від 23 січня 2019 р. № 77-р Київ. Про затвердження плану заходів з реалізації нового етапу реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні на 2019–2021 роки. URL: <https://bit.ly/3bcqJbe> (дата звернення: 15.05.2022).

12. Постанова Верховної Ради України «Про утворення та ліквідацію районів». *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 2020. № 33, ст. 235. URL: <https://bit.ly/3Q52gDu> (дата звернення: 12.05.2022).

13. Соціально-економічний аналіз Зарічненської селищної територіальної громади. 2021. 51 с. URL: <https://bit.ly/3cQmW3W> (дата звернення: 25.05.2022).

TERRITORIAL ANALYSIS OF THE ADMINISTRATIVE REFORM OF THE WESTERN POLISSYA REGION OF UKRAINE

Oksana Portukhai

Candidate of agricultural sciences, professor of the department of Ecology, Geography and Tourism, Rivne State University of the Humanities, St.Bandery str. 12, Rivne, Ukraine, 33000, portuhayo@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9078-0658

Tanya Velesyk

Candidate of economic sciences, associate professor of the department of Ecology, Geography and Tourism, Rivne State University of the Humanities, St.Bandery str. 12, Rivne, Ukraine, 33000. tanja-excite@ukr.net
ORCID: 0000-0003-3201-9323

Tetiana Vasylyshyna

Student of the 4th course, specialty 014 Secondary education (Geography), Rivne State University of the Humanities, St.Bandery str. 12, Rivne, Ukraine, 33000.

The article deals with the content and purpose of the administrative reform in Ukraine, which is aimed at the development of a civilized European state with a high standard of living, formed by democracy, and developed culture. Considerable attention is paid to the study of the decentralization process, during which finances and powers are transferred to local self-government bodies from the state government. A territorial analysis of the administrative reform of the Western Polissya region of Ukraine, which includes the Rivne and Volyn regions, was carried out. It was revealed that because of the reform, 8 districts and 118 united territorial communities were formed on the territory of the region. In terms of regions, they were divided as follows: Rivne region – 4 districts, 64 communities, Volyn region – 4 districts, 54 communities. The positive aspects of the decentralization reform are provided, such as: the communities acquired the opportunity to manage the land that is part of them and have the right to form the rates of local fees (within the limited sizes) and taxes. Peculiarities of the development of the community and the formation of its budget are considered on the example of Zarichne united territorial community of the settlements (Varash district of the Rivne region), that was formed as a result of the voluntary unification of 10 village councils. It is substantiated that for the development of the community, regardless of its type (village, settlement, city community), the economy is of great importance, the functioning of which contributes to the creation of jobs and the filling of the budget.

Key words: administrative reform, decentralization, united territorial communities, subjects of economic activity, taxes, community budget.

REFERENCES

1. Kontsepsiia administratyvnoi reformy v Ukraini [The concept of administrative reform in Ukraine]. URL: <https://bit.ly/3PZLLZu>. [in Ukrainian].
2. Kontsepsiia reformuvannia mistsevoho samovriaduvannia ta terytorialnoi orhanizatsii vlady v Ukraini. [The concept of reforming local self-government and territorial organization of power] Skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 1 kvitnia 2014 r. № 333-p. URL: <https://bit.ly/3JcIJ1G> [in Ukrainian].
3. Yatsuba, V.H., Yatsiuk, V.A., Matviishyn, O. Ya. ta in. (2007) Administratyvno-terytorialnyi ustrii Ukrainy: shliakhy reformuvannia: monohrafiia [Administrative and territorial system of Ukraine: ways of reform: monograph]. K.: Heoprynt, 2007. 370 s. URL: <https://bit.ly/3bcG5wC>. [in Ukrainian].
4. Reforma detsentralizatsii. [Decentralization reform]. Uriadovyi portal. URL: <https://bit.ly/3Q4StNW>. [in Ukrainian].
5. Kovbasiuk, Yu. V., Vashchenko, K. O., Tolkovanov, V. V ta in. (2014) Mistseve samovriaduvannia v Ukraini : suchasnyi stan ta osnovni napriamy modernizatsii . [Local self-government in Ukraine: current state and main directions of modernization]: nauk. dop.; za zah. red. d-ra nauk z derzh. upr., prof. Yu. V. Kovbasiuka. K.: NADU, 2014. 128 c. [in Ukrainian]
6. Zablotskyi, V. V. (2015). Administratyvna reforma: stan ta perspektyvy transformatsii. [Administrative reform: state and prospects of transformations]. *Derzhavne upravlinnia: udoskonalennia ta rozvytok* № 7, 2015. URL: <https://bit.ly/3PNx7F8>. [in Ukrainian]
7. Kovtun, V., Zezul, Yu. (2021). Administratyvno-terytorialnyi ustrii yak element konstytutsiinoho dyzainu [Administrative-territorial structure as an element of constitutional design]. *Pidpriemnytstvo, hospodarstvo i pravo*. № 5, 2021. C. 127-131. DOI: 10.32849/2663-5313/2021.5.22. [in Ukrainian]
8. Detsentralizatsiia. Zahalna informatsiia [Decentralization. General information]. URL: <https://bit.ly/2ME3Wbj> [in Ukrainian].

9. Zakon Ukrainy «Pro spivrobotnytstvo terytorialnykh hromad» [On cooperation of territorial communities]. Vidomosti Verkhovnoi Rady, 2014, № 34, st. 1167 URL: <https://bit.ly/3cEyg2U> [in Ukrainian].

10. Zakon Ukrainy «Pro dobrovilne obiednannia terytorialnykh hromad» [On voluntary unification of territorial communities] Vidomosti Verkhovnoi Rady, 2015, № 13, st. 91 URL: <https://bit.ly/3z9xhiI> [in Ukrainian].

11. Rozporiadzhennia Kabinet Ministriv Ukrainy vid 23 sichnia 2019 r. № 77-r «Pro zatverdzhennia planu zakhodiv z realizatsii novoho etapu reformuvannia mistsevoho samovriaduvannia ta terytorialnoi orhanizatsii vlady v Ukraini na 2019-2021 roky» [On the approval of the

plan of measures for the implementation of a new stage of reforming local self-government and territorial organization of power in Ukraine for 2019-2021]. Kyiv. URL: <https://bit.ly/3bcqJbe> [in Ukrainian].

12. Postanova Verkhovnoi Rady Ukrainy «Pro utvorennia ta likvidatsiiu raioniv» [About the formation and liquidation of districts]. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 2020, № 33, st..235. URL: <https://bit.ly/3Q52gDu> [in Ukrainian].

13. Sotsialno-ekonomichniy analiz Zarichnenskoï selyshchnoi terytorialnoi hromady [Socio-economic analysis of Zarichnensk settlement territorial community]. 2021. 51 s. URL: <https://bit.ly/3cQmW3W> [in Ukrainian].

Стаття надійшла 28.05.2022

UDC 621.315.6

REVIEW OF PARTIAL DISCHARGE ENVIRONMENTAL ASPECTS AND ACTIVITY AT ALTERNATING AND DIRECT CURRENT VOLTAGES

Yevgeniy Trotsenko

PhD, Associate Professor,

Department of Theoretical Electrical Engineering National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 37, Prospect Peremohy, Kyiv-56, Ukraine, 03056, e-mail: trotsenko2014@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9379-0061

Artem Nesterko

PhD, Associate Professor,

Department of Power System Automation National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Prospect Peremohy, 37, Kyiv-56, Ukraine, 03056, e-mail: watefir@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7488-4214

Yuliya Peretyatko

PhD, Associate Professor

Department of Power System Automation National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Prospect Peremohy, 37, Kyiv-56, Ukraine, 03056, e-mail: peretyatko.julia@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1397-8078

Mandar Madhukar Dixit

Assistant Professor

Department of Electrical Engineering Vishwaniketan Institute of Management Entrepreneurship and Engineering Technology Survey No. 52, Kumbhivali, Tal, Khalapur, Maharashtra, 410202, India e-mail: mandardixit78@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1959-7815

Purpose. The global development of high-voltage direct current transmission has led to a growing interest in partial discharge measurement and analysis at direct current voltage. Partial discharge measurements in dry and moistened insulation under alternating and direct current voltages were performed. **Methodology.** Technique of electrical detection of partial discharges was applied. Measuring system when coupling device is connected in series with the test object was used. **Results.** The impact of partial discharges, mainly corona discharge, on the environment was reviewed. The effect of insulation wetting on the characteristics of partial discharges at various voltage waveforms was studied. Under a direct current voltage conditions, a removal of absorbed moisture as influencing factor leads to the almost complete elimination of partial discharges and a decrease in their amplitude by more than 90% compared to moistened sample. **Originality.** Modified measuring system allows partial discharge measurement at various voltage waveforms. Partial discharge measurements at alternating and direct current voltages were carried out under the same conditions, including the same magnitude of applied voltage and moisture content in the insulation. The applied voltage varied from 7.3 kV to 9.0 kV. The moisture content in the insulation varied from 2.0% to 12.0%. The main attention is paid to the effect of voltage ripples on the characteristics of partial discharges. **Practical value.** The data obtained contribute to the study of the partial discharges phenomenon when the insulation is exposed to non-standard waveforms of applied voltage. **Conclusions.** Phase-resolved partial discharge analysis can be used for a ripple voltage waveform too. The required phase angle assignment to a single partial discharge event becomes possible due to the ripple peaks being present in the rectified voltage oscillogram. Future efforts for this research should be focused on specific questions regarding application of three-capacitance model for simulation of partial discharges under ripple voltage conditions and study of environmental aspects. References 19, figures 7.

Key words: partial discharge, moisture content, voltage ripple, environmental aspect.

PROBLEM STATEMENT. By definition, partial discharge is a localized electrical discharge that bridges only a portion of the insulation separating two electrodes or conductive materials [1]. Partial discharges can occur both in the immediate vicinity of the conductor, and far from it, for example, in gas

filled cavities that are not adjacent to conductors. Partial discharges occur whenever there is a stressed area due to some kind of insulation defects inside it, like cavities mentioned above or if there are defects outside it, like protrusions on insulation covering. When a partial discharge occurs in a gas filled

cavity inside the insulation material, this is due to the fact that the electrical strength of gas bubbles is lower than the electrical strength of a liquid or solid dielectric, and the electric field strength in a gas bubble at alternating current (AC) voltage is higher than in a liquid or solid dielectric.

Partial discharges can occur in electrical insulation both at operating voltage and overvoltage. It is partial discharges that are the main cause of electrical aging of many types of insulation. The aging of insulation impregnated with liquid dielectric materials mainly manifested in the destruction and change in the physical and chemical characteristics of the impregnating material. A change in the characteristics of the impregnating composition is occurred with gas evolution, an increase in conductivity, and an increase in the dielectric loss tangent. Further, the destruction of solid insulation occurs: electrical insulating cardboard, electrical capacitor insulation paper or synthetic materials. These processes, with intensive development, end with an electrical breakdown of the insulation.

When classifying partial discharges, several types of them are distinguished [2]. Main types of partial discharges are a) internal partial discharge; b) surface discharge; c) corona discharge. Additionally, discharge patterns of the following insulation defects are also classified as partial discharges: d) treeing discharge; e) floating electrode discharge; f) contact discharge [2-4]. Since different insulation defects present different hazards, it is important to distinguish between variety of partial discharge types. Irreversible insulation damage can be avoided if partial discharge is detected before it causes significant damage.

Partial discharges have some relation to the problem of ecology. Partial discharges generate an electric current pulse, acoustic noise and wideband radio-frequency interference [5] that can be used for non-intrusive partial discharge measurement. This impulsive noise in electrical substations caused by partial discharges is a source of interference for wireless communication systems [6, 7]. The impulsive noise is mostly caused by partial discharges occurring inside high-voltage equipment or outside it on the insulation surface. Energy transmission over long distances with a help of overhead power lines has both well-known and lesser-known environmental impacts. The first includes the influence of electric and magnetic fields on the environment [8, 9]. The latter include the influence of partial discharges, and above all of the corona discharge and the effects associated with it. For example, noise caused by

corona discharge may influence whether wild animals pass under overhead power lines [10]. Recent studies show that some animals detect ultraviolet light emitted from the corona discharge on overhead power line conductors, which is led to physiological adaptations and functional constraints [11].

Partial discharges may arise at both AC and direct current (DC) voltages. The global rise of high-voltage direct current (HVDC) technology nowadays has led to a growing interest in partial discharge measurement and analysis at DC voltage [12, 13]. Another important point in studying partial discharge behavior at DC voltage is further circuit simulation and development of appropriate model. For many years now, the well-known three-capacitance model [14, 15] has been used for simulation of partial discharges at AC voltage. An important question is whether the three-capacitance model is suitable for modeling partial discharges at a ripple voltage. Whether the three-capacitance model is applicable to ripple voltage can only be determined by comparing the results of experiment and simulation.

The authors undertook studies of partial discharges in a high-voltage laboratory at comparable magnitudes of AC and DC voltages. The obtained data permit to summarize the information about common and distinctive properties of partial discharge behavior at AC and DC voltages.

The aim of this article is to continue the research started in [16-18] and to overview the similarities and differences between partial discharges at AC and DC voltages.

MATERIAL AND RESULTS. All the results below in this article were obtained in experimental installation for electrical detection of partial discharges. Circuit diagram of experimental installation is shown in Fig. 1. The principle of operation of this high-voltage installation was previously described in previous publications [16-18], so it is not described here.

In Fig. 1: U_{\sim} is AC input voltage; $U_{=}$ is DC voltage input; Z_{mi} is input impedance of measuring system; CC is connecting cable; C_a is test object (sample of insulation with defects); C_k is coupling capacitor; CD is coupling device having signal amplifier; MI is measuring instrument (commonly it is an oscilloscope); Z is filter (commonly it is a high-pass filter).

Measuring system allows partial discharge measurement both at AC and DC voltages.

In order to identify the insulation defect type, the phase-resolved partial discharge patterns are used. Thus, phase-resolved pattern is main

representation form at AC voltage. Phase-resolved pattern representation cannot be applied for pure DC voltage, because it does not allow a phase value be assigned to the partial discharge event [19]. As a common representation form, suitable for both AC and DC voltage, a time-resolved partial discharge pattern was used in this work.

Partial discharge pulses in dry insulation under pure AC voltage are shown in Fig. 2.

The maximum amplitude of partial discharge pulses in Fig. 2 is 2.914 V. Here and in all the illustrations below, the partial discharges are shown in red color, and the voltage applied is shown in blue color. According to Fig. 2, under pure AC voltage conditions, partial discharges may occur at different voltage polarity, mainly on the rising or falling slopes of the sinusoidal wave cycle. Partial discharges occur until the sinusoidal voltage of the power source passes through the maximum value. After this happens, partial discharges will occur in the next half cycle of the applied voltage. An increase in the amplitude of the applied voltage leads to a rise in the number of partial discharges

and an increase in the amplitude of the pulses (refer to Fig. 3).

The maximum amplitude of partial discharge pulses in Fig. 3 is 3.314 V. Partial discharges still occur mainly on the rising or falling slopes of the sinusoidal voltage cycle. With an increase in the amplitude of the applied voltage by 22.2%, the maximum amplitude of partial discharge pulses increased by 13.7%. Moisture content in the insulation sample (insulation pressboard) in above two cases is about 2.0%. An increased moisture content in the insulation sample leads to an increase in the amount of partial discharge pulses and an increase in their maximum magnitude (refer to Fig. 4).

The maximum amplitude of partial discharge pulses in Fig. 4 is 3.086 V. This is 5.9% more than for the dry sample (refer to Fig. 2). Moisture content in latter insulation sample is about 12.0%.

When a DC voltage is applied, the behavior of partial discharges is changed. With the application of ripple voltage, partial discharge pulses tend to cluster around the ripple peaks, where the applied voltage having complicated waveform

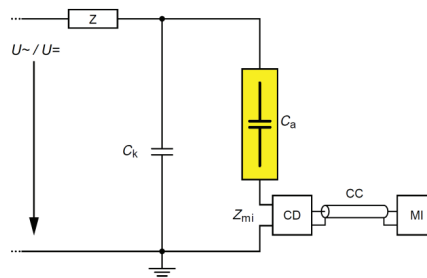


Figure 1 – Circuit diagram of measuring system when coupling device is connected in series with the test object

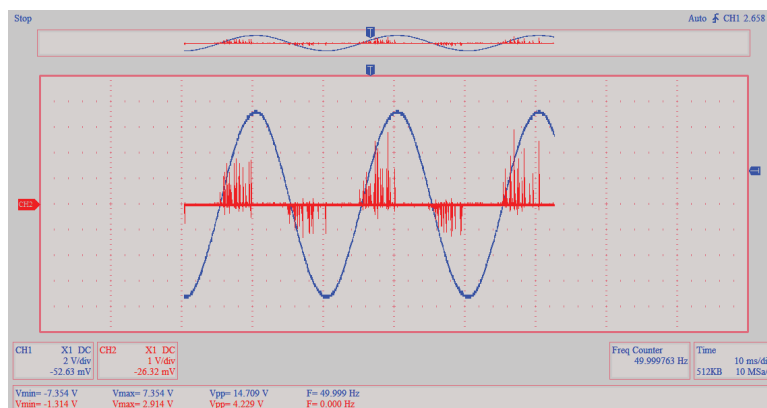


Figure 2 – Time-resolved pattern of partial discharges in dry insulation at 7.3 kV AC voltage

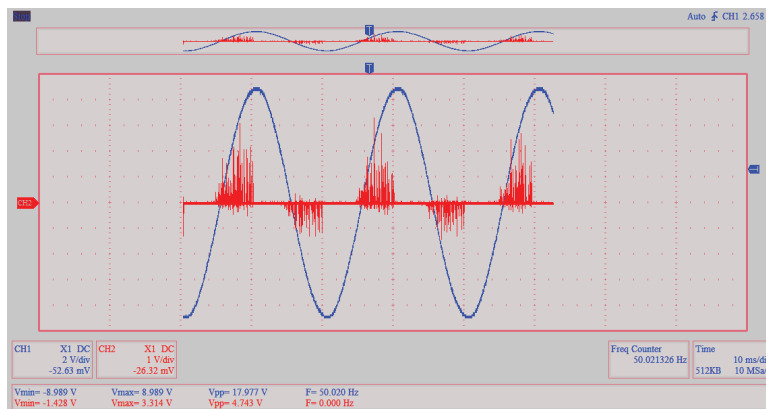


Figure 3 – Time-resolved pattern of partial discharges in dry insulation at 9.0 kV AC voltage

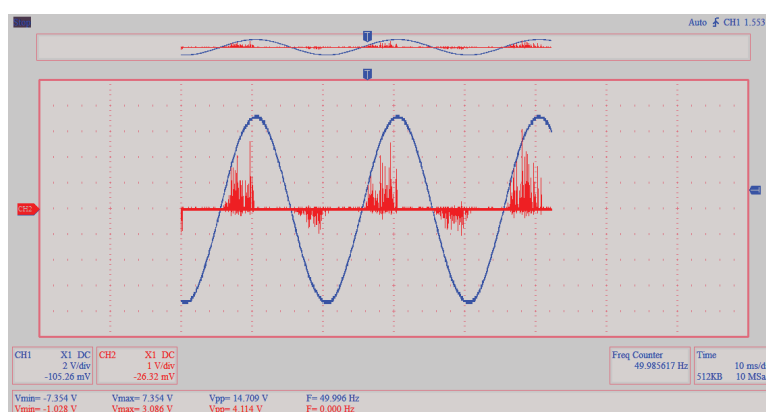


Figure 4 – Time-resolved pattern of partial discharges in moistened insulation at 7.3 kV AC voltage

is at a maximum. This is shown in Fig. 5, where a non-ideal DC voltage waveform is applied to the insulation.

When exposed to DC voltage, the activity of partial discharges depends on the ripple component, that is, on how much the actual voltage differs from the ideal DC voltage. A non-ideal DC voltage waveform can be considered as a composite of an ideal DC component with an AC voltage overlaid, resulting in ripple voltage.

Actually, ripple is undesirable in HVDC systems, and the smaller the ripple, the better smoothing action of AC filters in HVDC systems. In this paper, ripples are deliberately introduced to study their effect on the characteristics of partial discharges. Ripple component can be described by peak-to-peak ripple voltage.

Magnitude of the applied ripple voltage in Fig. 5 is the same as the AC voltage in Fig. 4. A half wave rectifier circuit that uses only one diode for the transformation was used in this research. Peak-to-peak ripple voltage in Fig. 5 is 2.0 kV. The maximum

amplitude of partial discharge pulses is 3.372 V. This is 9.3% more than in the case of an AC voltage of the same magnitude. No partial discharges on the falling slopes of the rectified sinusoidal voltage were observed. Moisture ingress plays a decisive role in the behavior of partial discharges under DC and ripple voltage. This can be shown by removing moisture as an influencing factor in Fig. 6.

Compared to the insulation sample in Fig. 5, in the insulation sample in Fig. 6 moisture content reduced from 12.0% to 2.0%. Magnitude and ripple component are the same in both cases. The nearly complete removal of absorbed moisture as influencing factor leads to the almost complete elimination of partial discharges and a decrease in their amplitude by 91.5%: from 3.372 V in Fig. 5 to 0.285 V in Fig. 6. Thus, to obtain a reliable statistical data, a DC or ripple voltage must be applied to the insulation for a longer time than under AC voltage conditions.

A further increasing the applied rectified voltage and ripple component causes a rising of partial discharge intensity (Fig. 7).

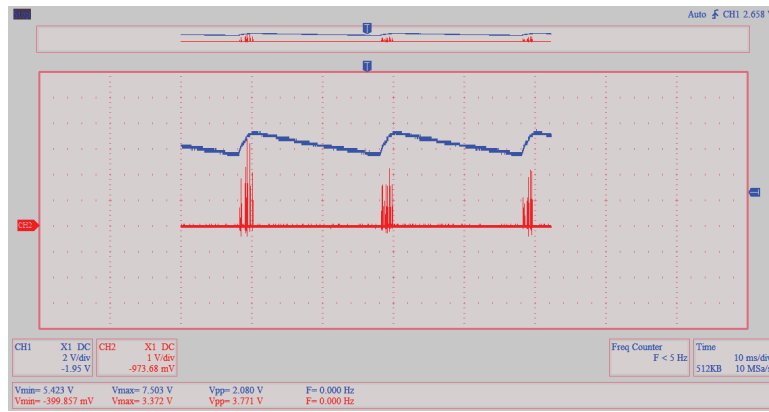


Figure 5 – Time-resolved pattern of partial discharges in moistened insulation at 7.3 kV DC ripple voltage

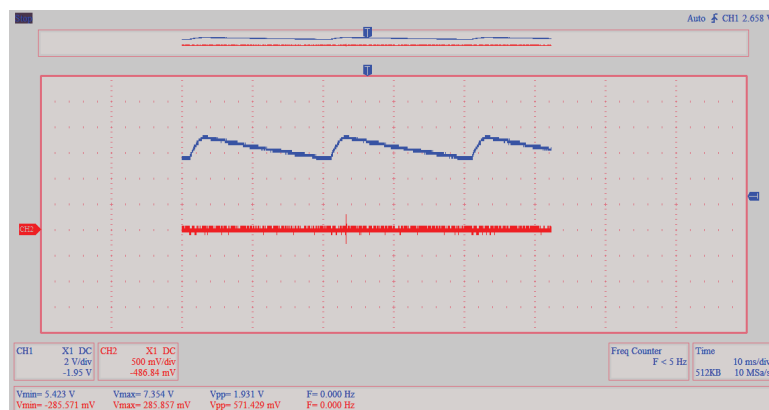


Figure 6 – Time-resolved pattern of partial discharges in dry insulation at 7.3 kV DC ripple voltage

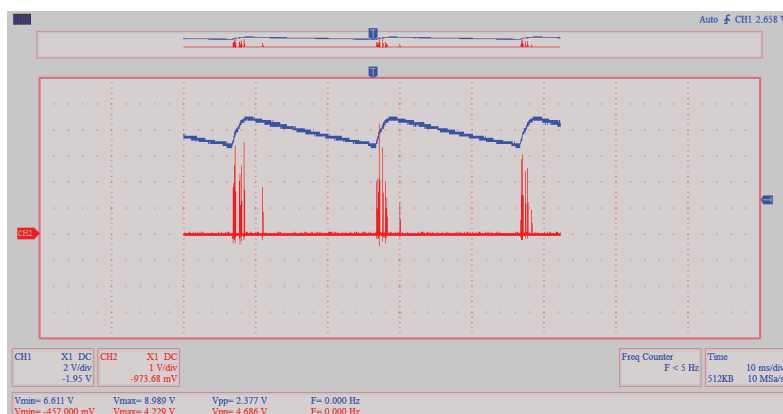


Figure 7 – Time-resolved pattern of partial discharges in moistened insulation at 9.0 kV DC ripple voltage

Peak-to-peak ripple voltage in Fig. 7 was increased to 2.4 kV. The maximum amplitude of partial discharge pulses rose to 4.229 V. With the same moisture content (12.0%), but an increase in the amplitude of the applied rectified voltage by 22.2%, the amplitude of the partial

discharge pulses increased by 25.4% (refer to Fig. 5 and Fig. 7). This time case rare partial discharges on the falling slopes of the rectified sinusoidal voltage were observed. The majority of partial discharges still appear on the rising slopes of the sinusoidal voltage cycle and they

are concentrated around the peaks of rectified sinusoidal voltage waveform.

CONCLUSIONS. This article examines the partial discharge behavior at AC and DC voltages. The partial discharge pulses have the same polarity as the applied voltage, for example for positive half-cycle of pure AC voltage and positive rectified AC voltage current pulses are the same polarity. In case of a DC voltage, the moisture absorbed by the insulation has a greater influence on the partial discharge intensity than the ripple component. Under a DC voltage conditions, drying the insulation and removal of absorbed moisture as influencing factor leads to the almost complete elimination of partial discharges and a decrease in their amplitude by 91.5% compared to moistened sample.

Contrary to a pure DC voltage, phase-resolved partial discharge analysis can be used for a ripple voltage waveform. The required phase angle assignment to a single partial discharge event becomes possible due to the ripple peaks being present in the rectified voltage plot, which indicate where the start and end of the sinusoidal voltage cycle is.

Future work for this research should be focused on specific questions regarding application of three-capacitance model for simulation of partial discharges under ripple voltage conditions and study of environmental aspects.

REFERENCES

1. International standard IEC 60270:2000, "High-voltage test techniques – Partial discharge measurements". Third edition, pp. 1-99. ISBN 2-8318-5507-1.
2. Gulski, E. (1995), "Digital analysis of partial discharges", *IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation*, Vol. 2, No. 5, pp. 822-837. doi: 10.1109/94.469977.
3. Higinbotham, W. G. (2020), "Partial discharge secrets, tips, and tricks", *NETA World. The International Electrical Testing Association Journal*, Fall 2020, pp. 2-7.
4. Morette, N., Heredia, L. C., Ditchi, T., Mor, A. R., & Oussar, Y. (2020). Partial discharges and noise classification under HVDC using unsupervised and semi-supervised learning. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 121, 106129. doi: 10.1016/j.ijepes.2020.106129.
5. Portugues, I. E., Moore, P. J., Glover, I. A., Johnstone, C., McKosky, R. H., Goff, M. B., van der Zel, L. (2008), "RF-based partial discharge early warning system for air-insulated substations", *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 24, no. 1, pp. 20-29, doi: 10.1109/TPWRD.2008.2005464.
6. Sacuto, F., Labeau, F., Agba, B. L. (2014), "Wide band time-correlated model for wireless communications under impulsive noise within power substation", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 13, No. 3, pp. 1449-1461, doi: 10.1109/TWC.2014.011714.130685.
7. Madi, G., Sacuto, F., Vrigneau, B., Agba, B. L., Pousset, Y., Vauzelle, R., & Gagnon, F. (2011), "Impacts of impulsive noise from partial discharges on wireless systems performance: application to MIMO precoders", *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, Vol. 1 (186), pp. 1-12, doi:10.1186/1687-1499-2011-186.
8. Abdallah, A. S. (1999), "Electric fields from transmission lines nearby populated areas in Egypt: theory versus experiment", *1999 Eleventh international symposium on high voltage engineering*, Vol. 2, pp. 119-122, doi: 10.1049/cp:19990610.
9. Javadi, H., Mobarhani, A., Ameli, A. (2010), "Electric field evaluation of 400kV overhead transmission lines on the earth surface", *5th IET International conference on system safety 2010*, pp. 1-5, doi: 10.1049/cp.2010.0841.
10. Reimers, E., Flydal, K., Stenseth, R. (2000). "High voltage transmission lines and their effect on reindeer: A research programme in progress". *Polar Research*, Vol. 19, No. 1, pp. 75-82.
11. Tyler, N. J., Stokkan, K. A., Hogg, C. R., Nellesmann, C., Vistnes, A. I. (2016), "Cryptic impact: Visual detection of corona light and avoidance of power lines by reindeer", *Wildlife Society Bulletin*, Vol. 40, No. 1, pp. 50-58, doi: 10.1002/wsb.620.
12. Fard, M. A., Farrag, M. E., McMeekin, S. G., Reid, A. J. (2017), "Partial discharge behavior under operational and anomalous conditions in HVDC systems", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 24, no. 3, pp. 1494-1502, 2017, doi: 10.1109/TDEI.2017.006469.
13. Guo, R., Wang, K., Xu, Z., Li, J., Sun, J. Cheng, H. (2016), "Partial discharge characteristics and classification in oil-paper insulation under DC voltage", *2016 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE)*, pp. 1-4, 2016, doi: 10.1109/ICHVE.2016.7800629.
14. Trotsenko, Y., Brzhezitsky, V., Protsenko, O., Mykhailenko, V. (2019), "Application of three-capacitance models for simulation of partial discharges in solid dielectric containing several cavities", *2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine*, pp. 279-282. doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879931.
15. Illias, H. A., Chen, G., Lewin, P. L. (2017), "Comparison between three-capacitance, analytical-based and finite element analysis partial discharge models in condition monitoring", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 24, no. 1, pp. 99-109, doi: 10.1109/TDEI.2016.005971.
16. Trotsenko, Y., Protsenko, O., Nesterko, A., Chyzhevskiy, V., Mykhailenko V. (2021), "Calibration of experimental installation for measuring partial discharges in low capacitance insulation samples", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, Issue 5(130), pp. 97-102. doi: 10.30929/1995-0519.2021.5.97-102.

17. Trotsenko, Y., Peretyatko, J., Protsenko, O., Dixit, M. M. (2022), "Effect of vacuum drying the insulation press-board on partial discharge characteristics under ripple voltage conditions", *Technology Audit and Production Reserves*, Vol. 2, No. 1(64), pp. 28-33, doi:10.15587/2706-5448.2022.256564.

18. Trotsenko, Y., Protsenko, O., Mykhailenko, V., Burian, S. (2020), "Effect of direct voltage ripples on partial discharge activity in solid dielectric", *2020 IEEE*

Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, pp. 1-5, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240799.

19. Romano, P., Imburgia, A., Rizzo, G., Ala, G., Candela, R. (2021), "A new approach to partial discharge detection under DC voltage: Application to different materials", *IEEE Electrical Insulation Magazine*, Vol. 37, No. 2, pp. 18-32, doi: 10.1109/MEI.2021.9352713.

ОГЛЯД ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ ТА АКТИВНОСТІ ПРИ НАПРУЗІ ЗМІННОГО ТА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Євгеній Троценко

кандидат технічних наук, доцент

кафедра теоретичної електротехніки Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», проспект Перемоги, 37, м. Київ-56, Україна, 03056, e-mail: trotsenko2014@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9379-0061

Нестерко Артем

кандидат технічних наук, доцент

кафедра автоматизації енергосистем Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» проспект Перемоги, 37, м. Київ-56, Україна, 03056, e-mail: watefir@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7488-4214

Юлія Перетятко

кандидат технічних наук, доцент

кафедра автоматизації енергосистем Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» проспект Перемоги, 37, м. Київ-56, Україна, 03056, e-mail: peretyatko.julia@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1397-8078

Мандар Мадхукар Діксіт

доцент

кафедра електротехніки Інститут управління підприємництвом та інженерних технологій Вішванікетана Survey No. 52, Kumbhivali, Tal, Khalapur, Maharashtra, 410202, India e-mail: mandardixit78@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1959-7815

Глобальний розвиток високовольтних передач постійного струму призвів до зростаючого інтересу до вимірювання та аналізу часткових розрядів при напрузі постійного струму. Проведено вимірювання часткових розрядів у сухій та зволоженої ізоляції під напругою змінного та постійного струму. Застосовано методику електричного вимірювання часткових розрядів. Використано вимірну систему, в якій з'єднувальний пристрій увімкнено послідовно з досліджуванним об'єктом. Проведено огляд впливів часткових розрядів, переважно коронного розряду, на довкілля. Проведено дослідження впливу зволоження ізоляції на характеристики часткових розрядів за різних форм напруги. В умовах напруги постійного струму усунення поглиненої вологи, як фактора впливу призводить до практично повного усунення часткових розрядів та зменшення їхньої амплітуди більш ніж на 90% порівняно із зволеним зразком. Модифікована вимірну система дозволяє вимірювати частковий розряд при різних формах напруги. Вимірювання часткових розрядів при напрузі змінного та постійного струму проводилися в однакових умовах, зокрема при однаковій величині прикладеної напруги та вологомісткості в ізоляції. Прикладена напруга змінювалась від 7.3 кВ до 9.0 кВ. Вологомісткість в ізоляції змінювалась від 2.0% до 12.0%. Основну увагу приділено впливу пульсацій напруги на характеристики часткових розрядів. Отримані дані роблять внесок у дослідження явища часткових розрядів при впливі на ізоляцію нестандартних форм прикладеної напруги. Аналіз часткових розрядів з фазовим розділенням також можна використовувати для пульсуючої напруги. Потрібний зв'язок фазового кута з окремим частковим розрядом стає можливим завдяки наявності піків пульсацій на осцилограмі випрямленої напруги. Подальші зусилля за тематикою цього дослідження повинні бути

зосереджені на конкретних питаннях щодо застосування трьох-емнісної схеми заміщення для моделювання часткових розрядів в умовах пульсацій напруги та вивчення екологічних аспектів.

Ключові слова: частковий розряд, вологомісткість, пульсації напруги, екологічний аспект.

Стаття надійшла 13.05.2022

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ МЕДИЧНИХ РІШЕНЬ З УРАХУВАННЯМ НОРМ ЦИВІЛЬНОГО ПРАВА

Єлизавета Гнатчук

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, Хмельницький, Україна, 29016, liza_veta@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2989-3183

Проведене дослідження відомих технологій підтримки прийняття медичних рішень на предмет задоволення ними важливих критеріїв показало, що жодне з відомих рішень не задовольняє всі критерії у комплексі. Крім цього, всі відомі моделі, методи та системи підтримки прийняття медичних рішень належать до різних методологічних підходів і не інтегруються між собою, тобто нині відсутня інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права.

У статті розроблено інформаційну технологію підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права, яка автоматизує семантичний аналіз договорів з надання медичних послуг, даних про потенційних донорів та/або реципієнтів, опитувальника щодо вакцинації від Covid-19. Також розроблена інформаційна технологія забезпечує автоматизоване формування висновків щодо можливості чи неможливості певної медичної послуги та/або укладання відповідного договору (на основі перевірки наявності всіх істотних умов, які є обов'язковими з юридичної точки зору для можливості надання медичної послуги та/або укладання відповідного договору), а також у разі формування висновку про неможливість зазначає причини неможливості надання певної медичної послуги або надає запит на доопрацювання відповідного договору з надання медичних послуг (із зазначенням причин неможливості укладання договору, наприклад, із зазначенням відсутніх істотних умов у договорі).

Як показали проведені експерименти, розроблена інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права забезпечила юридичну коректність проведеної процедури трансплантації, дала можливість швидкої та безкоштовної перевірки наявності всіх істотних умов для можливості трансплантації з юридичної точки зору, а також надала рекомендації щодо подальшого виконання чи невиконання трансплантації.

Ключові слова: підтримка прийняття медичних рішень, інформаційна технологія, автоматизація процесу підтримки прийняття медичних рішень.

Вступ. На сьогодні в Україні наявна проблема розроблення інформаційних технологій підтримки прийняття рішень для галузі охорони здоров'я [1]. Під інформаційною технологією маємо на увазі сукупність процесів, що використовують методи та засоби накопичення, обробки і передачі первинної інформації для отримання інформації нової якості про стан об'єкта, процесу або явища [2].

Саме використання інформаційних технологій підтримки прийняття рішень для галузі охорони здоров'я може суттєво збільшити коректність укладеного договору з юридичної точки зору, забезпечити лікаря та пацієнта від юридичних колізій, дати можливість швидкої та безкоштовної перевірки наявності всіх істотних умов у договорі, а також рекомендації щодо подальшого укладання чи неукладання договору [3].

Одним із найважливіших цивільно-правових інститутів є договори з надання послуг. Договір про надання різноманітних медичних послуг

(терапевтичних, стоматологічних, послуг із використання репродуктивних технологій, послуг із трансплантації та донорства, загальних медичних послуг) є найбільш важливою та поширеною підставою для виникнення правових відносин із надання медичних послуг певного виду.

Нині в багатьох договорах про надання медичних послуг містяться обтяжливі для пацієнта умови, пропонується неправовий спосіб вирішення спорів, відсутні характеристики, що індивідуалізують медичні послуги. Вказані недоліки можуть призвести до несприятливих юридичних наслідків як для пацієнта, так і для медичних організацій, які продовжують використовувати такі зразки договорів, що мають очевидні обмеження їх змісту та недостатню юридичну підготовку.

Звісно, далеко не кожна клініка може дозволити собі наймати юриста для підготовки договорів про надання медичних послуг. За таких умов значно підвищити ефективність та юри-

дичну коректність цивільно-правових договорів, забезпечити лікаря і пацієнта може інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права – за рахунок надання висновку щодо можливості чи неможливості підписання підготовленого договору/надання відповідної медичної послуги з юридичної точки зору.

Отже, на сьогодні *актуальним завданням* є забезпечення підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права шляхом розроблення відповідної інформаційної технології.

Дослідження відомих технологій підтримки прийняття медичних рішень. На сьогодні в Україні наявна потреба в автоматизації процесів прийняття рішень щодо можливості використання репродуктивних технологій, донорства і трансплантації, укладання договору про надання терапевтичних послуг, укладання договору про надання стоматологічних послуг, укладання договору про надання медичних послуг, а також щодо необхідності вакцинації від Covid-19.

Отже, з позиції підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права нас цікавить, чи надають відомі технології підтримку прийняття рішень щодо можливості використання репродуктивних технологій (сурогатне материнство та екстракорпоральне запліднення) – *критерій 1*, щодо можливості донорства і трансплантації – *критерій 2*, щодо можливості укладання договорів про надання терапевтичних послуг – *критерій 3*, щодо можливості укладання договорів про надання стоматологічних послуг – *критерій 4*, щодо можливості укладання загальних договорів про надання медичних послуг – *критерій 5*, щодо необхідності вакцинації від Covid-19 – *критерій 6*. Крім цього, нас цікавить, чи автоматизують відомі технології семантичний аналіз природомовних даних (договорів, опитувальників тощо) та формування висновків щодо можливості чи неможливості укладання відповідного договору/надання відповідної медичної послуги – *критерій 7*, чи надають ці засоби запит, чого саме не вистачає в договорі для його укладання або які необхідні умови не виконуються для надання відповідної медичної послуги, якщо було сформовано висновок про неможливість укладання такого договору/неможливість надання відповідної медичної послуги – *критерій 8*.

Узагальнимо результати проведеного дослідження відомих технологій підтримки прийняття

медичних рішень на предмет задоволення ними вищезазначених критеріїв (таблиця 1).

Проведене дослідження відомих технологій підтримки прийняття медичних рішень на предмет задоволення ними вищезазначених критеріїв показало, що жодне з відомих рішень не задовольняє всі 8 критеріїв у комплексі. Крім цього, всі відомі моделі, методи та системи підтримки прийняття медичних рішень належать до різних методологічних підходів і не інтегруються між собою, тобто нині відсутня інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права.

Щоб розробити інформаційну технологію підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням цивільно-правових підстав, яка принесе реальні вигоди користувачам, необхідно спочатку з'ясувати, які ж задачі вона повинна вирішувати і які властивості повинна мати. Для виявлення цих потреб, а також для виявлення змісту вимог необхідними є результати аналізу предметної галузі (зокрема, аналізу цивільно-правових підстав виникнення сурогатного материнства, цивільно-правових підстав можливості екстракорпорального запліднення, цивільно-правових підстав виникнення донорства і трансплантації, цивільно-правових підстав укладання договорів про надання терапевтичних послуг, цивільно-правових підстав укладання договорів про надання стоматологічних послуг, цивільно-правових підстав необхідності вакцинації від Covid-19, цивільно-правових підстав укладання загальних договорів про надання медичних послуг). Результати такого аналізу, проведеного автором, відображені у [17].

Інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права. На основі моделювання руху інформаційних потоків у процесі прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права та дослідження інформаційних потоків у процесі оцінювання інформації, доступної для прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права, розробимо структурну схему інформаційної технології підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права (рис. 1).

Інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права надає підтримку прийняття рішень щодо можливості використання репродуктивних технологій (щодо можливості сурогатного материнства та/або екстракорпорального

Результати аналізу відомих технологій підтримки прийняття медичних рішень

Відоме рішення	Критерії оцінки відомих рішень							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Шведська національна платформа обміну медичною інформацією [4]	+	+	+	+	+	+	-	-
Портал моделей медичних даних [5]	+	-	+	-	+	-	+	-
Інформаційна технологія для заповнення динамічної згоди пацієнтів [6]	-	+	+	+	+	-	-	-
Прийняття рішень під час індивідуального лікування жіночого безпліддя [7]	+	-	-	-	-	-	-	-
Система підтримки прийняття рішень для прогнозування результатів застосування репродуктивних технологій з використанням методів машинного навчання [8]	+	-	-	-	-	-	+	-
Приватна наскрізна система донорства та трансплантації органів на основі блокчейну Ethereum [9]	-	+	-	-	-	-	+	+
Система підтримки прийняття рішень щодо обміну та розподілу нирок [10]	-	+	-	-	-	-	+	+
AMBOSS: метод правової оцінки здатності пацієнта приймати рішення [11]	-	-	+	-	+	-	-	-
Інформаційна система підтримки прийняття рішень для зміцнення довіри між лікарем і пацієнтом [12]	-	-	+	+	+	-	-	-
Модель автономії прийняття рішень у медичних питаннях (відповідно до французького законодавства) [13]	-	-	+	+	+	-	-	-
Найважливіші фактори, які впливають на процес прийняття рішень щодо вибору медичних послуг [14]	-	-	+	+	+	+	-	-
Цифрова платформа для пілотного дослідження факторів, пов'язаних із готовністю до вакцинації від Covid-19 [15]	-	-	-	-	-	+	+	+
Інструмент підтримки прийняття рішень CAPACITY [16]	-	-	-	-	-	+	+	+

запліднення), щодо можливості донорства і трансплантації, щодо можливості укладання договорів про надання терапевтичних послуг, договорів про надання стоматологічних послуг та загальних договорів про надання медичних послуг, щодо необхідності та можливості вакцинації від Covid-19.

На вхід розробленої інформаційної технології надходить договір з надання медичних послуг, дані про потенційних донорів та/або реципієнтів, опитувальник щодо вакцинації від Covid-19.

Інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права автоматизує семантичний розбір (парсинг) договорів з надання медичних послуг, даних про потенційних донорів та/або реципієнтів, опитувальника щодо вакцинації від Covid-19. Також розроблена інформаційна технологія забезпечує автоматизоване формування висновків щодо можливості чи неможливості певної медичної послуги та/або укладання відповідного договору (на основі перевірки наявності всіх істотних умов, які є обов'язковими з юридичної точки зору для можливості надання медичної послуги та/або укладання відповідного

договору), а також у разі формування висновку про неможливість зазначає причини неможливості надання певної медичної послуги або надає запит на доопрацювання відповідного договору з надання медичних послуг (із зазначенням причин неможливості укладання договору, наприклад, із зазначенням відсутніх істотних умов у договорі). Отже, за рахунок забезпечення автоматизації парсингу договорів та формування висновків щодо можливості чи неможливості укладання договорів/надання медичних послуг досягається основна мета інформаційної технології – мінімізація впливу людського фактора та спрощення виконання цих процесів.

Приклад використання інформаційної технології підтримки прийняття медичних рішень. Розглянемо функціонування розробленої інформаційної технології на прикладі аналізу даних про двох потенційних реципієнтів на трансплантацію, взятих з бази даних UNOS (The United Network for Organ Sharing).

На вхід розробленої інформаційної технології підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права було подано дані про першого потенційного реципієнта. Дані про

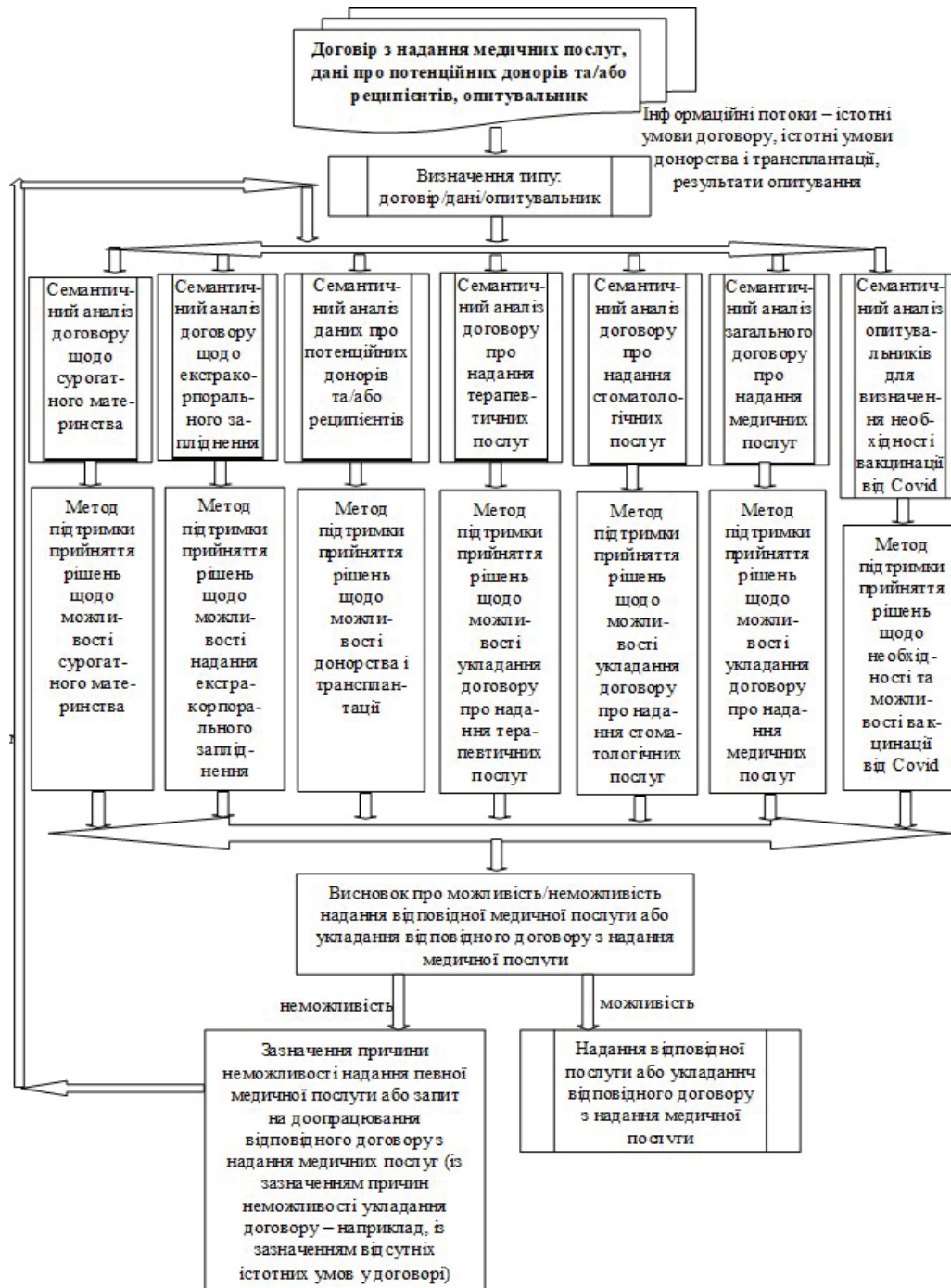


Рис. 1. Інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права

потенційного реципієнта були проаналізовані на предмет пошуку істотних умов трансплантації, що є обов'язковими з точки зору цивільного права (наявність у реципієнта захворювання, у разі якого неможливо зберегти життя та/або відновити його здоров'я іншими (відмінними від трансплантації) методами лікування; наявність у реципієнта медичних показань для застосу-

вання трансплантації; (наявність письмової згоди повнолітнього реципієнта) або (наявність письмової згоди реципієнта віком від 15 до 18 років) та (наявність письмової згоди батьків або інших законних представників реципієнта віком від 15 до 18 років) або (наявність письмової згоди батьків або інших законних представників реципієнта віком до 15 років) або (невідкладний випа-

док з існуванням реальної загрози життю реципієнта); реципієнт потребує органу або тканини, трансплантація якого дозволена МОЗ України; майбутня трансплантація буде проводитись закладом охорони здоров'я або науковою установою, яка має право її проводити).

У результаті проведеного семантичного аналізу було сформовано множину наявних умов щодо потенційної трансплантації для конкретного випадку, яка в такому разі повністю збіглась із множиною обов'язкових істотних умов трансплантації. Отже, множина відсутніх обов'язкових умов для трансплантації в першому випадку є порожньою. Оскільки множина відсутніх обов'язкових умов для трансплантації є порожньою, то трансплантація є можливою.

Далі на вхід розробленої інформаційної технології підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права було подано дані про другого потенційного реципієнта. Дані про потенційного реципієнта були проаналізовані на предмет пошуку істотних умов трансплантації, що є обов'язковими з точки зору цивільного права.

У результаті проведеного семантичного аналізу було сформовано множину наявних умов щодо потенційної трансплантації для конкретного випадку, яка в такому разі не містить умови «реципієнт потребує органу або тканини, трансплантація якого дозволена МОЗ України». Отже, множина відсутніх обов'язкових умов для трансплантації в другому випадку не є порожньою і містить один елемент «реципієнт потребує органу або тканини, трансплантація якого дозволена МОЗ України». Оскільки множина відсутніх обов'язкових умов для трансплантації не є порожньою, то трансплантація є неможливою, оскільки не виконується умова «реципієнт потребує органу або тканини, трансплантація якого дозволена МОЗ України».

Отже, як показали розглянуті експерименти, розроблена інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права забезпечила юридичну коректність проведеної процедури трансплантації, дала можливість швидкої та безкоштовної перевірки наявності всіх істотних умов для можливості трансплантації з юридичної точки зору, а також надала рекомендації щодо подальшого виконання чи невиконання трансплантації.

Висновки. Проведене дослідження відомих технологій підтримки прийняття медичних рішень на предмет задоволення ними вищезаз-

начених критеріїв показало, що жодне з відомих рішень не задовольняє всі критерії у комплексі. Крім цього, всі відомі моделі, методи та системи підтримки прийняття медичних рішень належать до різних методологічних підходів і не інтегруються між собою, тобто нині відсутня інформаційна технологія підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права.

У статті розроблено інформаційну технологію підтримки прийняття медичних рішень з урахуванням норм цивільного права, яка автоматизує семантичний аналіз договорів з надання медичних послуг, даних про потенційних донорів та/або реципієнтів, опитувальника щодо вакцинації від Covid-19. Також розроблена інформаційна технологія забезпечує автоматизоване формування висновків щодо можливості чи неможливості певної медичної послуги та/або укладання відповідного договору (на основі перевірки наявності всіх істотних умов, які є обов'язковими з юридичної точки зору для можливості надання медичної послуги та/або укладання відповідного договору), а також у разі формування висновку про неможливість зазначає причини неможливості надання певної медичної послуги або надає запит на доопрацювання відповідного договору з надання медичних послуг (із зазначенням причин неможливості укладання договору, наприклад, із зазначенням відсутніх істотних умов у договорі).

ЛІТЕРАТУРА

1. Berezsky O., Zarichnyi M., Pitsun O. Development of a metric and the methods for quantitative estimation of the segmentation of biomedical images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 6 (4). P. 4–11.
2. Hovorushchenko T. Methodology of Evaluating the Sufficiency of Information for Software Quality Assessment According to ISO 25010. *Journal of Information and Organizational Sciences*. 2018. Vol. 42. No. 1. Pp. 63–85.
3. Syerov Y., Shakhovska N., Fedushko S. Method of the Data Adequacy Determination of Personal Medical Profiles. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 902. P. 333–343.
4. Davoody N., Koch S., Krakau I., Hagglund M. Accessing and sharing health information for post-discharge stroke care through a national health information exchange platform – a case study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2019. Vol. 19. Paper 95.
5. Dugas M., Neuhaus P., Meidt A., Doods J., Storck M., Bruland P., Varghese J. Portal of medical data models: information infrastructure for medical research and healthcare: Database. *The Journal of Biological Databases and Curation*. 2016. Paper bav121.
6. Joly Y., Knoppers B. *Routledge Handbook of Medical Law and Ethics*. New York : Routledge, 2015. 492 p.

7. Lunenfeld B., Bilger W., Longobardi S., Kirsten J., D'Hooghe T., Sunkara S. Decision points for individualized hormonal stimulation with recombinant gonadotropins for treatment of women with infertility. *Gynecological Endocrinology*. 2019. Vol. 35. Issue 12. Pp. 1027–1036.
8. Kothandaraman R., Andavar S., Raj R. Dynamic Model for Assisted Reproductive Technology Outcome Prediction. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2021. Vol. 64. Article Number e21200758.
9. Hawashin D., Jayaraman R., Salah K., Yaqoob I., Simsekler M., Ellahham S. Blockchain-Based Management for Organ Donation and Transplantation. *IEEE Access*. 2022. Vol. 10. Pp. 59013–59025.
10. Karademirci O., Terzioglu A., Yilmaz S., Tombus O. Implementation of a User-Friendly, Flexible Expert System for Selecting Optimal Set of Kidney Exchange Combinations of Patients in a Transplantation Center. *Transplantation Proceedings*. 2015. Vol. 47. Issue 5. Pp. 1262–1264.
11. AMBOSS. Web-site. URL: https://www.amboss.com/us/knowledge/Principles_of_medical_law_and_ethics (Last accessed: July 28, 2022).
12. Delbon P. The protection of health in the care and trust relationship between doctor and patient: Competence, professional autonomy and responsibility of the doctor and decision-making autonomy of the patient. *Journal of Public Health Research*. 2018. Vol. 7. Issue 3. Pp. 97–100.
13. Bouvet R. The primacy of the patient's wishes in the medical decision-making procedure established by French law. *European Journal of Health Law*. 2018. Vol. 25 (4). Pp. 426–440.
14. Stankova P., Horkelova J., Luczewska J., Ticha J., Zimcikova S., Cernobila J. The key factors influencing clients' decision-making in the market of selected planned healthcare in the Czech Republic. *Journal of Competitiveness*. 2017. Vol. 9. Issue 4. Pp. 94–113.
15. Syundyukov E., Mednis M., Zaharenko L., Pildegovica E., Danovska I., Kistkins S., Seidmann A., Bennis A., Pirags V., Tzivian L. COVID-19 vaccination readiness: use of digital technologies for data-driven decision making. *European Journal of Public Health*. 2021. Vol. 31. Pp. 105–109.
16. Botwright S., Giersing B., Meltzer M., Kahn A., Jit M., Baltussen R., El Omeiri N., Biey J., Moore K., Thokala P., Mwenda J., Bertram M., Hutubessy R. The CAPACITI Decision-Support Tool for National Immunization Programs. *Value in Health*. 2021. Volume 24. Issue 8. Pp. 1150–1157.
17. Hovorushchenko T., Hnatchuk Ye., Herts A., Onyshko O. Intelligent Information Technology for Supporting the Medical Decision-Making Considering the Legal Basis. *CEUR-WS*. 2021. Vol. 2853. Pp. 72–82.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR SUPPORTING THE MEDICAL DECISION-MAKING CONSIDERING THE NORMS OF CIVIL LAW

Yelyzaveta Hnatchuk

PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Engineering & Information Systems

Khmelnitskyi National University, 11 Institutstva str., Khmelnytskyi, Ukraine, 29016, liza_veta@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2989-3183

Today, an actual task is providing the support of medical decision-making considering the norms of civil law through the development of appropriate information technology.

A study of known medical decision-making support technologies for their satisfaction of important criteria showed that none of the known solutions satisfies all the criteria in the complex. In addition, all known models, methods and decision support systems for medical decision-making belong to different methodological approaches and do not integrate with each other, i.e. currently there is no information technology for supporting the medical decision-making considering the norms of civil law.

The paper develops the information technology for supporting the medical decision-making considering the norms of civil law, which automates the semantic analysis of contracts for the provision of medical services, data on potential donors and/or recipients, and a questionnaire on vaccination against Covid-19. Also, the developed information technology ensures the automated formation of conclusions regarding the possibility or impossibility of a certain medical service and/or the conclusion of a corresponding contract (based on the verification of the presence of all essential conditions that are mandatory from a legal point of view for the possibility of providing a medical service and/or the conclusion of a corresponding contract), as well as in the case of formation of a conclusion on the impossibility, indicates the reasons for the impossibility of providing a certain medical service or submits a request for finalization of the relevant contract for the provision of medical services (indicating the reasons for the impossibility of concluding the contract – for example, indicating the missing essential conditions in the contract).

Key words: medical decision-making support, information technology, automation of the medical decision-making support process.

REFERENCES

1. Berezsky, O., Zarichnyi, M., Pitsun, O. (2017). Development of a metric and the methods for quantitative estimation of the segmentation of biomedical images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6 (4), pp. 4–11.
2. Hovorushchenko, T. (2018). Methodology of Evaluating the Sufficiency of Information for Software Quality Assessment According to ISO 25010. *Journal of Information and Organizational Sciences*, vol. 42 (1), pp. 63–85.
3. Syerov, Y., Shakhovska, N., Fedushko, S. (2020). Method of the Data Adequacy Determination of Personal Medical Profiles. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 902, pp. 333–343.
4. Davoody, N., Koch, S., Krakau, I., Hagglund, M. (2019). Accessing and sharing health information for post-discharge stroke care through a national health information exchange platform – a case study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 19, paper 95.
5. Dugas, M., Neuhaus, P., Meidt, A., Doods, J., Storck, M., Bruland, P., Varghese, J. (2016). Portal of medical data models: information infrastructure for medical research and healthcare: Database. *The Journal of Biological Databases and Curation*, article number bav121.
6. Joly, Y., Knoppers, B. (2015). *Routledge Handbook of Medical Law and Ethics*. New York: Routledge, 492 p.
7. Lunenfeld, B., Bilger, W., Longobardi, S., Kirsten, J., D'Hooghe, T., Sunkara, S. (2019). Decision points for individualized hormonal stimulation with recombinant gonadotropins for treatment of women with infertility. *Gynecological Endocrinology*, vol. 35, issue 12, pp. 1027–1036.
8. Kothandaraman, R., Andavar, S., Raj, R. (2021). Dynamic Model for Assisted Reproductive Technology Outcome Prediction. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 64, article number e21200758.
9. Hawashin, D., Jayaraman, R., Salah, K., Yaqoob, I., Simsekler, M., Ellahham, S. (2022). Blockchain-Based Management for Organ Donation and Transplantation. *IEEE Access*, vol. 10, pp. 59013–59025.
10. Karademirci, O., Terzioglu, A., Yilmaz, S., Tombus, O. (2015). Implementation of a User-Friendly, Flexible Expert System for Selecting Optimal Set of Kidney Exchange Combinations of Patients in a Transplantation Center. *Transplantation Proceedings*, vol. 47, issue 5, pp. 1262–1264.
11. AMBOSS. Web-site. Retrieved from: https://www.amboss.com/us/knowledge/Principles_of_medical_law_and_ethics (Last accessed: July 28, 2022).
12. Delbon, P. (2018). The protection of health in the care and trust relationship between doctor and patient: Competence, professional autonomy and responsibility of the doctor and decision-making autonomy of the patient. *Journal of Public Health Research*, vol. 7, issue 3, pp. 97–100.
13. Bouvet, R. (2018). The primacy of the patient's wishes in the medical decision-making procedure established by French law. *European Journal of Health Law*, vol. 25 (4), pp. 426–440.
14. Stankova, P., Horkelova, J., Luczewska, J., Ticha, J., Zimcikova, S., Cernobila, J. (2017). The key factors influencing clients' decision-making in the market of selected planned healthcare in the Czech Republic. *Journal of Competitiveness*, vol. 9, issue 4, pp. 94–113.
15. Syundyukov, E., Mednis, M., Zaharenko, L., Pildegovica, E., Danovska, I., Kistkins, S., Seidmann, A., Bennis, A., Pirags, V., Tzivian, L. (2021). COVID-19 vaccination readiness: use of digital technologies for data-driven decision making. *European Journal of Public Health*, vol. 31, pp. 105–109.
16. Botwright, S., Giersing, B., Meltzer, M., Kahn, A., Jit, M., Baltussen, R., El Omeiri, N., Biey, J., Moore, K., Thokala, P., Mwenda, J., Bertram, M., Hutubessy, R. (2021). The CAPACITI Decision-Support Tool for National Immunization Programs. *Value in Health*, vol. 24, issue 8, pp. 1150–1157.
17. Hovorushchenko, T., Hnatchuk, Ye., Herts, A., Onyshko, O. (2021). Intelligent Information Technology for Supporting the Medical Decision-Making Considering the Legal Basis. *CEUR-WS*, vol. 2853, pp. 72–82.

Стаття надійшла 23.05.2022

ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ СТЕЖЕННЯ СУЧАСНИХ БПЛА НА БАЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Юрій Кубрак

кандидат технічних наук доцент кафедра інженерії програмного забезпечення

Державний університет «Житомирська політехніка» 10005, Україна, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103, kirz_kyua@ztu.edu.ua,

ORCID: 0000-0002-1122-7580, Scopus Author ID: 57215318599

Дмитро Плечистий

кандидат технічних наук доцент кафедра комп'ютерних наук

Державний університет «Житомирська політехніка» 10005, Україна, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103, kkn_pdd@ztu.edu.ua,

ORCID: 0000-0002-4803-159X

Ігор Толстой

старший викладач кафедра інженерії програмного забезпечення

Державний університет «Житомирська політехніка» 10005, Україна, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103, igor-tolstoy@itlab-studio.com,

ORCID: 0000-0001-8879-8827

У статті розкрито принципи формування комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту. Окреслено сферу застосування сучасних безпілотних комплексів та особливості їх структурної ідентифікації. Підкреслено, що автономність безпілотних літальних апаратів визначається рівнем коефіцієнту свободи від контролю та варіюється від 0 до 100%. Наголошено на значущості комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту як механізму відстеження та контролю. Запропонована комплексна система стеження, яка не вимагає наявності GSM або обов'язкового встановлення веб-сервера на базі наземної станції, що є однією з головних проблем сьогодення. Наголошено, що розроблена система займає менше часу для відстеження БПЛА та має мінімальну кількість обладнання, що позитивно впливає на кінцеву вартість системи, а за рахунок відсутності статичного Інтернет-протоколу для веб-сервера виключається залежність від порту та можливості переадресації портів. Графічно представлено структуру комплексної системи та описано принцип взаємодії окремих модулів. У математичному представленні розкрито механізм моделювання загортової нейронної мережі, яка використовується з метою зворотного зв'язку для підвищення точності розпізнавання об'єктів. Зазначається, що модуль стеження ґрунтується на алгоритмі розпізнавання фону, що дозволяє сканувати задану область. Підкреслено, що налаштування комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту здійснюється за рахунок регуляції повної частоти кадрів з камери, що дозволяє отримувати максимально можливу точність, а також попередня обробка відеовходу камери за типом віднімання поточного кадру від попереднього та отримання абсолютних значень попиксельно дозволяє отримати найбільш точне зображення поточного кадру. Результатом дослідження є комплексна система стеження сучасних БПЛА, яка дозволяє здійснювати високопродуктивний моніторинг за об'єктами, мінімізує кількісну складову частину бази даних за рахунок зменшення розміру тренувальної вибірки та може використовуватися як на рухомих об'єктах (літак, автомобіль, тощо) так і на наземних.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, комплексна система, детектор, стеження, розпізнавання, штучна нейронна мережа, машинне навчання.

Вступ та постановка проблеми. В умовах сьогодення безпілотні авіаційні системи стали універсальним рішенням для різних програм, пов'язаних з моніторингом та дослідженням великих відкритих територій, виявленням об'єктів та розпізнавання останніх в умовах перешкод. Безпілотні авіаційні системи являють собою більш повне визначення, ніж тради-

ційний безпілотний літальний апарат (БПЛА), оскільки він охоплює не тільки літальний апарат, а й канали зв'язку, систему керування, корисне навантаження та наземну базову станцію. Враховуючи це, є можливість стверджувати той факт, що БПЛА складається з різних підсистем, які діють у комплексі та доповнюють один одного. Кожна окрема з підсистем є важливою та виконує

функції, покладені на неї, оскільки у комплексі вони впливають на нормальну роботу літального апарату загалом.

До основних компонент, що входять до складу, варто віднести базову станцію та систему зв'язку. Безпілотний літальний апарат відповідає за корисне навантаження на борту, яке є, наприклад, системою камер для отримання зображень під час польоту. Наземна станція є центром керування всім апаратом загалом. Це допомагає користувачеві контролювати роботу літального засобу та всіх інших підсистем під час польоту, завжди приділяючи першорядну увагу безпеці експлуатації. Також важливим фактором впливу є система зв'язку, яка забезпечує бездротовий зв'язок між наземною станцією та повітряною платформою для передачі даних телеметрії та команд управління.

Однак, враховуючи неспинний розвиток сучасної науки та техніки, на сьогодні одним із головних завдань є скорочення вартості кінцевого пристрою, його унікалізація, підвищення рівня якості процесів розпізнавання та стеження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковий підхід у сфері машинного навчання та штучного інтелекту є глобальним. Простежується зростання наукових набуток щодо впровадження механізмів машинного навчання у воєнну сферу та сферу геодезії. Здійснено підхід до формування алгоритму верифікації даних у кадастровій сфері [1].

О. І. Тумочко, et al. [2] описали підхід до автоматизованого планування маршрутів польотів безпілотних літальних апаратів для підвищення ефективності пошуку об'єктів. Зазначена робота внесла великий вклад у науку, розроблений метод автоматизованого планування маршруту польоту БПЛА для пошуку стаціонарних об'єктів, що, на відміну від наявних, враховує зв'язаність структури стаціонарних об'єктів на різних топологічних рівнях та дозволяє оцінити важливість даного типу об'єктів в загальній структурі.

Формування процесу створення бази знань про розпізнавання об'єктів і дій противника на основі нейромереж та нечіткої логіки запропонував J.C. Culloch [3]. У свою чергу, I. Zhuravska, M. Musiyenko, O. Tohoiev [4] дослідили методи та засоби створення та функціонування швидкодинамічних гетерогенних комп'ютерних мереж критичного застосування, які покладені в основу генерації суб-оптимальних маршрутів безпілотного літального апарата.

R. Abdelfatah et al. 2021 [5] описали конструкцію безпілотних літальних апаратів та шляхи для

удосконалення систем керування такими апаратами для розширення областей їхнього використання. Також авторами розглянуті та описані наявні розробки датчиків виміру висоти БПЛА та стабілізації положення.

У [6] розроблений альтернативний спосіб налаштування системи завдяки створенню імітаційного стенду польоту БПЛА, який має багато переваг, таких як можливість розробки системи візуальної навігації з нуля, швидкий запуск та аналіз ефективності нових алгоритмів візуальної навігації, опублікованих в наукових статтях, паралельне порівняння в реальному часі різних алгоритмів візуальної навігації та оцінка їх точності, вдосконалення наявного програмного забезпечення системи.

Із зарубіжних авторів варто відзначити таких, як: Yang, K. & Xie, M. & An, J. & Zhang, X. & Su, H. & Fu, X. [7], Li, Shujuan & Ding, Junhang & Li, Jianzhi [8], P. Radanliev et al. [9], Gidwani, Ansh [10] та інші.

Однак, незважаючи на масштабність наукових досліджень за окресленою тематикою, питання розкриття принципів формування комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. Розкрити принципи формування комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту.

Викладення основного матеріалу дослідження. Наукові дослідження та розробки сучасних БПЛА розширюються у рамках зростання сфер використання останніх. Так, БПЛА використовують для операцій розвідки, координації систем стеження, доставки вантажів по типу медикаментів, небезпечних елементів тощо у віддалені або недоступні регіони. Ступінь автономності БПЛА визначається рівнем коефіцієнту свободи від контролю, у випадку управління БПЛА з пульта дистанційного керування ступінь автономності мінімальна з показником 0%. БПЛА, побудований на одноплатному комп'ютері, має максимальну ступінь автономності з показником 100%. Відстеження БПЛА як одиначної системи, так і групи таких систем, є важливим у цілях безпеки та вирішення проблем стійкості. У разі виникнення непередбачуваних ситуацій у момент польоту система стеження здатна повідомити про місце перебування апарата та, у деяких випадках, визначити рівень ураження.

Комплексна система стеження сучасних БПЛА має на меті відстеження та контроль за шляхом

безпілотного літального апарату. Головною умовою ефективного стеження є безпроводний зв'язок між БПЛА та системою наземного стеження, проте сучасні механізми за типом Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee через обмежену дальність підключення від 10 до 100 метрів є неефективними.

Спираючись на практичні дослідження в обраній галузі, комунікаційні технології для стеження та моніторингу ґрунтуються на технології GPS та глобальній мобільній системі GSM. У комплексі дане рішення є ефективним та дієвим, однак такий підхід вимагає дублювання системи GSM як на БПЛА, так і на наземній станції, також необхідний сервер з веб-підключенням. Ще одним із недоліків є той факт, що GSM має низьку швидкість передачі та тривалу затримку передачі.

Для вирішення зазначених проблем пропонується комплексна система стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту, яка не вимагає наявності GSM або обов'язкового встановлення веб-сервера на базі наземної станції. Запропонована система займає менше часу для відстеження

БПЛА та має мінімальну кількість обладнання, що позитивно впливає на кінцеву вартість системи. За рахунок відсутності статичного Інтернет-протоколу для веб-сервера виключається залежність від порту та можливості переадресації портів.

Принцип роботи комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту ґрунтується на взаємозв'язку між датчиком GPS, встановленим на базі БПЛА, та супутниками. Сформовані координати місцезнаходження БПЛА на мікроконтролері шляхом передачі у вигляді HTTP-запиту направляються до наземної станції, де формується електронна таблиця, що безпосередньо зв'язана зі статичними картами Google. Шляхом встановлення системи відеостеження на БПЛА є можливість збирати дані з навколишньої середовища та аналізувати їх. Система стеження складається з двох модулів: модуля стеження та модуля виявлення об'єкта. Останній працює на основі нейронної мережі, яка забезпечує максимальну продуктивність. Модуль стеження ґрунтується на алгоритмі роз-

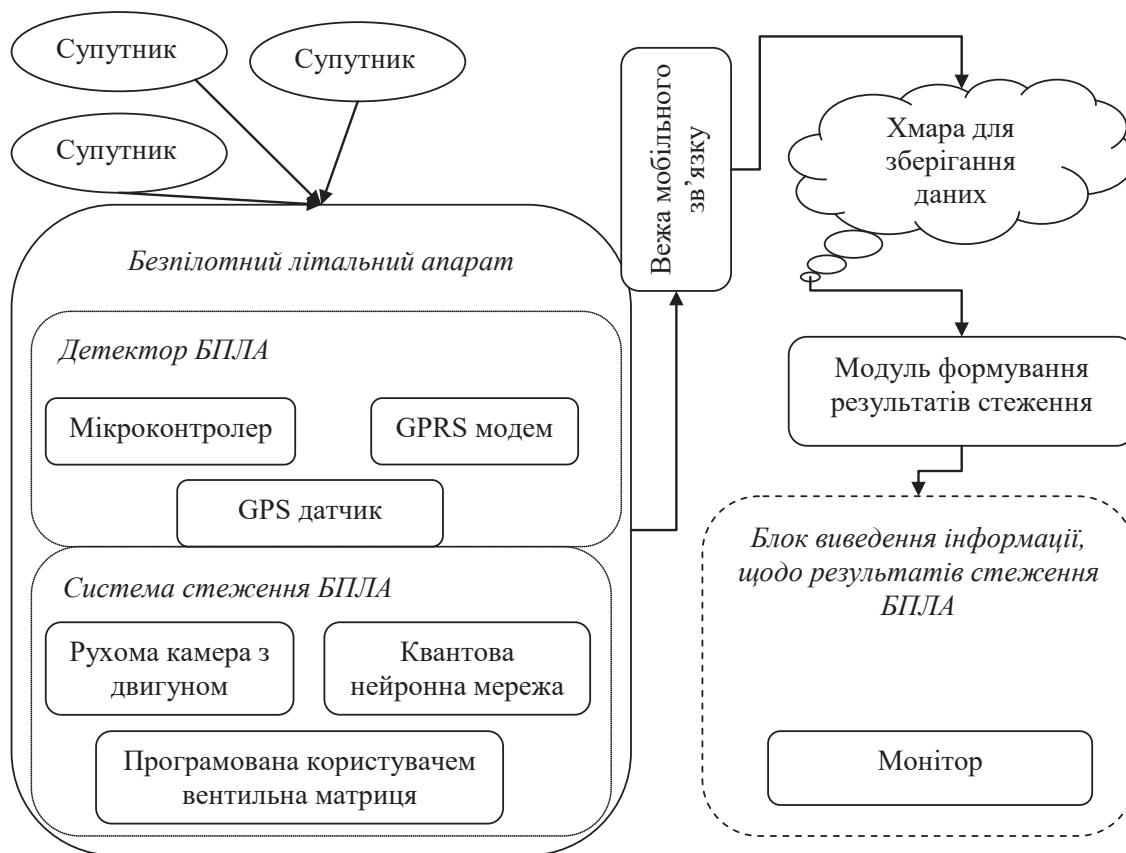


Рисунок 1 – Структурна схема комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту

пізнання фону, що дозволяє сканувати задану область. Штучна нейронна мережа використовується з метою зворотного зв'язку для підвищення точності розпізнавання об'єктів.

За своїм складом нейронна мережа структурована шарами, нейрони формують свої значення з попереднього шару та створюють вагову групу. Активація нейронів відбувається за допомогою лінійної функції активації, за якою здійснюється функція випрямлення лінійного вузла з пороговим значенням для вилучення ознаки, кожен нейрон вираховує власну зважену вагу входів ω_{ij} . Значення ваги передаються у блочну оперативну пам'ять для максимізації продуктивності роботи.

$$f = \sum_i^n \omega_{ij} x_i + b_j$$

де ω_{ij} – це значення ваги i -го входу (x_i) та j -го об'єкту;

b_j – це значення зміщення для j -го вихідного нейрона.

Основною структурною властивістю штучної нейронної мережі є наявність безлічі взаємозалежних шарів. Вага кожного шару та їх усунення фіксуються в процесі навчання, після закінчення навчання можна виконати певну оптимізацію, щоб видалити небажані шари та стиснути нейрони. Штучна нейронна мережа обирає певну ділянку пікселів або даних і обчислює нове значення в новому шарі карти об'єктів. Зазначена дія повторюється на всій просторовій карті вхідного шару. Як наслідок, в результаті математичної операції над двома функціями та обробкою третьої отримуємо відносно невелику кількість ваг.

$$y = ReLU \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \omega_{ij} x_{ij} + b_j \right)$$

де функція випрямлення лінійного вузла $\max(0, x)$,

i – кількість входів нейронної мережі,

ω_{ij} – вага для i -го входу (x_i) і j -го вихідного нейрона карти ознак,

b_j – значення зсуву для j -го вихідного нейрона,
 n, m – розмір згортки.

Налаштування комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту здійснюється за рахунок регуляції повної частоти кадрів з камери, це дозволить отримувати максимально можливу точність. Також попередня обробка відеовходу камери за типом віднімання поточного кадру від попереднього та отримання абсолютних значень попіксельно дозволить отримати найбільш точне зобра-

ження поточного кадру. Для отримання кольорового зображення зазначена процедура проводиться для кожного каналу RGB кольорового зображення, щоб отримати остаточне кольорове зображення.

У випадку, якщо є панорамування (збільшення або зменшення) руху камери, необхідно компенсувати глобальний рух всього кадру перед операцією віднімання кадру з урахуванням значення фону зображення (B). Числове значення (B) вказує на статичність фону, нечислове значення має на увазі, що об'єкт рухомий (нестатичний).

Значення фону зображення B розраховується за допомогою «алгоритма Штауффера-Грімсона», який еквівалентним гаусівської адаптації, метод максимальної правдоподібності використовується для оцінки середніх значень шляхом адаптації по одній вибірці за раз. У алгоритмі Штауффера-Грімсона інформація не використовується для керування генератором випадкових чисел для центрування, максимізації середньої придатності, середньої інформації чи виробничого виходу.

$$B = \arg_{b_{min}} \left(\sum_{k=1}^b \omega_k > T \right),$$

де T – це поріг, який є мірою мінімальної частини даних, яка повинна бути врахована фоном (B),

ω_k – це відповідне середнє значення для k -ої моделі Гаусса,

b – це загальна кількість моделей Гаусса.

Алгоритм моделює кожен піксель як суміш функцій Гаусса. У кожному кадрі для кожного пікселя відстань значення кольору пікселя обчислюється з кожного з пов'язаних K розподілів Гаусса (значення за замовчуванням $K=3$). Класифікація пікселів здійснюється з урахуванням наступних умов:

якщо значення інтенсивності кольору пікселя не відповідає ні одному значенню з K кластерів, значення за замовчуванням встановлюється у позначку 3;

якщо значення інтенсивності кольору пікселя присвоюється одному і тому ж кластеру для двох послідовних кадрів, а значення інтенсивності $x(T)$ та $x(T-1)$ знаходяться в межах 50% (налаштовується користувачем) середнього діапазону.

Середній діапазон:

$$(c_k - X, c_k + X)$$

Значення інтенсивності кольору пікселя:

$$(x(T), x(T-1))$$

де x – поточний піксель,
 X – загальна кількість пікселів,
 c_k – центральне значення Гаусса,
 T – порогове значення даних.

Оскільки існує сильна кореляція між двома послідовними зображеннями, більша частина фону необроблених зображень не буде враховуватися, і тільки об'єкти, що швидко рухаються, залишаться в залишковому зображенні. Це особливо актуально, коли об'єкт знаходиться на відстані від камери БПЛА та розмір об'єкту відносно невеликий. Слідування за об'єктом може бути апроксимовано рухом твердого тіла. Крім того, якщо пристрій стеження БПЛА на короткий час втрапить об'єкт з поля зору, все ще існує велика ймовірність того, що пристрій стеження БПЛА знайде об'єкт у просторі, але може знадобитися деяке втручання користувача. Крім того, необхідно дати камері додатковий час для повторного панорамування та фокусування.

Працює даний алгоритм за схемою, наведеною на рисунку 2.

Виявити та вірно розпізнати об'єкт виявляється можливим, якщо він знаходиться в полі зору і має допустимий розмір. Детектор повідомить про розташування об'єкта камері стеження, щоб камера могла перефокусуватися на об'єкті.

У процесі відстеження детектор продовжує надавати оцінки достовірності місця знаходження об'єкта в місці, що відстежується. Остаточне оновлене розташування може бути отримане шляхом об'єднання показників достовірності відстеження та виявлення, які сформовані штучною нейронною мережею.

$$A_d = \frac{1}{(1 + e^{-\beta_1(R_d - \alpha_1)})^{adj}}$$

$$A_t = \frac{1}{(1 + e^{-\beta_2(R_t - \alpha_2)})^{adj}}$$

$$A_f = \max(A_n, A_t)$$

де R_d – достовірність виявлення;
 R_t – рівень достовірності трекара;
 A_d – показник достовірності виявлення об'єкта;
 A_t – показник достовірності відстеження об'єкта;
 A_f – загальна оцінка точності розпізнавання об'єктів;

$\beta_1, \beta_2, \alpha_1, \alpha_2$ – порогові параметри якості даних, які встановлюються користувачем та які можна використовувати під час оцінки умови в блок-схемі виявлення об'єктів на базі системи стеження сучасних БПЛА з використанням штучного інтелекту.

Таким чином, основна мета системи відстеження та виявлення полягає в тому, щоб змен-

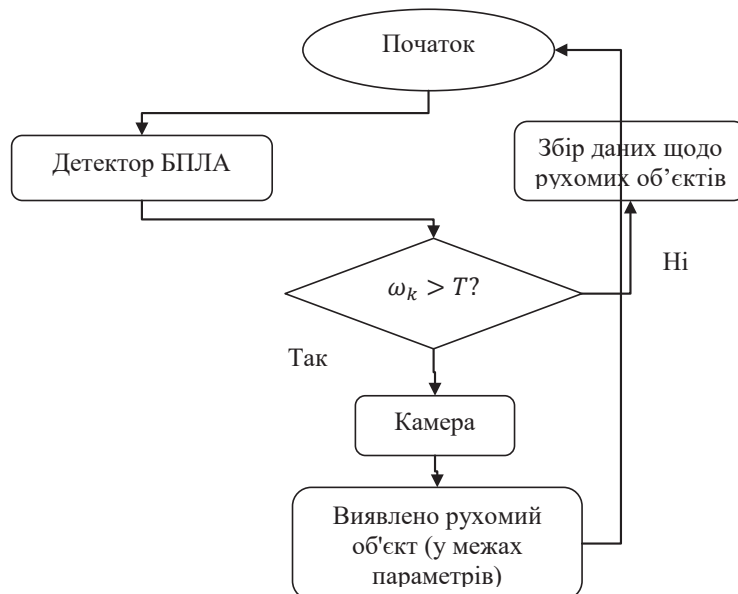


Рисунок 2 – Алгоритм реалізації системи стеження БПЛА

шити варіації необроблених даних датчика і отримати найбільш точні дані з мінімально можливою дисперсією.

Висновки. У роботі розкрито принципи формування комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту. Описана комплексна система стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту за рахунок використання модулю стеження та детектора дозволяє здійснювати високопродуктивний моніторинг за об'єктами, мінімізує кількісну складову частину бази даних за рахунок зменшення розміру тренувальної вибірки та може використовуватися як на рухомих об'єктах (літак, автомобіль тощо), так і на наземних.

Перспективами подальшого дослідження є розробка макету описаної комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту з використанням програмованої логічної інтегральної схеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Desyatnyuk O., Muravskiy V., Shevchuk O. Accounting Automation in Agroindustrial Enterprises Using Drones (UAVs). 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Deggendorf, Germany, 15-17 September 2021. 2021. URL: <https://doi.org/10.1109/acit52158.2021.9548424> (date of access: 27.07.2022).
2. The method of planning the flight route of unmanned aerial vehicles while monitoring the behavior of dynamic objects in the forest-steppe area / O. I. Tymochko, et al. *Information processing systems*. 2020. 3(162),. P. 95–110. URL: <https://doi.org/10.30748/soi.2020.162.10> (date of access: 27.07.2022).
3. Culloch J.C. Novel methods of measuring the similarity and distance between complex fuzzy sets [PhD thesis]. Nottingham: University of Nottingham, 2016. 267 p.
4. Zhuravska I., Musiyenko M., Tohoiev O. Development the Heat Leak 37 Detection Method for Hidden Thermal Objects by Means the Information-Measuring Computer System. *CEUR Workshop Proc. Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2019)* : Proc. of the 2nd Int. Workshop, Zaporizhzhia, Ukraine, April 15–19, 2019. Vol. 2353. P. 350–364.
5. UAV Tracking System Using Integrated Sensor Fusion with RTK-GPS / R. Abdelfatah et al. 2021 International Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC), Cairo, Egypt, 26–27 May 2021. 2021. URL: <https://doi.org/10.1109/miucc52538.2021.9447646> (date of access: 27.07.2022).
6. Helical Antenna Design for Automated UAV Tracking System / F. Catargiu et al. *Journal of Military Technology*. 2018. Vol. 1, no. 1. P. 25–28. URL: <https://doi.org/10.32754/jmt.2018.1.04> (date of access: 27.07.2022).
7. Correlation filter based UAV tracking system on FPGA / K. Yang et al. *IET International Radar Conference (IET IRC 2020), Online Conference*, 2021. URL: <https://doi.org/10.1049/icp.2021.0758> (date of access: 27.07.2022).
8. Li S., Ding J., Li J. Error Analysis of Dual Antenna UAV Tracking System. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Singapore, 2019. P. 243–250. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-32-9050-1_28 (date of access: 27.07.2022).
9. Forecasts on future evolution of artificial intelligence and intelligent systems / P. Radanliev et al. *IEEE Access*. 2022. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3169580> (date of access: 27.07.2022).
10. Gidwani A. Vehicle Tracking System based on Artificial Intelligence and Networking. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2019. Vol. 7, no. 3. P. 2689–2694. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.3490> (date of access: 27.07.2022).

FORMATION OF A COMPLEX SYSTEM FOR MONITORING MODERN UAVS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Yuri Kubrak

candidate of technical sciences associate professor

department of software engineering Zhytomyr State Technological University 103, Chudnivska str., Zhytomyr, 10005, Ukraine kipz_kyua@ztu.edu.ua,

ORCID: 0000-0002-1122-7580

Dmytro Plechystyy

candidate of technical sciences, associate professor department of computer science

Zhytomyr State Technological University 103, Chudnivska str., Zhytomyr, 10005, Ukraine kkn_pdd@ztu.edu.ua,

ORCID: 0000-0002-4803-159X

Ihor Tolstoi

Senior Lecturer department of software engineering Zhytomyr State Technological University

103, Chudnivska str., Zhytomyr, 10005, Ukraine igor-tolstoy@itlab-studio.com,

ORCID: 0000-0001-8879-8827

The article reveals the principles of forming a complex tracking system for modern UAVs based on artificial intelligence. The scope of application of modern unmanned systems and the peculiarities of their structural identification are outlined. It is emphasized that the autonomy of unmanned aerial vehicles is determined by the level of the coefficient of freedom from control and varies from 0 to 100%. The importance of a complex tracking system for modern UAVs based on artificial intelligence as a tracking and control mechanism is emphasized. A comprehensive tracking system is proposed, which does not require the presence of GSM or the mandatory installation of a web server based on a ground station, which is one of the main problems today. It is emphasized that the developed system takes less time to track UAVs and has a minimum amount of equipment, which positively affects the final cost of the system, and due to the absence of a static Internet protocol for the web server, port dependence and the possibility of port forwarding are excluded. The structure of the complex system is graphically presented and the principle of interaction of individual modules is described. In the mathematical section, the modeling mechanism of the convolutional neural network, which is used for the purpose of feedback to increase the accuracy of object recognition, is presented. It is noted that the tracking module is based on the background recognition algorithm, which allows you to scan a given area. It is emphasized that the setting of the complex tracking system of modern UAVs based on artificial intelligence is carried out due to the regulation of the full frequency of frames from the camera, which allows to obtain the maximum possible accuracy, as well as the pre-processing of the video input of the camera by the type of subtraction of the current frame from the previous one, and obtaining absolute values pixel by pixel allows get the most accurate image of the current frame. The result of the research is a complex tracking system of modern UAVs, which allows for high-performance monitoring of objects, minimizes the quantitative component of the database due to the reduction of the size of the training sample, and can be used both on moving objects (plane, car, etc.) and on land.

Key words: unmanned aerial vehicle, complex system, detector, tracking, recognition, artificial neural network, machine learning.

REFERENCES

1. Desyatnyuk O., Muravskiy V., Shevchuk O. Accounting Automation in Agroindustrial Enterprises Using Drones (UAVs). 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Deggendorf, Germany, 15-17 September 2021. 2021. URL: <https://doi.org/10.1109/acit52158.2021.9548424> (date of access: 27.07.2022).
2. The method of planning the flight route of unmanned aerial vehicles while monitoring the behavior of dynamic objects in the forest-steppe area / O. I. Tymochko, et al. *Information processing systems*. 2020. 3(162),. P. 95–110. URL: <https://doi.org/10.30748/soi.2020.162.10> (date of access: 27.07.2022).
3. Culloch J.C. Novel methods of measuring the similarity and distance between complex fuzzy sets [PhD thesis]. Nottingham: University of Nottingham, 2016. 267 p.
4. Zhuravska I., Musiyenko M., Tohoiev O. Development the Heat Leak 37 Detection Method for Hidden Thermal Objects by Means the Information-Measuring Computer System. *CEUR Workshop Proc. Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2019)* : Proc. of the 2nd Int. Workshop, Zaporizhzhia, Ukraine, April 15–19, 2019. Vol. 2353. P. 350–364.
5. UAV Tracking System Using Integrated Sensor Fusion with RTK-GPS / R. Abdelfatah et al. 2021 International Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC), Cairo, Egypt, 26–27 May 2021. 2021. URL: <https://doi.org/10.1109/miucc52538.2021.9447646> (date of access: 27.07.2022).
6. Helical Antenna Design for Automated UAV Tracking System / F. Catargiu et al. *Journal of Military Technology*. 2018. Vol. 1, no. 1. P. 25–28. URL: <https://doi.org/10.32754/jmt.2018.1.04> (date of access: 27.07.2022).
7. Correlation filter based UAV tracking system on FPGA / K. Yang et al. *IET International Radar Conference (IET IRC 2020), Online Conference, 2021*. URL: <https://doi.org/10.1049/icp.2021.0758> (date of access: 27.07.2022).
8. Li S., Ding J., Li J. Error Analysis of Dual Antenna UAV Tracking System. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Singapore, 2019. P. 243–250. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-32-9050-1_28 (date of access: 27.07.2022).
9. Forecasts on future evolution of artificial intelligence and intelligent systems / P. Radanliev et al. *IEEE Access*. 2022. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3169580> (date of access: 27.07.2022).
10. Gidwani A. Vehicle Tracking System based on Artificial Intelligence and Networking. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2019. Vol. 7, no. 3. P. 2689–2694. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.3490> (date of access: 27.07.2022).

Стаття надійшла 26.05.2022

МАТЕМАТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ВУЛИЧНО-ШЛЯХОВОЇ МЕРЕЖІ

Дахмані Мохамед

аспірант кафедри міського господарства факультету урбаністики та просторового планування

Київського національного університету будівництва і архітектури просп. Повітрофлотський, 31, Київ, Україна, 03680, aspirants3221@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8854-01489

У статті досліджено особливості розробки підвищення ефективності організації вулично-шляхової мережі та її елементів та враховано практичну спрямованість через застосування об'єкта дослідження – міста Харків. Автором визначено, що ключовою проблемою забезпечення ефективності організації вулично-шляхової мережі та її елементів у м. Харкові є відсутність раціонального підходу до оцінювання пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів. Мета роботи – розробити та обґрунтувати математичну модель для оцінювання пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харків. Автором визначено, що економіко-математичну модель мережі автомобільних доріг слід розглядати як окремий випадок моделі оптимізації єдиної транспортної мережі. На основі наведених міркувань автором складено систему рівнянь, що характеризують основні закономірні співвідношення між сформульованими вимогами автомобільного транспорту та розгортанням мережі автомобільних доріг. У статті визначено, що оптимізаційні моделі становлять систему математичних рівнянь, лінійних або нелінійних, підпорядкованих визначеній цільовій функції, і служать для відшукування найкращих (оптимальних) розв'язків конкретної економічної задачі. У багатofакторній моделі автором запропоновано включити такі фактори: витрати на удосконалення вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_1); середній обсяг заохочувальної заробітної плати працівників вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_2); обсяг фінансування будівництва спеціалізованих паркувальних майданчиків, тис. грн. (x_3); середня заробітна плата працівників вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_4); темпи росту населення, що мають власний транспорт, % (x_5); питома вага водіїв, що мають стаж водіння більше 10 років, % (x_6). Успішне застосування статистичних методів прогнозування на практиці можливе лише в поєднанні знання в області самих методів з глибокими знаннями об'єкта дослідження, зі змістовним аналізом явища, яке вивчається.

Ключові слова: математичний інструментарій, математична модель, регресійна модель, пропускна спроможність, вулично-шляхова мережа.

Постановка проблеми. Розробка методів підвищення ефективності організації вулично-шляхової мережі та її елементів у м. Харкові повинна будуватись на обґрунтуванні ключових проблем, які заважають забезпеченню такої ефективності. Так, основною проблемою, яка постає на шляху забезпечення ефективності організації вулично-шляхової мережі та її елементів у м. Харкові, є відсутність раціонального підходу до оцінювання пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, що й в остаточному спричиняє неефективність та ірраціональність організації вулично-шляхової мережі та її елементів у м. Харкові.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню питань оцінки та обрання ефективного математичного інструментарію оцінювання пропускної спроможності вулично-шляхової мережі присвячено роботи багатьох дослідників, серед яких: В.А. Андріанов, Я.В. Беззуб, Т.А. Гаври-

люк, К.В. Гончаров, І.А. Євстигнєєв, І.В. Жуковицький, О.Ю. Криволапова, В.М. Маркелов, І.Н. Розенберг, О.В. Рудзінська, А.М. Семенов, В.В. Скалозуб, В.П. Соловійов, І.В. Соловійов, В.Ф. Хорошевський, В.Я. Цветков, В.П. Шумляківський, J. S. Albus, P. J. Antsaklis, Nazmul H Siddique та інші.

Мета роботи – розробити та обґрунтувати математичну модель для оцінювання пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харків.

Результати досліджень. Економіко-математичну модель мережі автомобільних доріг слід розглядати як окремий випадок моделі оптимізації єдиної транспортної мережі.

На основі наведених міркувань представляється можливим скласти систему рівнянь, що характеризують основні закономірні співвідношення між сформульованими вимогами автомобільного транспорту та розгортанням мережі автомобільних доріг (формула 1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_i \sum_j E_{ij} = \min; E_{ij} = \min; \\ F(l_{ij}, Q_{ij}, D_{ij}, \vartheta_{ij}, E_{ij}) = 0; \\ M_{ij} \geq (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, m) \end{array} \right. \quad 1)$$

де l_{ij} – довжина маршруту між відповідними точками i та j ;

Q_{ij} – трафік між відповідними точками i та j ;

D_{ij} – дорожні витрати, що забезпечують рух транспортних засобів у напрямку;

A_{ij} – транспортні витрати в тому ж напрямку;

v_{ij} – середня швидкість автомобіля.

Система (формула 1) відображає в математичному формулюванні основну необхідну умову оптимальних мереж доріг та загальний принцип їх побудови. Дана математична модель вказує на шляхи вирішення задачі та містить:

– визначення дорожніх і транспортних витрат;

– вибір маршрутів, на яких ці витрати мінімальні, що призводить до виконання вимоги, вираженої першим коефіцієнтом.

Для визначення оптимального маршруту з урахуванням пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові доцільно навести універсальну оптимізаційну задачу (умовний приклад), в якій змінними є кількість оптимальних маршрутів за тиждень з п'яти можливих.

Перший маршрут – x_1 : витрати 2500 грн. на тиждень; другий маршрут – x_2 : витрати 2000 грн. на тиждень; третій маршрут – x_3 : витрати 1700 грн. на тиждень; четвертий маршрут – x_4 : витрати 1800 грн. на тиждень; п'ятий маршрут – x_5 : витрати 1600 грн. на тиждень.

Відомо, що оптимізаційні моделі становлять систему математичних рівнянь, лінійних або нелінійних, підпорядкованих визначеній цільовій функції, і служать для відшукування найкращих (оптимальних) розв'язків конкретної економічної задачі.

Ці моделі відносяться до класу екстремальних задач і описують умови функціонування економічної системи.

Ще оптимізаційні моделі визначаються як економіко-математичні моделі, що охоплюють деяку кількість варіантів виробництва, розподілу і споживання та призначені для вибору таких значень змінних, які характеризують ці варіанти, щоб був знайдений кращий з них [6].

Визначення оптимального складу маршрутів та обмежень за сумою витрат є задачею лінійного програмування, загальний вид якої такий (формула 2):

$$\begin{array}{l} F = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \rightarrow \min \\ \left\{ \begin{array}{l} a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1; \\ a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2; \\ \dots \dots \dots \\ a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m; \\ x_j \geq 0, j = 1, n \end{array} \right. \end{array} \quad (2)$$

де C_j – коефіцієнти цільової функції ($j = \overline{1, n}$);

a_{ij} – коефіцієнти при наведених x_j ;

b_i – обмеження ($i = \overline{1, m}$).

Оскільки цільовою функцією є обсяг витрат за тиждень на здійснення маршруту з урахуванням пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, то вона мінімізується. Обмеженнями визначено час на реалізацію маршруту з урахуванням заторів та витрати на паркування.

Витрати на паркування не можуть перевищувати 4100 грн. в місяць. Змінні $x_j, j = 1, 5$ є натуральними числами, тому дану оптимізаційну задачу слід розв'язувати як цілочислову.

Економіко-математична модель визначення оптимального складу тижневих маршрутів з урахуванням пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові має вигляд (формула 3):

$$\begin{array}{l} F = 2500x_1 + 2000x_2 + 1800x_3 + \\ + 1700x_4 + 1600x_5 \rightarrow \min \\ \left\{ \begin{array}{l} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \geq 4, \\ 750x_1 + 800x_2 + 850x_3 + 900x_4 + 950x_5 \leq 4100, \\ x_j \in N, j = 1, 5. \end{array} \right. \end{array} \quad (3)$$

Задача оптимізації була розв'язана в Ексел за допомогою надбудови «Пошук рішень». Розв'язком оптимізаційної цілочислової задачі є $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 2, x_4 = 0, x_5 = 2$. Отже, до складу тижневих маршрутів слід включити маршрути третього типу та п'ятого типу, перший, другий та четвертий типи маршрутів не доцільно включати.

Доцільним також є визначення факторів впливу на пропускну спроможність вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові.

Оскільки саме множинна регресія дозволяє побудувати модель з великим числом факторів,

визначивши при цьому вплив кожного з них зокрема, а також сукупний вплив на результативну ознаку, то для визначення впливу факторів на пропускну спроможність вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові (y) доцільно обчислити таку економетричну модель.

В якості факторів в цій моделі будуть:

- витрати на удосконалення вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_1);
- середній обсяг заохочувальної заробітної плати працівників вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_2);
- обсяг фінансування будівництва спеціалізованих паркувальних майданчиків, тис. грн. (x_3);
- середня заробітна плата працівників вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_4);
- темпи росту населення, що мають власний транспорт, % (x_5);
- питома вага водіїв, що мають стаж водіння більше 10 років, % (x_6).

Не всі замінені в моделі фактори значимі, але для детального розгляду впливу факторів на результативну ознаку були замінені всі фактори.

Оскільки коефіцієнт детермінації високий ($R^2 = 0,819475$), значення статистики Фішера $F = 5,30$, значення статистики Дарбіна-Уотсона $DW = 0,705$, можна зробити висновок, що обчислена модель залежності пропускну спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові від факторів є статистично якісною й придатною для визначення впливу факторів на пропускну спроможність вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові.

За моделлю на пропускну спроможність вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові впливає обсяг фінансування будівництва спеціалізованих паркувальних майданчиків, тис. грн. (x_3); середня заробітна плата працівників вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_4); темпи росту населення, що мають власний транспорт, % (x_5), питома вага водіїв, що мають стаж водіння більше 10 років, % (x_6) і не впливають фактори: витрати на удосконалення вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_1) тис. грн. та середній обсяг заохочувальної заробітної плати працівників вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_2).

Для управління пропускну спроможністю вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові доцільно врахувати прогнозні значення

факторів впливу на них. Для моделювання тенденції розвитку пропускну спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові були використані моделі кривих росту.

Для короткострокового прогнозування (на три наступних періоди) значень пропускну спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові (y), обсягу фінансування будівництва спеціалізованих паркувальних майданчиків, тис. грн. (x_1), середньої заробітної плати працівників вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, тис. грн. (x_2), темпів росту населення, що мають власний транспорт, % (x_3), питомої ваги водіїв, що мають стаж водіння більше 10 років, % (x_4) за допомогою використання статистичного пакета Statgraphics Centurion були обчислені моделі кривих росту.

Слід підкреслити, що в даному випадку відібрано тільки ті фактори, які за побудованою моделлю виявились значимими і в даному випадку для зручності вони були пронумеровані спочатку.

У таблиці 1 наведені обчислені альтернативні моделі за основними кривими росту за рейтингом значень коефіцієнтів детермінації для моделювання тенденцій змінення пропускну спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові (y).

Таким чином, вибираючи за значенням коефіцієнта детермінації найкращу модель для прогнозування значень показників, за якими буде здійснюватись розробка методів підвищення ефективності організації вулично-шляхової мережі та її елементів у м. Харкові, отримали моделі короткострокового прогнозу (табл. 1).

Відповідно до розглянутого вище також можна узагальнити й процедуру з оцінювання пропускну спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів.

Ключові етапи запропонованої процедури включають такі.

1. Обирається система показників транспортної мережі, за якою буде здійснена оцінка пропускну спроможності.

2. За допомогою регресійного аналізу визначається функціональна залежність між обраною системою показників, що відбиває рухомість його транспортних потоків.

3. Відповідно до обраної системи показників будується оптимізаційна модель з урахуванням наявних обмежень щодо змінності руху транспортних потоків міста.

Таблиця 1

Альтернативні моделі за основними кривими росту за рейтингом значень коефіцієнтів детермінації для моделювання тенденцій змінення пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові (y)

Альтернативні моделі	Відкоректований коефіцієнт детермінації
$y = \frac{1}{\left(0,205 + \frac{0,1697}{t}\right)}$	$R^2 = 0,921$
$y = e^{1,564 - \frac{0,603}{t}}$	$R^2 = 0,899$
$y = 4,714 - \frac{2,192}{t}$	$R^2 = 0,870$
$y = \sqrt{8,753 + 5,016 \ln(t)}$	$R^2 = 0,852$
$y = 2,989 + 0,658 \ln(t)$	$R^2 = 0,842$
$y = \sqrt{21,808 - \frac{16,278}{t}}$	$R^2 = 0,836$
$y = (1,731 + 0,170 \ln(t))^2$	$R^2 = 0,834$
$y = e^{1,099 + 0,176 \ln(t)}$	$R^2 = 0,824$
$y = \sqrt{6,959 + 4,105 \sqrt{t}}$	$R^2 = 0,758$
$y = 2,772 + 0,532 \sqrt{t}$	$R^2 = 0,731$
$y = (1,678 + 0,136 \sqrt{t})^2$	$R^2 = 0,715$
$y = e^{1,046 + 0,141 \sqrt{t}}$	$R^2 = 0,697$
$y = \sqrt{12,219 + 0,723 t}$	$R^2 = 0,646$
$y = 3,462 + 0,093 t$	$R^2 = 0,609$
$y = (1,856 + 0,024 t)^2$	$R^2 = 0,589$
$y = e^{1,231 + 0,024 t}$	$R^2 = 0,568$
$y = \frac{1}{0,296 - 0,006 t}$	$R^2 = 0,524$

Джерело: розраховано автором.

4. На основі методів математичного програмування обчислюється обрана оптимізаційна модель аналізу руху транспортних потоків міста.

5. На основі порівняння розрахованих та реальних даних визначається оцінка пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів. Зокрема, у разі співставлення

порівняних даних у часі робиться висновок щодо узгодженості досліджуваних потоків, а при співставленні значень порівняних даних робиться висновок щодо збалансованості досліджуваних транспортних потоків (рис. 1).

Відмінністю запропонованої процедури з оцінювання пропускної спроможності вулично-

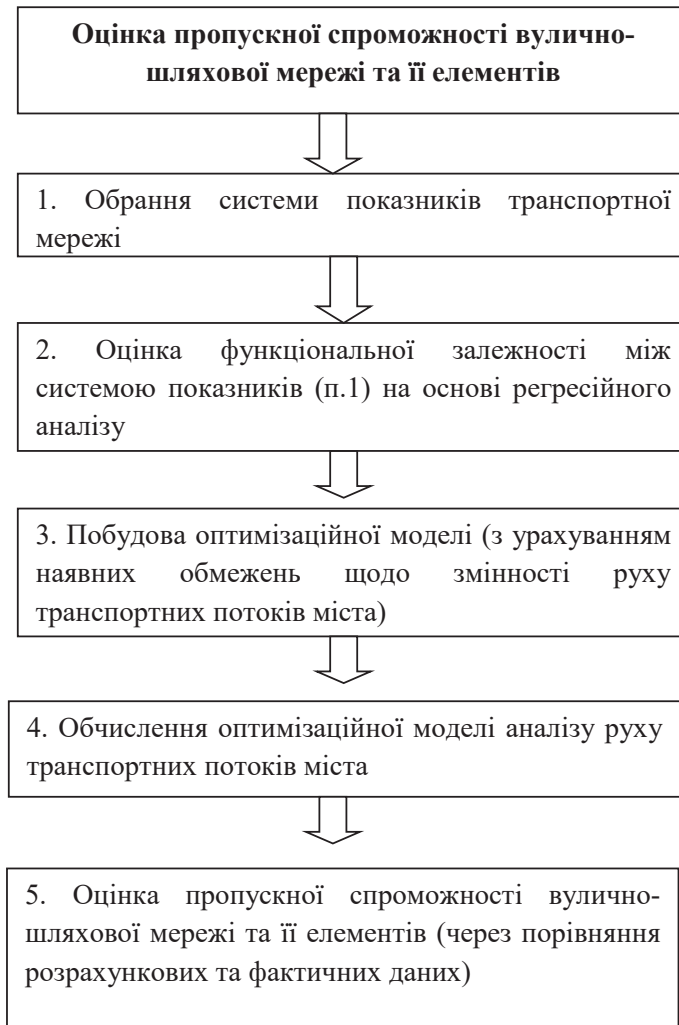


Рис. 1. Алгоритм проведення оцінки пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів.

Джерело: розробка автора.

шляхової мережі та її елементів є можливість її застосування при обмеженій інформації щодо транспортної мережі та визначенні різних оцінок щодо співставлення порівняних даних щодо узгодженості та збалансованості досліджуваних транспортних потоків як критеріїв оптимальності. Це надає змогу проводити оцінку оптимальності руху транспортних потоків як між різними елементами вулично-шляхової мережі, так й з погляду одного елемента за різними часовими інтервалами його функціонування та корегувати у разі потреби рухомість транспортних потоків з погляду обраних для аналізу їх характеристик.

Фахівці зі статистичних методів прогнозування вважають, що не може бути чисто формальних підходів до вибору методів і моделей прогнозування. Успішне застосування статистич-

них методів прогнозування на практиці можливе лише в поєднанні знання в області самих методів з глибокими знаннями об'єкту дослідження, зі змістовним аналізом явища, яке вивчається.

Висновки. Розроблені економетричні моделі прогнозу та впливу факторів на пропускну спроможність вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові дозволили не тільки визначити вагомість кожного окремого фактору, а й зробити прогноз їх впливу в майбутніх періодах. Таким чином, відібрано фактори, в межах яких доцільно навести напрями зниження ризику організації вулично-шляхової мережі та її елементів у м. Харкові: потрібно чітко керувати впливом окреслених факторів з метою утримання їх на бажаному рівні.

Проте наразі залишається відкритим питання із більш детального опису методу оптиміза-

ції пропускної спроможності вулично-шляхової мережі та її елементів у місті Харкові, що і є одним із предметів розгляду у наступних дослідженнях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Baskan O. Determining Optimal Link Capacity Expansion sin Road Networks Using Cuckoo Search Algorithm with Lévy Flights. *J. Appl. Math.* 2013, 2013, p. 1–11.
2. Du B., Wang D. Solving continuous network design problem with generalized geometric programming approach. *Transp. Res. Record.* 2016, 2567, p. 38–46.
3. Elvik R. To what extent can the ory account for the findings of road safety evaluation studies. *Accident Analysis and Prevention.* 36(5), 2004, p. 841–849. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2003.08.003>.

4. Gao Z., Sun H., Zhang H. A global lyconvergental gorithm for transportation continuous network design problem. *Optim. Eng.* 2007, 8, p. 241–257.

5. Lave C., Elias P. Resource allocation in public policy: The effects of the 65-mphspeedlimit. *Econ. Inq.* 1997, 35, p. 614–620.

6. Li C., Yang H., Zhu D., Meng Q. A global optimization method for continuous network design problems. *Transp. Res. Part B.* 2012, 46, p. 1144–1158.

7. Monahan, T. “Warrooms” of the street: surveillancepracticesin transportation control centers. *The Communication Review.* 10(4), 2007, p. 367– 389. URL: <https://doi.org/10.1080/10714420701715456>.

8. Nilsson, G. Traffic safety dimension sand the power model to describe the effect of speed and safety. *Bulletin 221. Department of technology and society*, 2004, Lund University, Lund, Sweden.

MATHEMATICAL TOOLS FOR ASSESSMENT OF STREET AND ROAD NETWORK CAPACITY

Dahmani Mohamed

Postgraduate student of the Department of Urban Management, Faculty of Urbanism and Spatial Planning Kyiv National University of Construction and Architecture ave. 31 Povitroflotskyi St., Kyiv, Ukraine, 03680, aspirants3221@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8854-01489

The article examines the features of the development of improving the efficiency of the organization of the road network and its elements and takes into account the practical orientation through the use of the object of study - the city of Kharkiv. The author determined that the key problem of ensuring the efficiency of the organization of the road network and its elements in Kharkiv is the lack of a rational approach to estimating the capacity of the road network and its elements. The aim of the work is to develop and substantiate a mathematical model for estimating the capacity of the road network and its elements in the city of Kharkiv. The author determined that the economic and mathematical model of the road network should be considered as a special case of the model of optimization of a single transport network. Based on the above considerations, the author has compiled a system of equations that characterize the basic regular relationships between the formulated requirements of road transport and the deployment of the road network. The article defines that optimization models are a system of mathematical equations, linear or nonlinear, subject to a certain objective function, and serve to find the best (optimal) solutions to a particular economic problem. In the multifactor model, the author proposes to include the following factors: the cost of improving the road network and its elements in the city of Kharkiv, thousand UAH. (); the average amount of incentive salaries of employees of the road network and its elements in the city of Kharkiv, thousand UAH (); amount of financing for the construction of specialized parking lots, thousand UAH (); average salary of employees of the road network and its elements in the city of Kharkiv, thousand UAH (); population growth rates with own transport,% (); specific weight of drivers with more than 10 years of driving experience,% (). Successful application of statistical forecasting methods in practice is possible only in the combination of knowledge in the field of the methods themselves with in-depth knowledge of the object of study, with a meaningful analysis of the phenomenon being studied.

Key words: mathematical tools, mathematical model, regression model, bandwidth, road network.

REFERENCES

1. Baskan O. Determining Optimal Link Capacity Expansion sin Road Networks Using Cuckoo Search Algorithm with Lévy Flights. *J. Appl. Math.* 2013, 2013, p. 1–11.
2. Du B., Wang D. Solving continuous network design problem with generalized geometric programming approach. *Transp. Res. Record.* 2016, 2567, p. 38–46.

3. Elvik R. To what extent can the ory account for the findings of road safety evaluation studies. *Accident Analysis and Prevention* 36(5), 2004, p. 841–849. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2003.08.003>.

4. Gao Z., Sun H., Zhang H. A global lyconvergental gorithm for transportation continuous network design problem. *Optim. Eng.* 2007, 8, p. 241–257.

5. Lave C., Elias P. Resource allocation in public policy: The effects of the 65-mph speed limit. *Econ. Inq.* 1997, 35, p. 614–620.

6. Li C., Yang H., Zhu D., Meng Q. A global optimization method for continuous network design problems. *Transp. Res. Part B*, 2012, 46, p. 1144–1158.

7. Monahan, T. “Warrooms” of the street: surveillance practices in transportation control

centers. *The Communication Review* 10 (4), 2007, p. 367–389. <https://doi.org/10.1080/1071-4420701715456>.

8. Nilsson, G. Traffic safety dimension and the power model to describe the effect of speed and safety. *Bulletin* 221. Department of technology and society, 2004, Lund University, Lund, Sweden.

Стаття надійшла 21.05.2022

КЛАСИФІКАЦІЯ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Тамара Савчук

кандидат технічних наук,
професор кафедри комп'ютерних наук

Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Вінницька область, 21000,
savchuk_t@vntu.edu.ua.

ORCID: 0000-0002-0061-6206

Олександр Пупко

аспірант кафедри комп'ютерних наук

Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Вінницька область, 21000,
salexpro@vntu.edu.ua.

ORCID: 0000-0003-3905-704X

Обробка даних у сучасній інформаційній ері має велике значення, оскільки з розвитком технологій збільшується й обсяг інформації, яку важливо обробляти, класифікувати та аналізувати. Для швидкого доступу до даних потрібні різні підходи до їх класифікації, що є актуальним та потребує наукових досліджень у цьому напрямі.

Завдяки стрімкому розвитку нейронних мереж слід звернути увагу на їх імплементацію у структурування та аналіз інформації, що дозволить розробляти ефективні методи, алгоритми та підходи до обробки текстових та числових масивів.

У цій роботі проведено аналіз різних алгоритмів класифікації даних, описано актуальність проведення наукового дослідження в цьому напрямі. Для аналізу було вибрано класифікатори на основі методів статистики, нейронних мереж та засновані на машинному навчанні.

У статті наведено переваги та недоліки кожного з вибраних підходів до обробки інформації, складено порівняльну таблицю та описано особливості їх застосування.

На основі цього наукового дослідження з метою підвищення ефективності класифікації було вибрано класифікатор даних з використанням нейронних мереж, описано алгоритм його побудови та застосування, а також наведено переваги над іншими підходами до аналізу інформації, обґрунтовано доцільність використання нейронних мереж у обробці даних. Сформовано таблицю з результатами класифікації даних з використанням нейронних мереж та статистичного методу.

Надано пропозиції для підвищення ефективності вибраного методу для обробки даних та зроблено відповідні висновки.

Ключові слова: дані, класифікація, нейронні мережі, інформаційні технології, класифікатор, штучний інтелект, обробка даних, машинне навчання, навчання, аналіз, нейрони, аналіз даних, інформація, алгоритми, статистичні методи, статистика, числові дані, текстові дані, текст, структуризація даних, технології, очищення даних, фільтрація даних, масив даних, обсяги даних, моделі даних, ефективність, дослідження, огляд, комп'ютерні науки, класифікація та аналіз, бінарна класифікація, представлення даних, кодування.

Обробка даних у сучасному світі потребує використання більш точних і швидких алгоритмів, позаяк кількість оброблюваної інформації збільшується з кожним днем. Самі інформаційні технології вимагають складної підготовки, великих первісних витрат і наукомісткої техніки. Їх введення повинне починатися зі створення математичного забезпечення, формування інформаційних потоків у системах підготовки фахівців [1].

Такі великі обсяги даних потрібно класифікувати та структурувати задля швидкого доступу до них, тому часто для цього використовують інтелектуальні технології.

Класифікація є однією з найважливіших задач інтелектуального аналізу даних, яка вирішується за допомогою аналітичних моделей, названих класифікаторами [1]. Затребуваність класифікації даних зумовлена порівняльною простотою алгоритмів та методами її реалізації та високою інтерпретованістю результатів порівняно з іншими технологіями аналізу даних.

Натепер розроблено велику кількість різних видів класифікаторів, для побудови яких використовуються як статистичні методи, так і методи машинного навчання [1].

Необхідність використання в аналізі даних великого числа різноманітних методів класифіка-

ції зумовлена тим, що вирішувати за її допомогою завдання можуть мати свої особливості, пов'язані, наприклад, з числом класів (бінарна класифікація або з декількома класами) або з поданням вихідних даних – їх обсягом, розмірністю та якістю, що вимагає вибору адекватного класифікатора. Тому вибір класифікатора, відповідного особливостям розв'язуваної задачі аналізу, є важливим фактором отримання правильного рішення [1].

Класифікатори, засновані на машинному навчанні, називаються метричними [2]. Як правило, вони простіші в реалізації та використанні, ніж параметричні, а їхні результати зручніші для інтерпретації і розуміння. Але при цьому метричні класифікатори є наближеними моделями і забезпечують рішення тільки в обмеженому числі практично значущих випадків, як правило, неточних та неєдиних, що зменшує їх ефективність у вирішенні задачі класифікації [2].

Класифікатори на основі методів статистики мають достатню математичну обґрунтованість, проте вони є складними у використанні і вимагають знання ймовірного розподілу вихідних даних і оцінки їх параметрів, мають фіксовану структуру моделі, оцінюють тільки ймовірність приналежності об'єкта класу, що також звужує спектр використання цього класифікатора в задачах класифікації даних [2].

Альтернативою двох вищезгаданих підходів до класифікації даних є використання нейронних мереж.

Нейронні мережі є непараметричними моделями, що не вимагають припущень про ймовірнісний розподіл даних, але при цьому і не використовують характеристики відстаней. Це робить їх універсальними класифікаторами, дозволяючи отримувати результати навіть у випадках, коли параметричні і метричні класифікатори не забезпечують прийняттого рішення [2]. Недоліком при цьому буде необхідність у потужному апаратному забезпеченні, що має забезпечити прийнятну швидкодію.

Однак з метою усунення виявлених недоліків параметричних і метричних класифікаторів, використовуючи спеціальні способи представлення даних, можна адаптувати нейронні мережі для роботи з категоріальними даними, тобто задавати на вході і формувати на виході категоріальні значення. Для цього категоріальні ознаки відповідним чином кодуються за допомогою числових значень [2].

Переваги та недоліки кожного виду класифікатора наведені в таблиці 1.

Тоді процес формування класифікаційної моделі даних на основі нейронних мереж включатиме такі етапи, як:

- попередня обробка та очищення даних;
- вибір кількості використовуваних ознак;
- визначення кількості зв'язків між нейронами.

Попередня обробка та очищення даних – відбір ознак, які є значущими з точки зору відмінності класів. Об'єкти предметної сфери можуть описуватися великим числом ознак, але не всі вони дозволяють коректно розрізняти об'єкти різних класів. Наприклад, якщо об'єкти різних класів мають приблизно однаковий розмір, то використання «габаритних» ознак не має сенсу. Використання ознак, значення яких є випадковими і такими, що не відображають закономірностей розподілу об'єктів по класах, також є недоцільним.

Крім цього, важливу роль відіграє вибір кількості використовуваних ознак. З одного боку, чим більше ознак застосовується у разі побудови класифікатора, тим більше інформації використовується для поділу класів. Але при цьому зростають обчислювальні витрати і вимоги до розміру нейронної мережі. Зниження кількості використовуваних ознак погіршують роздільність класів. Наприклад, може скластися ситуація, коли у об'єктів різних класів виявляться однакові значення ознак і може виникнути розбіжність.

Для побудови ефективно працюючого класифікатора важливо правильно визначити кількість зв'язків між нейронами, які налаштовуються в процесі навчання і обробляють вхідні дані під час її роботи. З одного боку, якщо ваг у мережі буде мало, то вона не зможе реалізовувати складні функції поділу класів. З іншого боку, збільшення числа зв'язків призводить до зростання інформаційної ємності моделі (ваги працюють як елементи пам'яті) [3].

У результаті, коли число зв'язків у мережі перевищить число прикладів навчальної вибірки, мережа буде не апроксимувати залежності в даних, а просто запам'ятає і буде відтворювати комбінації «вхід–вихід» з навчальних прикладів. Такий класифікатор буде ефективно працювати на навчальних вибірках даних і видавати довільні відповіді на нових, які не використовувались у процесі навчання. Іншими словами, мережа не отримує узагальнюючу здатність, і використовувати на практиці побудований на її основі класифікатор буде недоцільно.

Для визначення кількості зв'язків між нейронами застосовують два підходи – конструктивний

Переваги та недоліки вибраних видів класифікаторів

Вид класифікатора	Переваги	Недоліки
Класифікатори, що використовують методи статистики	Достатня математична обґрунтованість	Складні у використанні і вимагають знання ймовірного розподілу вихідних даних і оцінки його параметрів, мають фіксовану структуру моделі, оцінюють тільки ймовірність приналежності об'єкта класу.
Класифікатори з використанням нейронних мереж	Нейронна мережа є самонавчальною моделлю, робота якої практично не вимагає втручання користувача. Нейромережі є універсальними апроксиматорами, що застосовуються до будь-якої безперервної функції з прийнятною точністю. Такі класифікатори базуються на нелінійних моделях, що дозволяють ефективно вирішувати завдання класифікації навіть за відсутності лінійної роздільності класів.	Конфігурація мережі, що апроксимує функцію поділу класів у просторі ознак, заздалегідь невідома. Тому доводиться підбирати її експериментально або використовувати досвід аналогічних рішень.
Класифікатори з використанням машинного навчання	Не вимагають оцінки параметрів розподілу вихідних даних, а міра збіжності в них формалізується за допомогою функції відстані (зазвичай евклідова). Такі класифікатори називаються метричними. Вони простіші в реалізації і використанні, ніж параметричні, а їх результати зручніші для інтерпретації і розуміння.	Забезпечують рішення тільки в обмеженому числі практично значущих випадків, можуть дати неточне або не єдине рішення.

і деструктивний [3]. Перший полягає в тому, що спочатку ініціалізується мережа мінімального розміру, і потім її поступово збільшують до забезпечення необхідної точності. При цьому після кожного збільшення мережі її заново навчають. Також є так званий метод каскадної кореляції, за якого після закінчення кожної епохи навчання відбувається коригування архітектури мережі з метою мінімізації помилки.

У разі деструктивного підходу спочатку ініціалізується мережа завищеного розміру, потім з неї видаляються нейрони і зв'язки, які мають найменший вплив на точність класифікатора, з урахуванням того, що число прикладів у навчальній множині має бути більшим кількості ваг мережі, що налаштовуються.

Слід зазначити, що для побудови класифікатора використовується нейронна мережа прямого поширення, в якій сигнали поширюються в одному напрямку, починаючи від вхідного шару нейронів через приховані шари до вихідного шару, і на вихідних нейронах отримується результат опрацювання сигналу. Такий тип нейронної мережі підходить для задачі класифікації найбільше, оскільки найкраще працює з обробкою даних для їх подальшої структуризації.

Побудова класифікатора даних на основі нейронної мережі включає такі кроки.

1. Підготовка даних.

1.1. Розробити базу даних із прикладів, характерних для такого завдання.

1.2. Розбити всю сукупність даних на дві множини: навчальну і тестову (можлива розбивка на 3 множини: навчальну, тестову і валідаційну).

2. Попередня обробка даних.

2.1. Провести відбір ознак, які є значущими з точки зору завдання класифікації.

2.2. Виконати трансформацію і, за необхідності, очищення даних (нормалізацію, видалення аномалій). В результаті бажано отримати лінійно розподілений по класах простір множини прикладів [4].

2.3. Вибрати систему кодування вихідних значень.

3. Конструювання, навчання і оцінка якості мережі.

3.1. Вибрати топологію мережі: кількість шарів, число нейронів у шарах і т. д.

3.2. Вибрати активаційну функцію нейронів (наприклад, логістичну, гіпертангенс і ін.).

3.3. Вибрати алгоритм навчання мережі.

3.4. Оцінити якість роботи мережі на основі валідації множини навчальних даних та оцінки

результату оптимізації архітектури (зменшення ваг, проріджування простору ознак).

3.5. Вибрати варіант мережі, який забезпечує найкращу здатність до узагальнення і оцінити якість роботи по тестовій вибірці.

4. Використання і діагностика.

4.1. З'ясувати ступінь впливу різних чинників на прийняте рішення (евристичний підхід).

4.2. Переконатися, що мережа забезпечує необхідну точність класифікації (кількість неправильно розпізнаних прикладів невелика).

4.3. За необхідності повернутися до кроку 2, змінивши спосіб представлення прикладів або змінивши базу даних [5].

Схема алгоритму побудови класифікатора даних з використанням нейронної мережі представлено на рисунку 1.

З метою дослідження ефективності використання нейронних мереж для класифікації даних було проведено низку експериментальних досліджень, кожне з яких полягало у визначенні точності та швидкодії залежно від кількості даних та набору характеристик [6], в одному випадку у разі використання нейронних мереж, а в другому – з використанням статистичного методу. Отримані результати представлено у таблиці 2.

Переваги використання нейронних мереж порівняно зі статистичним методом класифікації даних представлено в таблиці 3.

Таким чином, запропонований підхід до класифікації даних дозволить підвищити точність з 50% до 90% за рахунок використання нейронної мережі та оптимально підібраних до неї характеристик.



Рис. 1. Схема алгоритму побудови класифікатора даних з використанням нейронної мережі

Таблиця 2.

Результати класифікації даних з використанням нейронних мереж та статистичного методу

Кількість даних	Набір характеристик	Точність вибраного підходу		Швидкість роботи програми, сек.	
		Нейронні мережі	Статистичний метод	Нейронні мережі	Статистичний метод
50 000	2	55%	50%	380	440
50 000	4	75%	55%	450	510
50 000	8	90%	60%	800	860
100 000	8	88%	65%	1400	1600

Таблиця 3

Переваги використання нейронних мереж порівняно зі статистичними методами класифікації даних

Класифікатори, що використовують методи статистики	Класифікатори з використанням нейронних мереж
Складні у використанні	Прості в розробці, не вимагають втручання користувача, універсальні апроксиматори
Фіксована структура	Нелінійна структура
Низька швидкодія	Висока швидкодія
Точність 50–60% (оскільки оцінюється тільки ймовірність приналежності того чи іншого об'єкта відповідному класу)	Точність від 50% до 90% залежно від кількості заданих характеристик та вхідних даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Столяр Р. Інформаційні технології у сучасному світі. *Sophus науковий клуб* : вебсайт. URL: http://sophus.at.ua/publ/2013_12_19_20_kampodilsk/sekcija_7_2013_12_19_20/informacijni_tekhnologiji_v_suchasnomu_sviti/49-1-0-863. (дата звернення: 17.08.2022).

2. Штучна нейронна мережа. *Вікіпедія: вільна енциклопедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Штучна_нейронна_мережа (дата звернення: 17.08.2022).

3. Damas M., Salmeron M., Diaz A., Ortega J., Prieto A., Olivares G. Genetic algorithms and neuro-dynamic programming: application to water supply networks.

Proceedings of 2000 Congress on Evolutionary Computation. 2000. Vol. 1. P. 7–14.

4. Bozinovski S. A self-learning system using secondary reinforcement. *Proceedings of the Sixth European Meeting on Cybernetics and Systems Research*. 1982. P. 397–402.

5. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R. *Data Mining* : вебсайт. URL: <https://ranalytics.github.io/data-mining/076-NN.html> (дата звернення: 17.08.2022).

6. Bottaci L. Artificial Neural Networks Applied to Outcome Prediction for Colorectal Cancer Patients in Separate Institutions. *The Lancet*. 1997. P. 469–472.

CLASSIFICATION OF DATA BY NEURAL NETWORKS

Tamara Savchuk

Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Science

Vinnitsia National Technical University, Khmelnytske highway, 95, Vinnitsia, Vinnitsia Region, 21000, savchuk_t@vntu.edu.ua.

ORCID: 0000-0002-0061-6206

Oleksandr Pupko

Postgraduate Student of the Department of Computer Science

Vinnitsia National Technical University, Khmelnytske highway, 95, Vinnitsia, Vinnitsia Region, 21000, salexpro@vntu.edu.ua.

ORCID: 0000-0003-3905-704X

Data processing is important in the modern information age. As the development of technology increases the amount of information that is important to process, classify and analyze. Rapid access to data requires different approaches to their classification, which is relevant and requires research in this area.

Due to the rapid development of neural networks, attention should be paid to their implementation in the structuring and analysis of information, which will develop effective methods, algorithms, and approaches to the processing of text and numerical arrays.

In the given work the review of various algorithms for the classification of data is carried out, the urgency of carrying out scientific research in this direction is described. Classifiers based on statistical methods, neural networks, and based on machine learning were selected for analysis.

The article presents the advantages and disadvantages each of the selected approaches to information processing, compiles a comparative table and describes the features of their application.

Based on this research to increase the efficiency of classification, the data classifier using neural networks was chosen, the algorithm of its construction and application is described, as well as the advantages over other approaches to information analysis, the feasibility of using neural networks in the data processing. A table with the results of data classification using neural networks and statistical method is formed.

Suggestions for improving the efficiency of the chosen method for data processing are presented and the corresponding conclusions are made.

Key words: data, classification, neural networks, information technology, classifier, artificial intelligence, data processing, machine learning, learning, analysis, neurons, data analysis, information, algorithms, statistical methods, statistics, numerical data, text data, text, data structuring, technology, data cleaning, data filtering, data array, data volumes, data models, efficiency, research, review, computer science, classification and analysis, binary classification, data representation, coding.

REFERENCES

1. Stolyar, R. (2013). *Informatsiini tekhnolohii v suchasnomu sviti* [Information technologies in the modern world]. *Sophus*. Retrieved from: http://sophus.at.ua/publ/2013_12_19_20_kampodilsk/sekcija_7_2013_12_19_20/informacijni_tekhnologiji_v_suchasnomu_sviti/49-1-0-863 (Last accessed: 17.08.2022) [in Ukrainian].
2. Wikimedia Foundation. (2022, May 15). Artificial Neural Network. Wikipedia. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network (Last accessed: 17.08.2022).
3. Damas, M., Salmeron, M., Diaz, A., Ortega, J., Prieto, A., & Olivares, G. (n.d.). Genetic algorithms and neuro-dynamic programming: Application to water supply networks. *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation. CEC00 (Cat. No.00TH8512)*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1109/cec.2000.870269>.
4. Bozinovski, S. (1982). A self-learning system using secondary reinforcement. *Cybernetics and Systems Research*, 397–402.
5. *Klasifikacija, regressija i drugie algoritmy Data Mining s ispol'zovaniem R* [Classification, Regression and Other Data Mining Algorithms Using R]. (n.d.). Retrieved from: <https://analytics.github.io/data-mining/076-NN.html> (Last accessed: 17.08.2022).
6. Bottaci, L., Drew, P.J., Hartley, J.E., Hadfield, M.B., Farouk, R., Lee, P.W., MacIntyre, I., Duthie, G.S., & Monson, J. (1997). Artificial neural networks applied to outcome prediction for colorectal cancer patients in separate institutions. *The Lancet*, 350, 469–472.

Стаття надійшла 15.05.2022

СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ «ЗМІЙКА» ЗАСОБАМИ ВІЗУАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ SCRATCH

Ольга Тітова

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри фундаментальної та прикладної математики

Запорізький національний університет, вул. Жуковського, 66, Запоріжжя, Україна, toa7676@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8471-0867

У статті розглянуто сучасні підходи до візуального програмування, які використовуються у разі створення комп'ютерних ігор. Розробка комп'ютерних ігор є одним із цікавих напрямів у сфері комп'ютерних наук та інформаційних технологій. Створення великої гри – це здебільшого тривалий і трудомісткий процес, що складається з найрізноманітніших етапів, технічних і творчих моментів. Над створенням гри зазвичай працюють цілі команди спеціалістів. Кожна гра має свою мету, стратегію, дизайн. Для створення ігор використовуються ті чи інші програмні засоби, мови програмування тощо. Сучасний стрімкий розвиток мов програмування і онлайн-ових середовищ дає програмістам унікальну можливість розширити свій арсенал методів, форм та засобів, використовуваних під час створення гри. В наш час найпростішу гру може створити навіть початківець чи дитина, використовуючи простий апарат програмування, що продемонстровано в роботі. Крім традиційних мов програмування, останнім часом набувають розвитку елементи візуалізації. У статті розглядаються особливості використання візуального програмування під час створення найпростіших ігор. Проаналізовано дослідження багатьох авторів щодо сучасної візуалізації програмування, створення невеликих візуальних ігор, які зацікавлюють здобувачів освіти, розвивають їхні навички, зокрема, математичні, привернуто увагу до сутності інноваційних технологій. Комп'ютерних ігор досить багато, вони різноманітні, і, мабуть, кожен майбутній програміст хотів би створити свою гру. Гра «Змійка» в тій чи іншій варіації (Snake, Boa, Python, Serpent, Slither.io) відома майже кожному, хто грав у комп'ютерні ігри. Гравець маневрує по лінії, що збільшується, доки не стає перешкодою для самого себе. У цій роботі розглянуто створення логічної комп'ютерної гри «Змійка» у візуальному середовищі Scratch. Наведено досить простий алгоритм, який можна удосконалювати та ускладнювати за бажанням. Продемонстровано основні переваги використання онлайн-ового середовища Scratch. Результати дослідження свідчать про те, що інтернет-ресурси, сучасні інформаційні технології, мови візуального програмування значно розширюють можливості майбутніх програмістів сучасних ігор.

Ключові слова: комп'ютерна гра, візуальні мови програмування, Scratch, взаємодія спрайтів, клонування.

Вступ. Мабуть, у сучасному світі не існує людини, яка б не бавилася у комп'ютерні ігри. Також, мабуть, не існує програміста-початківця, який би не хотів створити власну гру. Здебільшого процес створення комп'ютерної гри громіздкий, складається з багатьох етапів, програмістами використовуються різні мови програмування [1–3]. Але з розвитком сучасних технологій найпростішу гру, виявляється, досить легко може створити і початківець.

Змійка (Snake Game) – жанр відеоігор, де гравець керує лінією, яка постійно довшає і врешті-решт стає перешкодою для самої себе. Концепція виникла ще у 1976 році в аркадній грі для двох гравців Blockade. Простота реалізації привела до появи сотень версій (деякі з яких мають у назві слово «змія» або «черв'як») для багатьох платформ. Гравець керує точкою, квадратом або об'єктом на площині з чіткими межами. Рухаючись, він залишає слід, схожий на рухому змію. У деяких іграх кінець сліду знаходиться у фік-

сованому положенні, тому змія постійно стає довшою, коли рухається. В іншій схемі змія має певну довжину, тому хвіст рухається на фіксовану кількість одиниць від голови. Гравець програє, коли змія наткнеться на межу екрана, іншу перешкоду або саму себе. Популярною гра стала на початку XXI сторіччя, коли поширилися телефони із відповідною програмою, варіацій «Змійки» дедалі більше. З появою візуальних мов програмування та онлайн-ових середовищ створити таку гру досить просто, використовуючи взаємодію спрайтів, нескінченні цикли, клонування та інші інструменти.

Аналіз сучасних досліджень свідчить, що проблемі впровадження візуальних мов програмування присвячено статті та посібники багатьох авторів [4–7]. Значну увагу приділено графіці, анімації, керуванню об'єктами. З візуальним програмуванням майбутні програмісти можуть познайомитись, використовуючи середовище Scratch і подібні до нього [6]. Візуальне програ-

мування взагалі – це спосіб створення програм шляхом маніпулювання графічними об'єктами замість написання програмного коду в текстовому вигляді, що є досить привабливим.

Мета цього дослідження – проаналізувати особливості створення комп'ютерної гри засобами візуального програмування та обґрунтувати ефективність використання сучасних онлайн-сервісів під час виконання творчих завдань з програмування.

Створення комп'ютерної гри у середовищі Scratch. Scratch – це середовище програмування, створене у XXI столітті для нового стилю програмування, у якому головну роль відіграє візуалізація, орієнтоване на знайомство з основними концепціями та ідеями програмування. Завдяки динамічності воно дає змогу змінювати код навіть під час виконання. Також дає можливості створювати ігри, анімації чи музику. Середовище програмування можна безкоштовно завантажити і вільно використовувати. Scratch перекладено 70 мовами та використовується в більшості країн світу [6]. Мільйони людей створюють скретч-проекти у самих різних умовах – вдома, в школах, музеях, бібліотеках та громадських центрах. Scratch набув популярності у Великій Британії та США через мережу Code Clubs, де він використовується як мова для ознайомлення з програмуванням, оскільки у ньому створення цікавих програм порівняно легке, а засвоєні навички можна застосувати до інших мов програмування, таких як Python та Java. У вищій школі Scratch використовується, наприклад, у перший тиждень вступного курсу інформатики Гарвардського університету. Scratch 3.0 натеper є основною версією Scratch, що випущений 2 січня 2019 року.

Однією з ігор, яку можна реалізувати у Scratch, є саме гра «Змійка» [6; 7]. Процес створення гри є цікавим, творчим і досить простим. Складність одержаної гри значною мірою залежить від задумів самого програміста. Наведемо приклад алгоритму створення гри «Змійка» в онлайнівій версії середовища Scratch.

Крок 1. Запускаємо онлайн середовище Scratch за посиланням: <https://scratch.mit.edu/projects/editor/?tutorial=getStarted>. На головній сторінці ресурсу можна ознайомитися з основними блоками, переглянути навчальні матеріали. У Scratch використовується кероване подіями програмування кількох активних графічних об'єктів, які називають спрайтами. Спрайти можна малювати, використовуючи як векторну, так і растрову графіку, створену в простому редакторі, що є частиною Scratch, або імпортовану із зовнішніх джерел.

Scratch дозволяє взяти будь-який об'єкт-спрайт і здійснити над ним такі дії: змінити його зовнішній вигляд, перемістити його, керувати переміщенням і зміною вигляду, відтворювати звуки і малювати як олівцем, програмно змінювати властивості об'єкта та середовища. У результаті виконання простих команд може складатися складна модель, в якій взаємодітимуть багато об'єктів, наділених різними властивостями. Намалюємо свій спрайт «змійка», видалимо наявні образи спрайта, додамо свої, наприклад, такі: перший образ – голова (зелене коло, на якому розташовуємо очі – два чорних кола), другий образ – шия (коло з іншим відтінком зеленого), третій образ – хвіст (коло з ще одним відтінком зеленого), рис. 1.

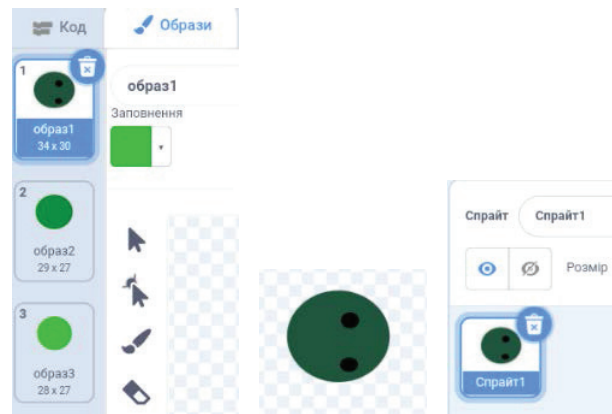


Рис. 1. Спрайт «змійка» і його образи

Крок 2. Налаштовуємо процес керування змійкою, використовуємо цикл «Завжди» і відповідні команди (бігає «змійка» за вказівником миші), рис. 2.

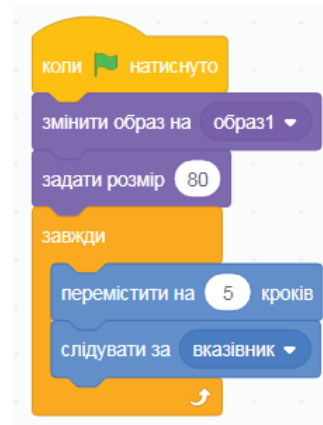


Рис. 2. Керування змійкою

Крок 3. Додаємо новий спрайт «яблуко» і налаштовуємо його. Яблуко повинно зникати, коли його їсть змія. Використовуємо датчик доторкання і переміщуємо яблуко в довільну позицію, рис. 3.

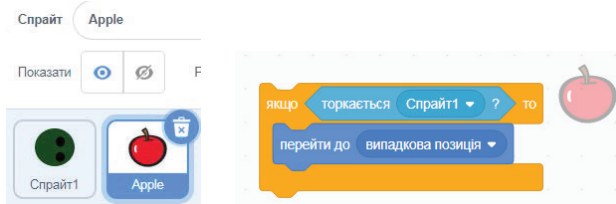


Рис. 3. Новий спрайт «яблуко»

Крок 4. Створюємо змінну «довжина» для всіх спрайтів для підрахунку з'їдених яблук, від її значення буде залежати довжина хвоста змії, рис. 4.

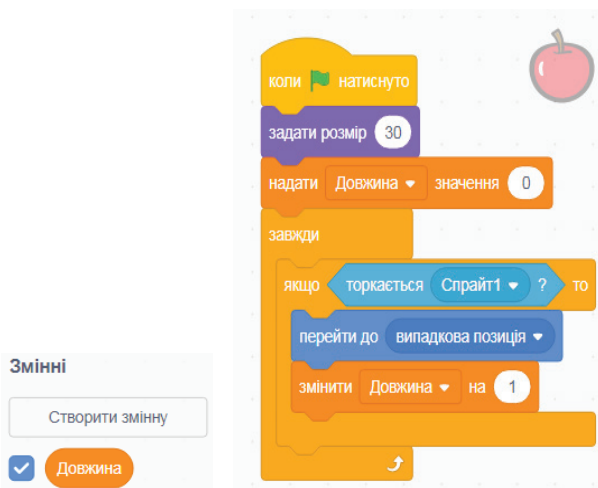


Рис. 4. Нова змінна «довжина»

Крок 5. Збільшуємо зміяку у разі з'їдання яблук. Використовуємо принцип клонування (повтору об'єктів), який є одним із інструментів програмування ігор, тобто створюємо клон з новими образами змійки. Пишемо окремий блок команд («Коли я починаю як клон»). Гра починається, коли буде натиснуто зелений прапорець, як і більшість програм у Scratch. Використовується цикл типу «Завжди». Якщо зміяка торкається свого хвоста, то гра зупиняється. Команди для спрайту «зміяка» наведено на рис. 5.



Рис. 5. Код гри. Команди для спрайту «зміяка»

Процес програмування завжди творчий, можна фантазувати, переходити на інші рівні гри, додавати і використовувати різні спрайти, змінювати тло та виконувати інші модифікації. На рис. 6 наведено фрагменти гри «Зміяка» в процесі самої гри.

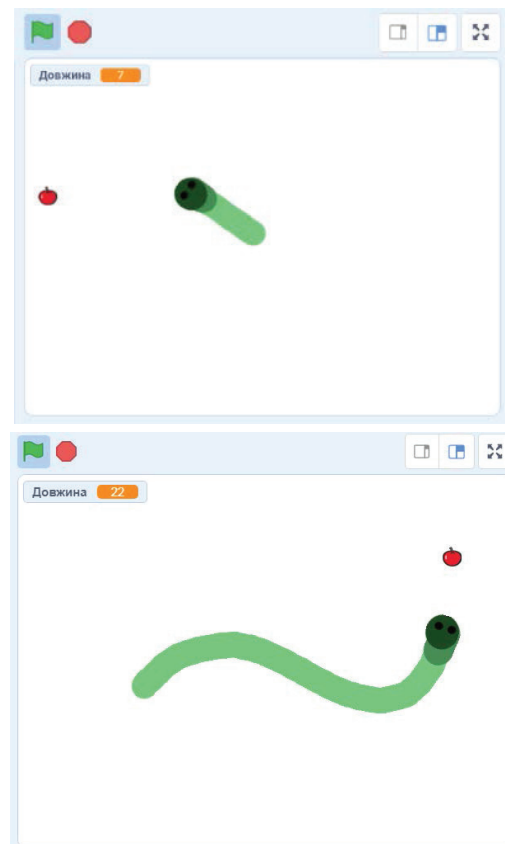


Рис. 6. Фрагменти гри «Зміяка»

Зауважимо, що, комбінуючи дії спрайтів, фантазуючи, можна створювати свої сучасні ігри, про які поговоримо у подальших дослідженнях.

Порівняння запропонованої технології створення гри «Змійка» з іншими. Гра «Змійка» у різних варіаціях є досить відомою. Програмування «змійок» реалізоване в наш час різними засобами і мовами програмування. Наприклад, створення гри мовою програмування C++ є доволі простим, але досить громіздким. (З одним з таких проєктів можна ознайомитись за посиланнями: <https://vseosvita.ua/library/stvorena-gri-zmijka-namovi-programuvanna-s-506330.html>). При цьому за кожну дію, реалізовану у грі, може відповідати своя функція або клас, які слід описати (код виходить чималим), промальовування можна здійснити за допомогою геометричних фігур (задавати вершини). Також можна використати OpenGL Freeglut.

Гра «Змійка» програмістами реалізується в HTML з використанням, наприклад, CSS для прикрас у грі і JavaScript для самої гри (<https://thecode.media/snake-js/>). Але програмування на JavaScript теж вимагає написання коду зі своїм синтаксисом.

Для програмування «Змійки» зараз використовується Python (<http://i.nure.ua/tekhnologiji/1571-chelendzh-z-programuvannya-prosta-gra-za-30-khvilin>), що є сучасним, але досить об'ємним, навіть із використанням спеціального модулю Pygame, в якому вже вирішено багато низькорівневих задач, таких як імпорт графіки, її «відрировка», робота зі звуком тощо.

Запропонована в роботі технологія створення гри в Scratch не вимагає написання громіздких кодів, використовує блоки та спрайти, що може спростувати за рахунок візуалізації роботу початківців у програмуванні.

Висновки. Досліджено проблему створення деяких комп'ютерних ігор з використанням апа-

рату візуальних мов програмування. Запропоновано алгоритм створення доволі простої гри «Змійка» в онлайнному середовищі Scratch. Ідеї, наведені в цьому алгоритмі, можна використовувати для розробки більш складних ігор, що буде розглянуто в подальших дослідженнях. Гру можна ускладнювати, видозмінювати, тобто процес створення гри творчий і цікавий. Продемонстровано, що візуальні мови програмування та онлайнні середовища дозволяють досить просто створити власну комп'ютерну гру зі своїм дизайном як на комп'ютері, так і планшеті чи смартфоні, що є актуальним та сучасним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Joseph Hocking. Unity in Action. New York City : Manning Publications Co., 2015. 326 p.
2. Jeremy Gibson Bond. Introduction to Game Design, Prototyping, and Development: From Concept to Playable Game with Unity and C#. 2nd edition. Addison-Wesley Professional, 2017. 1024 p.
3. Шерстюк В.Г. Основи розробки комп'ютерних ігор: електронний навчальний посібник для підготовки студентів на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти, галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення». Херсон : Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2018. 210 с. URL: https://gamehub-cbhe.deusto.es/wp-content/uploads/2018/10/book_4_part_1.pdf.
4. Мельничук Л.М., Лучко В.М., Перун Г.М. Інтерпретована динамічна візуальна мова програмування (Scratch) : навчальний посібник. Чернівці : Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 2021. 128 с.
5. Бондарчук Ж.А. Збірка творчих завдань та вправ у середовищі програмування Scratch. Методична розробка. Луцьк, 2017. 44 с.
6. Сайт спільноти Scratch. URL: <http://scratch.mit.edu>.
7. Курінний С. Scratch. Програмуємо ігри. 50 уроків для дітей. URL: <https://xp4stm90bvzr.frontroute.org/s11/7/7/2/1/0/77210.pdf>.

DEVELOPMENT OF COMPUTER GAME “SNAKE” BY MEANS OF VISUAL PROGRAMMING IN SCRATCH

Olha Titova

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Fundamental and Applied Mathematics

Zaporizhzhia National University, Zhukovskoho str., 66, Zaporizhzhia, Ukraine, toa7676@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8471-0867

The paper considers modern approaches of visual programming, which are used to produce computer games. The development of computer games is one of the interesting areas in the computer sciences and information technologies. Development of traditional PC games is normally in most cases a long and time-consuming process, and can take several

years to reach completion. This process usually includes a variety of stages, technical and creative moments. Whole teams of specialists can be employed for a single project. Each game has its concept, strategy, and design. When developing games, various software tools, programming languages, etc. are used. Modern rapid development of programming languages and online environments gives programmers a unique opportunity to expand their arsenal of methods, forms and tools used to create games. Nowadays, the simplest game can be created even by a beginner or a child, using a simple programming device, which is demonstrated in the paper. In addition to traditional programming languages, elements of visualization have recently been developed. The paper considers the special aspects of usage of visual programming in development of simplest games. The researches of many authors on modern visualization of programming, creation of small visual games that interest students, develop their skills, in particular, mathematics, are analyzed. Attention is paid to innovative technologies. There are a lot of computer games, they are diverse, and, probably, every future programmer would like to produce his own game. The game "Snake" or its variations (Snake, Boa, Python, Serpent, Slither.io) is known to almost everyone who has played computer games. The player maneuvers a growing line that becomes a primary obstacle to itself. In this paper the development of the logical computer game "Snake" by means of visual programming in Scratch is considered. The fairly simple algorithm that can be modified and complicated at will is given. The main advantages of using the online environment Scratch are demonstrated. The results of the study show that Internet resources, modern information technologies and visual programming languages significantly expand the capabilities of future programmers of modern games.

Key words: computer game, visual programming languages, Scratch, sprite interaction, cloning.

REFERENCES

1. Joseph Hocking. (2015). Unity in Action. New York City: Manning Publications Co., 326 p.
2. Jeremy Gibson Bond. (2017). Introduction to Game Design, Prototyping, and Development: From Concept to Playable Game with Unity and C#. 2nd edition. Addison-Wesley Professional, 1024 p.
3. Sherstyuk, V.H. (2018). Osnovy rozrobky komp'yuternykh ihor: elektronnyy navchal'nyy posibnyk dlya pidhotovky studentiv na pershomu (bakalavr's'komu) rivni vyshchoyi osvity, haluzi znan' 12 "Informatsiyne tekhnolohiyi", spetsial'nosti 121 "Inzheneriya prohramnoho zabezpechennya" [Fundamentals of computer game development: an electronic textbook for preparing students at the first (bachelor's) level of higher education, field of knowledge 12 "Information Technology", specialty 121 "Software Engineering"]. Kherson: Vydavnytstvo FOP Vyshemyr's'kyy V.S., 210 p. Retrieved from: https://gamehub-cbhe.deusto.es/wp-content/uploads/2018/10/book_4_part_1.pdf [in Ukrainian].
4. Mel'nychuk L.M., Luchko V.M., Perun H.M. (2021). Interpretovana dynamichna vizual'na mova prohramuvannya (Scratch): navchal'nyy posibnyk [Interpreted dynamic visual programming language (Scratch): textbook]. Chernivtsi : Chernivets'kyy natsional'nyy universytet im. Yu. Fed'kovycha, 128 p. [in Ukrainian].
5. Bondarchuk, Zh.A. (2017). Zbirka tvorchykh zavdan' ta vprav v seredovyschi prohramuvannya Scratch. Metodychna rozrobka [A collection of creative tasks and exercises in the Scratch programming environment. Methodical development]. Luts'k, 44 p. [in Ukrainian].
6. Sayt spil'noty Scratch [Scratch website]. Retrieved from: <http://scratch.mit.edu>.
7. Kurinnyy, S. Scratch. Prohramuyemo ihry. 50 urokov dlya ditey [Scratch. We program games. 50 lessons for children]. Retrieved from: <https://xp4stm90.bvzr.frontroute.org/s11/7/7/2/1/0/77210.pdf> [in Ukrainian].

Стаття надійшла 16.05.2022

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ОНЛАЙН-ОРЕНДИ АВТОМОБІЛІВ

Олександр Шпинковський

доцент кафедри інформаційних систем

Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1, Одеса, Україна, 65044, alexandr.szpinkowski@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7000-0327

Марія Шпинковська

доцент кафедри вищої математики та моделювання систем

Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1, Одеса, Україна, 65044, manyvariable@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1679-6341

Наталія Дихтяр

бакалавр

Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1, Одеса, Україна, 65044

ORCID: 0000-0001-6818-6858

Визначено необхідність використання сучасних технологій для поліпшення зручності та ефективності праці, особливо для швидкого збирання та обробки інформації у сучасному світі. Зазначено, що зараз оренда автомобілів – це послуга, яка набирає свою популярність з кожним роком та активно розвивається. Проведено пошук кількох аналогів наявних інформаційних систем, які надають послуги з оренди автомобілів. Здійснено порівняння та виявлені переваги та недоліки систем, що присутні на ринку. Сформовано функціонал інтелектуальної системи, що пропонується до розробки в цій роботі, проведено обґрунтування того, чим вона буде цікавішою та кориснішою для користувачів.

Окрім цього, проведено вибір інструментарію для подальшого проектування такої системи. Розглянуто та порівняно архітектурні шаблони, мови програмування, середовища розробки, фреймворки, системи управління базами даних та патерни проектування. Після проведеного аналізу вибрані всі інструменти для подальшої розробки інтелектуальної системи онлайн-оренди авто. Як архітектурний шаблон був вибраний шаблон «Клієнт-сервер». Для розробки серверної частини була вибрана мова програмування C#, а для клієнтської частини – JavaScript, HTML та CSS. Як середовище розробки було використано MS Visual Studio. Як СУБД була вибрана MS SQL Server. Вироблено рекомендації для подальшої роботи над побудовою інформаційної системи оренди авто.

Ключові слова: інформаційна система, онлайн оренда, автомобіль, програмне забезпечення

Актуальність роботи. Людство використовує сучасні технології для зручності та ефективності праці. Такі технології слугують для швидкого збирання та обробки інформації у сучасному світі [1]. Життя людей з кожним днем стає все динамічнішим, і діставатись до віддалених пунктів призначення без технічно справного авто неможливо. Останніми роками збільшується увага до питань експлуатації, ремонту транспортних засобів. Також належна увага приділяється питанням підтримки екологічного стану довкілля через зростаючу кількість автомобілів [2; 3].

На сьогодні оренда автомобілів – це послуга, яка набирає свою популярність з кожним роком та активно розвивається. Багато людей все частіше вважають, що краще користуватися чужим

авто, ніж придбати власне. Це відбувається через те, що така послуга дає такі можливості, як: комфортні умови оренди, великий вибір авто, тимчасова заміна власного автомобіля, швидке бронювання та доставка транспортного засобу, зручні можливості для туристів у новому місті.

Помічником користувачу стане комп'ютерна система, яка дозволить швидко вибрати необхідний автомобіль та зручно оформити його оренду. Таким чином, проведення аналізу відомих розробок систем для оренди авто онлайн є актуальним. Метою роботи є проведення аналізу та інструментарію наявних систем оренди авто та вироблення рекомендацій для створення удосконаленої програмної системи за допомогою клієнт-серверної

архітектури. Для досягнення мети необхідно виконати такі кроки:

- провести аналіз відомих систем оренди автомобілів;
- вибрати інструменти, технології, виробити рекомендації для проектування та створення системи.

Матеріал і результати досліджень. Етапам розробки інформаційної системи передують проведення огляду та аналіз систем-аналогів і технологій. Це допоможе розкрити актуальність та доцільність системи, яку планується розробити. У Інтернеті було винайдено аналоги розроблюваної системи. Чотири з них були детально проаналізовані, а саме за допомогою порівняння принципів функціонування та особливостей програмного складника:

- 1) Mobilecar [4];
- 2) Getmancar [5];
- 3) Rental.ua [6];
- 4) 7cars.com.ua [7].

Mobilecar – мобільний застосунок для похвилинної оренди електроавтомобілів в Одесі. Ця компанія пропонує оренду екологічно чистого, безшумного та сучасного автомобіля (рис. 1). Для користування такою системою необхідно завантажити застосунок на мобільний телефон, пройти реєстрацію, мати водійські права та стаж водіння не менш двох років. У мобільному застосунку можна знайти вільні для оренди автомобілі, забронювати зручний для користувача та здійснити онлайн-оплату. Одразу після оплати користувач має 10 безкоштовних хвилин, щоб відкрити авто та розпочати поїздку. Для завершення поїздки необхідно залишити автомобіль у дозволеній зоні, переконавшись, що авто не заважає руху інших. За допомогою застосунку необхідно закрити авто. Getmancar – мобільний застосунок для оренди авто в Києві (рис. 2). Такий застосунок дає змогу користувачам вибрати будь-яке вільне авто, але не має змоги замовити його доставку в певне місце.

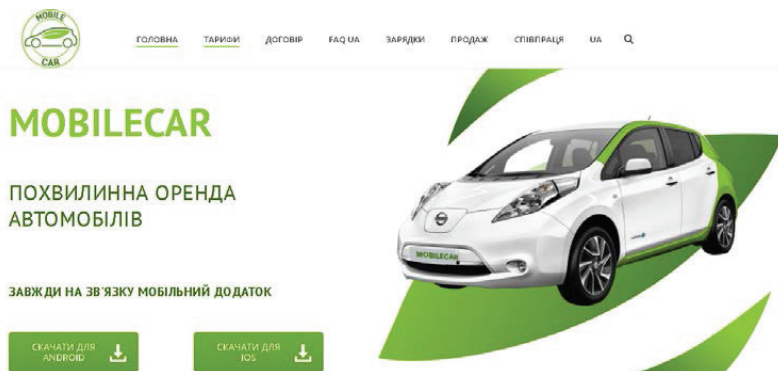


Рис. 1. Зовнішній вигляд вебзастосунку Mobilecar

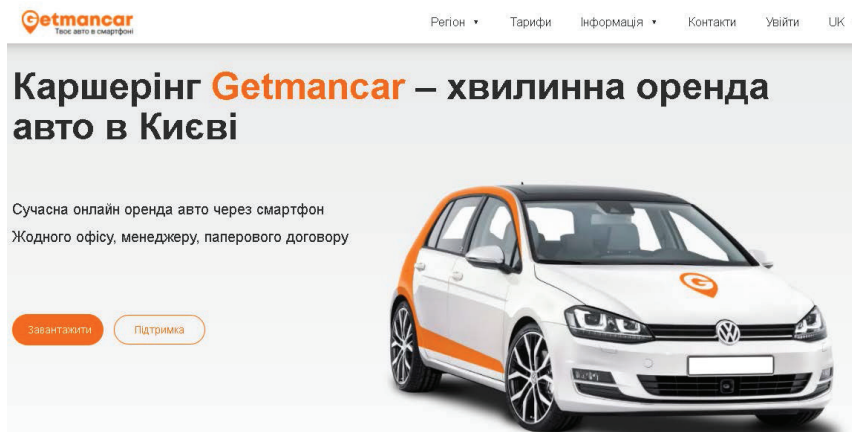


Рис. 2. Зовнішній вигляд застосунку Getmancar

Після завантаження застосунку та проходження реєстрації з'являється мапа, на якій відображаються вільні для оренди авто. Місце знаходження їх вибрати неможливо, отже, користувач переглядає вільні авто, що знаходяться найближче до нього. Користувачеві надається 15 безкоштовних хвилин для початку оренди. Після обрання необхідно здійснити оплату та відкрити авто через застосунок. Завершити поїздку можна в будь-якій зоні для завершення.

Rental.ua – сайт для оренди автомобілів (рис. 3). Така компанія надає автомобілі в оренду по всій Україні. Користувач може вибрати будь-яке вільне авто серед запропонованих та ознайомитись з його характеристиками. На сайті можна здійснити оплату та забрати авто у зазначеному місці або замовити доставку. Також користувач може вибрати додаткові послуги та опції за окрему плату. Вартість авто залежить

від марки та стану. Для завершення оренди необхідно доставити авто в зазначений пункт або скористатися послугою залишення його у допустимій зоні.

7cars.com.ua – сайт для оренди автомобілів. Така компанія має великий автопарк та здає машини в оренду. Автопарк містить 100 машин від «Економ» до «Бізнес»-класу. Компанія також надає послуги щодо оренди автомобіля з водієм, трансфер VIP-класу. Кожна машина має страховку, технічна підтримка працює цілодобово. Здійснити оренду певного авто можна на сайті та забрати його у зазначеному місці. Завершити оренду необхідно в узгодженому заздалегідь місці або доставити авто в зазначений пункт. Головна сторінка сайту зображена на рис. 4.

У результаті дослідження систем-аналогів можна побачити, що вони мають значні відмінності.

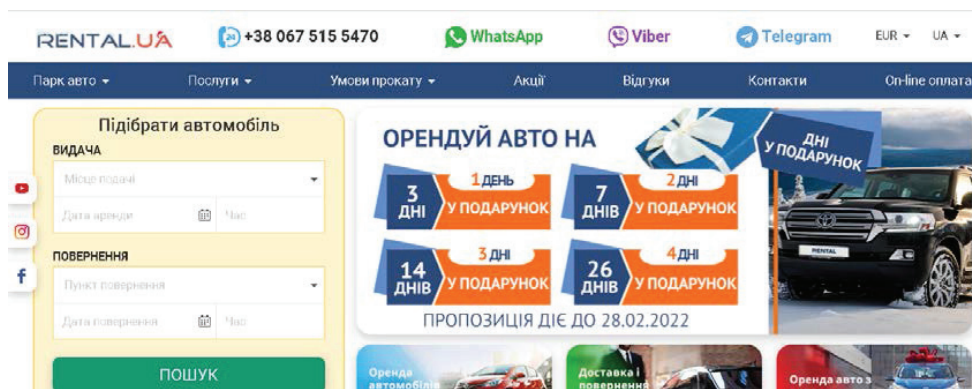


Рис. 3. Зовнішній вигляд вебзастосунку Rental.ua

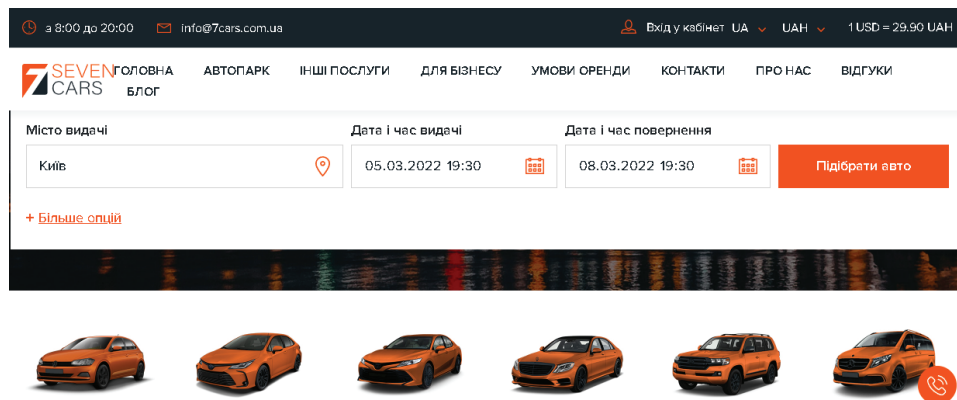


Рис. 4. Зовнішній вигляд вебдодатка 7cars.com.ua

Перше застосування (Mobilecar) надає електричні автомобілі лише у місті Одесі. Такий вид оренди дозволяє знайти вільне авто на карті, здійснити оплату та за допомогою застосунку відкрити авто та розпочати поїздку. В цьому застосунку немає вибору, адже така компанія пропонує лише один вид авто. Спосіб оренди в Getmancar подібний до Mobilecar, оскільки оренда та поїздка здійснюються за допомогою спеціального застосунку. Але в цьому застосунку є можливість вибрати авто, яке підходить користувачеві найбільше. Однак після оплати оренди є лише 15 безкоштовних хвилин, щоб дійти та відкрити авто, і це не завжди зручно. Третя система (Rental.ua) надає велику кількість авто для оренди та дає можливість забрати та повернути авто в одне й те ж місце. Така компанія не надає знижки постійним клієнтам та має складний інтерфейс сайту. Четверта система (7cars.com.ua) має невеликий автопарк, надає в оренду певні авто, які можна забронювати онлайн на сайті. Така компанія не пропонує додаткове приладдя для автомобілів. Загальне порівняння систем-аналогів наведено у таблиці 1.

Таким чином, до розроблюваної нової системи пропонується запровадити функціонал, спільний з аналогами, але також доцільно внести доповнення. Головною відмінністю буде можливість швидкого підбору відповідного автомобіля для кожного клієнта за певними критеріями, нарахування знижок постійним клієнтам та можливість відстеження місця знаходження авто, щоб попередити виїзд за допустимі зони.

Розглянемо технології, які використовуються для розробки.

Для вибору архітектурного шаблону системи, що розроблюється, проведемо аналіз декількох шаблонів.

Клієнт-серверна архітектура – це архітектурний шаблон, в якому є спільні ресурси та сервіси, до яких необхідно забезпечити доступ великої кількості розподілених клієнтів [8].

У підході «клієнт-сервер» компоненти і сполучні елементи мають певну поведінку. Компоненти, звані «клієнтами», відправляють запити компоненту, званому «сервер», і чекають відповіді. Компонент «сервер» отримує запит від клієнта і відправляє йому відповідь. Сервери та клієнти є незалежними один від одного. Відсутня жорстка прив'язка клієнтів до серверів. Недоліком є те, що змінювати рішення про розміщення функціональних можливостей після створення системи зазвичай складно та дорого.

Багаторівнева архітектура – найпопулярніший архітектурний шаблон. Вона не має обмежень у кількості та типі рівнів. Вона має чотири основні рівні: представлення даних, бізнес-логіка, зберігання даних та база даних [8]. Програмне забезпечення поділяється на сутності, які називаються рівнями. Кожен рівень – група модулів, що надають взаємопов'язаний набір сервісів. Така архітектура також має недоліки, рівні знижують продуктивність. Отже, такий шаблон не підходить для високопродуктивних застосунків. Його найкраще використовувати для невеликих застосунків та вебсайтів.

Архітектура каналів та фільтрів – часто використовуваний шаблон в архітектурі програмного забезпечення. Така архітектура використовується в різних застосунках для односторонньої простої обробки [8]. У цій архітектурі фільтри пов'язані між собою комунікаційними каналами. Така архітектура орієнтована на перетворення даних. Надмірне використання синтаксичного аналізу і синтезу знижує продуктивність і ускладнює написання самих фільтрів. Після аналізу декіль-

Таблиця 1

Результати порівнянь систем оренди авто

Ознаки	Назва застосунку				
	Mobilecar	Getmancar	Rental.ua	7cars.com.ua	Нова система
Відстеження вільних авто	+	+	+	+	+
Можливість оренди та оплати онлайн	+	+	+	+	+
Можливість підбору критеріїв	-	-	+	+	+
Зручний інтерфейс сайту	+	-	-	+	+
Можливість замовлення доставки авто	-	-	+	+	+
Надання знижок постійним клієнтам	-	-	+	-	+

кох архітектурних шаблонів є доцільним, що розроблювана система буде створена за допомогою клієнт-серверної архітектури. Ця архітектура найбільш пристосована для систем, що мають велику кількість компонентів для відправлення запитів, які забезпечують роботу сервісів. Для розробки клієнтської частини такої системи плануються найпопулярніші мови програмування HTML, CSS, JavaScript [9].

HTML – це мова розмітки гіпертексту. Ця мова застосовується для створення вебсторінок. Вона інтерпретується (обробляється) браузером і відображається у вигляді документа в зручній для людини формі. Мова HTML насамперед виступає як засіб логічної розмітки сторінки та наділяє вміст сторінки певним змістом. CSS – це мова опису зовнішнього вигляду документа, написаного з використанням мови розмітки. Мова CSS призначена для того, щоб надавати необхідний зовнішній вигляд HTML-документам. JavaScript – динамічна, об'єктно-орієнтована прототипна мова програмування. Найчастіше використовується для створення сценаріїв вебсторінок, що дає можливість на боці клієнта взаємодіяти з користувачем, керувати браузером, асинхронно обмінюватися даними із сервером, змінювати структуру та зовнішній вигляд вебсторінки. Отже, для розробки клієнтської частини інтелектуальної системи плануються до використання мови програмування JavaScript, CSS, HTML.

Для розробки серверної частини системи було проведено порівняння чотирьох найбільш розвинутих мов програмування та вибрана найбільш доцільна. Python – об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня. Має вбудовані структури даних у поєднанні з динамічною типізацією і прив'язкою, що робить його ідеальним вибором для швидкої розробки застосунків. Python підтримує модулі та пакети модулів, що сприяє модульності та повторному використанню коду [9]. PHP розшифровується як гіпертекстовий препроцесор. Це серверна мова скриптів. Використовується для розробки динамічного вебсайту або вебзастосунків. PHP може легко інтегруватися з усіма основними вебсерверами в усіх основних операційних системах. PHP – це широко використовуваний, безкоштовний і ефективний конкурент для продуктів Microsoft ASP. Переваги використання мови програмування PHP:

- працює на різних платформах, таких як Windows, Unix, Linux;
- сумісний практично з усіма Apache, IIS серверами;

– нескладно опанувати, працює ефективно на стороні сервера.

Java – інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня, кросплатформена, з відкритим кодом. Підтримка такими компаніями, як Google і Apache, підтверджує тривале подальше використання у проєктах. Java має гарно пророблений API, великий вибір інструментарію, чималу кількість фреймворків [9].

C# – це об'єктно-орієнтована мова програмування з безпечною системою типізації для платформи .NET [10]. На сьогодні мова програмування C# – одна з найпотужніших, яка розвивається і затребувана в IT-галузі. На поточний момент на ній створюються найрізноманітніші програми: від невеликих десктопних програм до великих вебпорталів і вебсервісів, які обслуговують щодня мільйони користувачів.

Після порівняння чотирьох популярних мов програмування можна зробити висновки, що кожна із розглянутих мов доцільна на своєму місці. Для розробки такої системи буде використовуватися мова програмування C#, оскільки вона є найзручнішою для розробки серверних скриптів та вебзастосунків.

Є велика кількість середовищ для розробки систем. Нижче представлений список можливих середовищ програмування на C#:

- Atom;
- MS Visual Studio;
- Eclipse;
- Sublime Text [10].

Atom – розроблений компанією “GitHub” вільно розповсюджуваний редактор коду, який може використовуватися як самодостатнє рішення, так і у ролі технологічного стека для побудови різних спеціалізованих рішень. Надає засоби кросплатформового редагування коду, включає вбудований пакетний менеджер і інтерфейс навігації файловою системою, надає засоби для одночасної спільної роботи з кодом, має інтелектуальну систему автодоповнення вводу, підтримує API для розробки розширень. Він має перевірку коду для різних мов, таких як: Ruby, Python, SQL, PHP, Perl, Objective-C, C/C++, JavaScript, Java, Go тощо.

MS Visual Studio дає змогу розробляти як консольні програми, так і програми з графічним інтерфейсом, включно з підтримкою технології Windows Forms, а також вебсайти, вебзастосунки, вебслужби як у рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ. Продукт підтримує розробку для платформ ASP.NET і Node.js, і позиціонується як легковагове рішення, що дозволяє обі-

йтися без повного інтегрованого середовища розробки. Підтримуються такі мови та технології: JavaScript, Java, C++, C#, PHP, Python тощо.

Eclipse – це IDE з відкритим вихідним кодом. Таке середовище підтримує більшу різноманітність мов. Доступне у Windows, Linux і MacOS. Це середовище дає багато нових можливостей, таких як автоматичний аналіз коду, інтеграція git, статичний аналіз тощо. Використовується як платформа для розширень, чим він і завоював популярність: будь-який розробник може розширити Eclipse своїми модулями.

Sublime Text – швидкий кросплатформений текстовий редактор. Підтримує плагіни, що розроблені за допомогою мови програмування Python. Деякі його плагіни поширюються з вільною ліцензією, підтримуються спільнотою розробників. Sublime Text може бути оснащений менеджером пакетів, який дозволяє користувачеві знаходити, встановлювати, оновлювати і видаляти пакети без перезавантаження програми.

Після порівняння популярних серед програмування можна зробити висновки, що вони відрізняються між собою та мають певні переваги та недоліки. Кожне із розглянутих середовищ програмування є доцільним. Для такої системи планується до використання середовище розробки MS Visual Studio.

ASP.NET – технологія створення вебзастосунків і вебсервісів від компанії Майкрософт. Для забезпечення взаємодії кінцевого користувача і серверного застосування було прийнято рішення розробити вебклієнт [11]. ASP.NET MVC Framework – фреймворк для створення вебзастосунків, який реалізує шаблон Model-view-controller. Фреймворк базується на взаємодії трьох компонентів: контролера, моделі та подання. Контролер приймає запити, обробляє користувача введення, взаємодіє з моделлю і представленням і повертає користувачеві результат обробки запиту [11].

Для розробки такої системи буде використовуватися фреймворк ASP.NET MVC, оскільки він є найбільш зручним для розробки за допомогою патерну MVC.

Для обрання бібліотеки для розробки клієнтської частини були розглянуті такі технології, як React та JQuery.

React – відкрита JavaScript бібліотека для створення інтерфейсів користувача, яка вирішує проблеми часткового оновлення вмісту вебсторінки. Дозволяє розробникам створювати великі вебзастосунки, які використовують дані, котрі

змінюються з часом, без перезавантаження сторінки. Його мета полягає в тому, щоб бути швидким, простим, масштабованим. React обробляє тільки користувацький інтерфейс у застосунках.

JQuery – популярна JavaScript-бібліотека з відкритим кодом, яка посилено використовується натепер. Синтаксис JQuery розроблений, щоб зробити орієнтування у навігації зручнішим завдяки вибору елементів DOM, створенню анімації, обробки подій, і розробки AJAX-застосунків. JQuery дає можливості для розробників, для створення плагінів у верхній частині бібліотеки JavaScript. Після порівняння бібліотек можна зробити висновки, що для такої системи найзручнішим буде використання бібліотеки JQuery для проектування клієнтської частини.

На сьогодні існує велика кількість СУБД. Для вибору необхідно проаналізувати мету та задачі, які має виконувати відповідна база даних. Були проаналізовані три системи управління базами даних: MySQL, PostgreSQL, MS SQL Server [12].

MySQL являє собою вільну систему управління реляційними базами даних. Вона використовується безпосередньо для розробки динамічних вебсайтів. Така система управління базами даних має підтримку різноманітних мов програмування та містить відкритий код. MySQL має деякі недоліки, найпоширенішими з яких є низька ефективність у разі використання її як сховища даних. Така ситуація пов'язана з неможливістю використання більше одного процесора для обробки певного запиту.

PostgreSQL – об'єктно-реляційна система управління базами даних. Така система управління базами даних має відкритий вихідний код. Вона підтримує як SQL для реляційних, так і JSON для нереляційних баз даних. PostgreSQL сумісний з різними платформами, використовуючи всі основні мови і проміжне ПЗ. PostgreSQL має певні недоліки, такі як проблеми з оновленням, випадки пошкодження сторінок та неефективна реплікація даних.

Microsoft SQL Server – система управління базами даних, яка розробляється корпорацією Microsoft. Передбачена велика кількість програмних засобів розробки, які дозволяють розробляти застосунки для бізнесу. SQL Server працює дуже швидко та надає шифрування даних. З такою СУБД відносно легко працювати і вести адміністрування.

Після проведення аналізу трьох популярних систем управління базами даних доцільно використовувати СУБД MS SQL Server. Оскільки вона

якнайкраще підходить саме для розробки складних вебзастосунків з великою кількістю даних.

Пропонується розглянути основні патерни проектування, які будуть використовуватись для розробки системи онлайн-оренди автомобілів [13; 14]. Головним патерном для розробки системи онлайн-оренди авто пропонується MVC. Він передбачає поділ системи на три взаємопов'язані частини: модель даних, вигляд (інтерфейс користувача) та контролер:

1. Model – це клас, що несе дані. Він відображає поведінку застосунку, незалежну від інтерфейсу користувача.

2. View являє собою будь-яке представлення інформації, одержуване на виході, наприклад графік чи діаграму.

3. Controller діє як на Model, так і на View. Він одержує та перетворює вхідні дані на команди для моделі або вигляду. Також зберігає вид і модель окремо.

Також пропонується використовувати такі породжуючі патерни, як Facade, Command та Factory Method. Фабричний метод (Factory Method) – це патерн, який визначає інтерфейс для створення об'єктів деякого класу, але безпосереднє рішення про те, об'єкт якого класу створювати, відбувається в підкласах. Застосовується, коли заздалегідь невідомо, об'єкти яких типів необхідно створювати та коли система повинна бути незалежною від процесу створення нових об'єктів і розширюється: в неї можна легко вводити нові класи, об'єкти яких система повинна створювати.

Як структурний планується використовувати патерн Facade, який дозволяє приховати складність системи за допомогою надання спрощеного інтерфейсу для взаємодії з нею. Facade допомагає зменшити кількість залежностей між клієнтом і складною системою. Це простий інтерфейс, що полегшує роботу зі складною системою, яка містить велику кількість класів. З іншого боку, якщо Facade є єдиною точкою доступу до підсистеми, то він буде обмежувати можливості, які можуть знадобитися деяким користувачам.

Шаблон Command являє собою шаблон проектування, що належить до шаблонів поведінки. Такий шаблон інкапсулює запит у формі об'єкта, дозволяючи тим самим задавати параметри клієнтів для обробки відповідних запитів, ставити запити у чергу, а також підтримувати скасування операцій.

Висновки. Визначено необхідність використання сучасних технологій для поліпшення зручності та ефективності праці, якісної обробки

інформації. Зазначено, що оренда автомобілів – це послуга, яка швидко набирає свою популярність. Проведено пошук аналогів наявних інформаційних систем, які надають послуги з оренди автомобілів. Здійснено порівняння та виявлені переваги та недоліки систем, що присутні на ринку. Проведено вибір інструментарію для подальшого проектування такої системи. Сформовано функціонал системи, що пропонується до розробки, проведено обґрунтування нових характеристик, через які вона буде цікавішою та кориснішою для користувачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шпинковська М.І., Смелський Ю.С. Інформаційна система сприяння працівникам кредитних установ. *Програмовані логічні інтегральні схеми та мікропроцесорна техніка в освіті і виробництві* : тези міжнар. наук.-практ. сем. Луцьк : Вежа-Друк, 20–21 квітня 2018 р. С. 78.

2. Шапко В.Ф., Атамась А.І., Шапко С.В. Метод розрахунку екологічних характеристик автомобіля. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2013. Вип. 3 (80). С. 180–185.

3. Рилова Н.В., Расторопов Є.А., Рилов Б.О. Інформаційна технологія підтримки процесу забезпечення нафтопродуктами автозаправних станцій. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2018. Вип. 3. С. 38–45.

4. Оренда авто з похвилинною оплатою. *Mobilecar* : вебсайт. URL: <https://mobilecar.com.ua> (дата звернення: 26.07.2022).

5. Каршерінг Getmancar – хвилинна оренда авто в Києві. *Getmancar* : вебсайт. URL: <https://getmancar.com.ua> (дата звернення: 26.07.2022).

6. Оренда нових автомобілів з доставкою за адресою за 1 годину. *Rental* : вебсайт. URL: <https://rental.ua> (дата звернення: 26.07.2022).

7. Автопрокат, якому довіряють! *Sevencars* : вебсайт. URL: <https://7cars.com.ua> (дата звернення: 26.07.2022).

8. Клієнт-серверна архітектура та ролі серверів. *Ivan Zmerzlyi* : вебсайт. URL: <https://medium.com/@IvanZmerzlyi/> (дата звернення: 26.07.2022).

9. John Dean. *Web Programming with HTML5, CSS, and JavaScript*. Jones and Bartlett Publishers, 2018. 678 p.

10. Топ-10 мов програмування в Україні, 2010–2021. Динамічна інфографіка. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/top-10-lang-in-ukraine/> (дата звернення: 26.07.2022).

11. 13 кращих текстових редакторів для прискорення вашого робочого процесу. *Uaspectr* : вебсайт. URL: <https://uaspectr.com/2021/09/27/13-krashhyh-tekstovyh-redaktoriv-2/> (дата звернення: 26.07.2022).

12. Гектор Г. Системи баз даних. Полный курс. Москва : Вільямс. 2016. 1088 с.

13. Шилдт Г. С# 3.0. Руководство для начинающих. Москва : Вільямс. 2015. 688 с.

14. Тепляков С.В. Паттерны проектирования на платформе .NET. Санкт-Петербург : Питер. 2016. 420 с.

ANALYSIS OF FACTORS AND TOOLS TO STIMULATE ONLINE CAR RENTAL SYSTEMS

Oleksandr Shpinkovski

Associate Professor of the Department of Information Systems

National University "Odesa Polytechnic", Shevchenko Ave., 1, Odesa, Ukraine, 65044, alexandr.szpinkowski@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7000-0327

Maria Shpinkovska

Associate Professor, Department of Higher Mathematics and Systems Modeling

National University "Odesa Polytechnic", Shevchenko Ave., 1, Odesa, Ukraine, 65044, manyvariable@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1679-6341

Natalia Dikhtyar

Bachelor

National University "Odesa Polytechnic", 1 Shevchenko Ave., Odesa, Ukraine, 65044

ORCID: 0000-0001-6818-6858

The need to use modern technology to improve the convenience and efficiency of work, especially for the rapid collection and processing of information in the modern world, is determined. It is noted that now car rental is a service that is gaining popularity every year and is actively developing. A search was made for several analogs of existing information systems that provide car rental services. A comparison was made and the advantages and disadvantages of the systems present on the market were identified. The functionality of the intelligent system proposed for development in this work has been formed, and justification has been carried out, which will make it more interesting and useful for users. In addition, a selection of tools for further design of this system was made. Architectural patterns, programming languages, development environments, frameworks, database management systems, and design patterns are reviewed and compared. After the analysis, all tools were selected for the further development of an intelligent online car rental system. The "Client-Server" template was chosen as the architectural template. The programming language C# was chosen for the development of the server part, and JavaScript, HTML and CSS for the client part. MS Visual Studio was used as the development environment. MS SQL Server was chosen as the DBMS. Recommendations for further work on the construction of the car rental information system have been made.

Key words: information system, online rental, car, software

REFERENCES

- Shpinkovska, M.I., Smelskyi, Yu.S. (2018). Informatsiina systema spriannia pratsivnykam kredytnykh ustanov [Information system for assistance to employees of credit institutions]. *Prohramovani lohichni intehrlni skhemy ta mikroprotsesorna tekhnika v osviti i vyrobnytstvi – Programmable logic integrated circuits and microprocessor technology in education and production: tezy mizhnar. nauk.-prakt. sem. Lutsk: Vezha-Druk, 20–21 kvitnia. S. 78* [in Ukrainian].
- Shapko, V.F., Atamas, A.I., Shapko, S.V. (2013). Metod rozrakhunku ekolohichnykh kharakterystyk avtomobilia [The method of calculating the ecological characteristics of a car]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho – Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky National University of Kremenchug. Vyp. 3 (80). S. 180–185* [in Ukrainian].
- Rylova, N.V., Rastoropov, Ye.A., Rylov, B.O. (2018). Informatsiina tekhnolohiia pidtrymky protsesu zabezpechennia naftoproduktamy avtozapravnykh stantsii [Information technology for supporting the process of providing petrol stations with petroleum products]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho – Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky National University of Kremenchug. Vyp. 3. S. 38–45* [in Ukrainian].
- Orenda avto z pokhvylynnoiu oplatoiu [Car rental with minute payment]. *Mobilecar: vebсайт. Retrieved from: https://mobilecar.com.ua* [in Ukrainian].
- Karsherinh Getmancar – khvylynna orenda avto v Kyievi [Car sharing Getmancar – minute car rental in Kyiv]. *Getmancar: vebсайт. Retrieved from: https://getmancar.com.ua* [in Ukrainian].
- Orenda novykh avtomobiliv z dostavkoiu za adresoiu za 1 hodynu [Rent new cars with delivery to the address in 1 hour]. *Rental: vebсайт. Retrieved from: https://rental.ua* [in Ukrainian].
- Avtoprokat, yakomu doviriati [Car rental that is trusted]! *Sevencars: vebсайт. Retrieved from: https://7cars.com.ua* [in Ukrainian].
- Kliient-serverna arkhitektura ta roli serveriv [Client-server architecture and server roles]. *Ivan Zmerzlyi: vebсайт. Retrieved from: https://medium.com/@IvanZmerzlyi/* [in Ukrainian].

9. John Dean. (2018). Web Programming with HTML5, CSS, and JavaScript. Jones and Bartlett Publishers. 678 p.
10. Top-10 mov prohramuvannia v Ukraini, 2010–2021. Dynamichna infohrafika [Top 10 programming languages in Ukraine, 2010–2021. Dynamic infographics]. Retrieved from: <https://dou.ua/lenta/articles/top-10-lang-in-ukraine/> [in Ukrainian].
11. 13krashchykh tekstovykh redaktoriv dliapryskorennia vashoho robochoho protsesu [13 Best Text Editors to Speed Up Your Workflow]. Uaspectr: vebсайт. Retrieved from: <https://uaspectr.com/2021/09/27/13-krashhyh-tekstovyh-redaktoriv-2/> [in Ukrainian].
12. Hektor, H. (2016). Systemi baz danih. Polnii kurs [Database systems. Full course]. Moskva: Vyliams. 1088 s. [in Russian].
13. Shyldt, H. (2015). C# 3.0. Rukovodstvo dlia nachynaiushchykh [C# 3.0. A guide for beginners: a book]. Moskva: Vyliams. 688 s [in Russian].
14. Teplakov, S.V. (2016). Patterni proektyrovanyia na platforme .NET [Design patterns on the .NET platform]. Sankt-Peterburg: Pyter. 420 s [in Russian].

Стаття надійшла 27.05.2022

УДК 621.785.3

**РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ,
ОПЛАВЛЕНИХ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ М. КИЇВ**

Артемій Бернацький

кандидат технічних наук, старший дослідник,

завідувач відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, вул. Казимира Малевича, буд. 11, м. Київ, 03150, Україна, bernatskyi@paton.kiev.ua

OCRID: 0000-0002-8050-5580

Микола Соколовський

інженер-технолог I категорії відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, вул. Казимира Малевича, буд. 11, м. Київ, 03150, Україна, m_sokolovskyi@paton.kiev.ua

OCRID: 0000-0003-3243-5060

Володимир Лукашенко

кандидат технічних наук,

науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, вул. Казимира Малевича, буд. 11, м. Київ, 03150, Україна, z_lyk@ukr.net

OCRID: 0000-0002-9685-4654

Олександр Данилейко

інженер-технолог I категорії відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, вул. Казимира Малевича, буд. 11, м. Київ, 03150, Україна,

інженер I категорії кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій Навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», вул. Політехнічна, буд. 35, навчальний корпус 9, м. Київ, 03056, Україна, danyleiko.oleksandr@gmail.com

OCRID: 0000-0002-8501-0421

Наталія Шамсутдінова

інженер відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, вул. Казимира Малевича, буд. 11, м. Київ, 03150, Україна, shamsutaliia@gmail.com

OCRID: 0000-0002-3525-0080

Валентина Бондарєва

заступник завідувача відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, вул. Казимира Малевича, буд. 11, м. Київ, 03150, Україна, laser-77@online.ua

OCRID: 0000-0002-4745-0995

Олександр Сіора

науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, вул. Казимира Малевича, буд. 11, м. Київ, 03150, Україна, siora_ov@ukr.net

OCRID: 0000-0003-1927-790X

Оплавлення покриттів лазерним випромінюванням, нанесених газотермічними способами, що виконується з метою зміни їхньої структури, є перспективним технологічним процесом. При цьому важливо знати значення максимальних температур, які досягаються у різних ділянках оброблюваних матеріалів, термічні цикли точок, що належать до цих ділянок і швидкості їх нагріву й охолодження. Експериментальне визначення цих параметрів пов'язане з великими труднощами через високі градієнти температур і високі швидкості нагріву й охолодження. Незважаючи на те, що у цьому напрямі проводилися дослідження (наприклад, оптичне вимірювання температур за допомогою пірометрів), отримана інформація не дає повної картини про розподіл температурних полів. Тому вкрай актуальним є їх математичне моделювання, оскільки отримані моделі дозволять за допомогою розрахункових методів оцінювати характер теплових полів ще до проведення дослідів на реальних зразках і, як наслідок, скоротити витрати часу й ресурсів на визначення оптимальних параметрів процесу, що призведуть до необхідних структурних змін у оброблюваному матеріалі. На базі розробленої математичної моделі теплових процесів, які відбуваються під час лазерного плакування газотермічних покриттів, розраховані температурні поля в зоні обробки, швидкості нагрівання й охолодження. Ці розрахунки дозволяють прогнозувати утворення структур на поверхні оброблених зразків, залежно від швидкості охолодження, що своєю чергою уможливує визначення параметрів лазерного випромінювання для плакування покриттів з оптимальною для таких умов структурою і, відповідно, заданими фізико-механічними властивостями. Прогнозні припущення про розвиток об'єкта досліджень – використання одержаних результатів для створення на їх основі технологій лазерного плакування покриттів систем Ni-Cr-B-Si і Fe-Ni-B-Si, нанесених на сталі та мідь у машинобудівній, поліграфічній, хімічній та інших галузях промисловості.

Ключові слова: покриття, сплави, що самі офлюсуються, лазерне оплавлення, математичне моделювання, аналітичний метод.

Вступ.

На сьогодні у зв'язку з постійним ростом споживання більшості природних ресурсів актуальності набуває розвиток ресурсозберігаючих технологій [1–5]. Використання покриттів на робочих поверхнях деталей дозволяє по-новому підійти до проблеми підвищення строку роботи деталей за рахунок формування поверхневого шару, що володіє більш високими експлуатаційними характеристиками [6]. Нанесення покриттів з подальшим оплавленням на деталі машин та механізмів, які піддаються зношуванню, дозволяє надати їм належної естетичної якості, зносостійкості, корозійної стійкості тощо, витративши для цього незначні ресурси, що дозволяє збільшити ресурс роботи деталі, вузла, устаткування або комплексу обладнання загалом та зменшити собівартість продукції [7]. Тому розробка та відпрацювання нових технологій оплавлення покриттів набуває актуальності.

Оплавлення покриттів лазерним випромінюванням, нанесених газотермічними способами, виконується з метою зміни їхньої структури і є перспективним технологічним процесом [8]. При цьому важливо знати значення максимальних температур, які досягаються у різних ділянках оброблюваних матеріалів, термічні цикли точок, що належать до цих ділянок, і швидкості їх нагріву й охолодження. Експериментальне визначення цих параметрів пов'язане з великими труднощами через високі градієнти температур і високі швидкості нагріву й охолодження [9]. Незважаючи на те, що у цьому напрямі про-

дилися дослідження (наприклад, оптичне вимірювання температур за допомогою пірометрів), отримана інформація не дає повної картини про розподіл температурних полів [10]. Тому вкрай актуальним є їх математичне моделювання, оскільки отримані моделі дозволять за допомогою розрахункових методів оцінювати характер теплових полів ще до проведення дослідів на реальних зразках і, як наслідок, скоротити витрати часу й ресурсів на визначення оптимальних параметрів процесу, що призведуть до необхідних структурних змін у оброблюваному матеріалі.

Технологія оплавлення покриттів лазерним випромінюванням з різними довжинами хвиль забезпечує широкі можливості отримання поверхневих шарів металу із необхідною структурою [11]. Це створює принципові передумови для формування покриттів із заданими службовими характеристиками. Дослідження, проведені у цьому напрямі, дотепер носили епізодичний характер і не дозволяли вирішити проблему створення технологічних процесів лазерного оплавлення покриттів. З цієї точки зору важливим є вивчення теплових умов формування таких поверхневих шарів у разі лазерної обробки, визначення оптимальних режимів оплавлення покриттів, що забезпечують необхідну структуру і властивості виробів. Це дозволить визначити нові перспективні галузі застосування таких процесів.

Метою роботи є зіставлення картини структурно-фазових перетворень, що протікають у зоні

лазерної дії, з розподілом теплових полів і зміни швидкостей нагріву і охолодження в оплавленому покритті та основному металі.

Методика роботи.

Для розрахунку теплових полів використовуються два основних методи: аналітичний і числовий. У разі аналітичного методу проводиться складання й вирішення лінійного диференційного рівняння теплопровідності, й рішення одержують у аналітичному вигляді. У разі числових розрахунків найчастіше здійснюється кінцево-елементна або кінцево-різнична апроксимація часткових похідних у вихідній диференціальній системі рівнянь, приведення її до системи алгебраїчних рівнянь і рішення отриманої системи. Найчастіше такі розрахунки здійснюються за допомогою спеціалізованих систем автоматизованої розробки. Ми розпочнемо розрахунки з аналітичного методу, оскільки задача з розрахунку теплових полів під час лазерної обробки матеріалів за допомогою аналітичних методів досить докладно розглядається у багатьох відкритих літературних джерелах.

Виклад основного матеріалу.

Задача формулюється для нагріву твердих середовищ, що складаються з двох матеріалів з різними теплофізичними властивостями, джерелом тепла постійної інтенсивності (при цьому ми вважаємо контакт між покриттям й основою ідеальним).

Для металів джерело тепла можна вважати з достатнім ступенем точності поверхневим, якщо радіус плями нагріву значно більший за ефективну глибину проникнення випромінювання ($r \gg a \cdot t^{1/2}$). Розрахунки показали, що максимальна температура на заданій глибині, а отже, і швидкості охолодження, слабо залежать від форми розподілу інтенсивності у світловій плямі [12].

У наших розрахунках ми приймаємо теплофізичні коефіцієнти матеріалів постійними (тобто такими, що не залежать від температури). На жаль, це призводить до утворення похибки, яку, втім, можна суттєво зменшити, якщо брати середні значення коефіцієнтів у деякому інтервалі температур. Також не враховувався рух металу у ванні (і, як наслідок, його вплив на процес масо- і теплопереносу).

Розрахункова схема має такий вигляд: підкладка розглядається як необмежене тіло, покриття – як пластина товщиною h . Матеріали мають різні теплофізичні коефіцієнти і перебувають у ідеальному тепловому контакті. Їхня початкова температура T_0 однакова. У початковий

момент часу вільна поверхня пластини миттєво нагрівається до температури T_c , яка міняється за певним законом протягом усього процесу нагріву-охолодження, що відповідає процесу лазерної обробки. На глибині $z=\infty$ підтримується початкова температура $T_0=\text{const}$, що умовно прийнята за 0°C . Необхідно знайти розподіл температури по глибині системи «необмежена пластина – напівобмежене тіло».

Згідно з [12] математичне формулювання задачі має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{1}{a_1} \frac{\partial T_1}{\partial t} = \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2}; \\ t > 0, h \geq z \geq 0; \\ \frac{1}{a_2} \frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2} \\ t > 0, \infty > z \geq h. \end{cases} \quad (1)$$

Граничні умови задачі мають вигляд:

$$z = 0 \quad T_c = f(W_p), \quad (2)$$

$$z = h \quad \begin{cases} T_1 = T_2 \\ \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z} \end{cases} \quad (3)$$

$$t = 0 \quad T_1 = T_2 = 0 \quad (4)$$

Співвідношення (2–4) описують ідеальний тепловий контакт між шарами (рівність температур і теплових потоків на границі контакту).

Для стаціонарної задачі й нерухомого джерела нагріву рішення задачі згідно з [12] має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \theta_1 = \frac{T_1(z,t) - T_0}{T_c - T_0} = & \operatorname{erfc} \frac{z}{2\sqrt{a_1 t}} - R \cdot \sum_{n=1}^{\infty} R^{n+1} \operatorname{erfc} \frac{2nh - z}{2\sqrt{a_1 t}} + \\ & + R \cdot \sum_{n=1}^{\infty} R^{n+1} \operatorname{erfc} \frac{2nh + z}{2\sqrt{a_1 t}} - \\ & - \frac{T_0}{(1 + K_\varepsilon) \cdot (T_c - T_0)} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} R^{n-1} \operatorname{erfc} \frac{(2n-1)h - z}{2\sqrt{a_1 t}} + \\ & + \frac{T_0}{(1 + K_\varepsilon) \cdot (T_c - T_0)} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} R^{n-1} \operatorname{erfc} \frac{(2n-1)h + z}{2\sqrt{a_1 t}} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \theta_2 = \frac{T_2(z,t) - T_0}{T_c - T_0} = & \frac{2K_\varepsilon}{1 + K_\varepsilon} \sum_{n=1}^{\infty} R^{n-1} \operatorname{erfc} \left[\frac{z - \frac{h}{5} + (2n-1)K_a^{-1/2}h}{2\sqrt{a_2 t}} \right] + \\ & + \frac{T_0 K_\varepsilon}{(T_c - T_0)(1 + K_\varepsilon)} \operatorname{erfc} \frac{z - \frac{h}{5}}{2\sqrt{a_2 t}} + \end{aligned}$$

$$+ \frac{2K_\varepsilon T_0}{(1+K_\varepsilon)^2 (T_c - T_0)} \sum_{n=1}^{\infty} R^{n-1} \operatorname{erfc} \left[\frac{z - \frac{h}{5} + 2nK_a^{-1/2} h}{2\sqrt{a_2 t}} \right] \quad (6)$$

$$\text{де } R = \frac{1 - K_\varepsilon}{1 + K_\varepsilon}; K_\varepsilon = \sqrt{\frac{\lambda_1 c_1 \rho_1}{\lambda_2 c_2 \rho_2}}; K_a = \frac{a_1}{a_2}.$$

Тут:

θ_1, θ_2 – співвідношення температур, записані у безрозмірному вигляді (для того щоб розрахувати температуру, необхідно винести інші члени у праву сторону рівняння);

$T_1(z,t), T_2(z,t)$ – температури для відповідно першого й другого матеріалів (шарів тіла), залежні від координати z і часу дії джерела нагріву;

T_0 – початкова температура матеріалів, приймаємо її рівною 20°C ;

T_c – температура на поверхні першого матеріалу («пластини»), $^\circ\text{C}$;

z – глибина, для якої проводиться розрахунок, м;

t – час дії джерела нагріву, с;

h – товщина поверхневого матеріалу, м;

a_1, a_2 – коефіцієнти температуропровідності відповідно першого й другого матеріалів; їх значення обчислюються за формулою

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (7)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м· $^\circ\text{C}$); c – питома теплоємність, Дж/(кг· $^\circ\text{C}$); ρ – густина матеріалу, кг/м³.

Лазерне поверхнєве термічне зміцнення відбувається із високими швидкостями переміщення джерела нагріву. Прогріта доріжка розміщується вузькою смугою по лінії руху джерела. При цьому теплота розповсюджується у тілі в основному у напрямі, перпендикулярному до осі переміщення джерела. Для того щоб у розрахунках перейти від нерухомого джерела нагріву до рухомого, зробимо таке припущення [12]:

потокami тепла, що розповсюджуються у напрямку руху джерела, тобто у напрямку осі Ox , нехтуємо, і отримуємо спрощену схему потужного швидкодіючого джерела.

Тоді у формулах (5), (6) як час експозиції будемо використовувати час, за який лазерна пляма проходить через матеріальну точку по осі Ox . Його будемо обчислювати за такою формулою:

$$t = \frac{d_n}{V_{\text{лн}}} \quad (8)$$

де d_n – діаметр пучка випромінювання, мм;

$V_{\text{лн}}$ – швидкість руху променя по осі Ox , мм/с.

У технологічному процесі, що розглядається, на поверхні нанесеного матеріалу повинна досягатися температура T_c , що перевищує температуру плавлення матеріалу. Логічно було б сказати, що вона не повинна перевищувати температуру кипіння й випаровування, щоб уникнути інтенсивного випаровування матеріалу; але на практиці у ході процесу термообробки спостерігається факел парогазових викидів із зони плавлення [12]. Отже, досягається температура навіть більша, ніж температура випаровування. Оскільки температура плавлення самофлюсуючих наплавочних матеріалів на основі нікеля й заліза становить $1050...1200^\circ\text{C}$, а температура їх випаровування близька до 3000°C , то можна припустити, що температура теплового джерела на поверхні наплавленого сплаву не менша за 3000°C . Але у розрахунках необхідно більш точно визначати цей параметр. Скористаємося законом Стефана-Больцмана [12]:

$$W_p(T) = A(T) \sigma \cdot T_c^4, \quad (9)$$

де $A(T)$ – поглинальна здатність, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постійна Стефана-Больцмана. Щільність потужності теплового джерела W_p являє собою відношення його потужності до площі розподілу й для плями d лазерного випромінювання може бути визначена як $W_p = \frac{P}{\pi \cdot d^2}$. У такому випадку T_c буде визначатися таким співвідношенням:

$$T_c = \sqrt[4]{\frac{P}{\pi \cdot \sigma \cdot A \cdot d^2}} \quad (10)$$

Згідно з даними літературних джерел [12], для більшості випадків лазерної термообробки $A \approx 0,8$. Цим значенням ми і будемо користуватися у розрахунках.

Розрахунок теплових полів

У таб. 1 подано теплофізичні характеристики матеріалів, які найчастіше використовуються як основа. Як матеріал для покриття в основному використовуються порошки різних сплавів із грануляцією у межах $0...300$ мкм. Найчастіше використовуються сплави на основі Ni і Fe. Одним зі складових легуючих елементів, що забезпечує зносостійкість, є Cr. Відповідно до цього виділимо такі групи матеріалів і приведемо їх узагальнені теплофізичні характеристики (див. таб. 2).

Проведемо розрахунок за формулами (5), (6) для таких технологічних параметрів процесу: матеріал основи – Ст3, матеріал покриття – ПГ-12Н-01, товщина покриття – $h = 1$ мм, діаметр лазерної плями – $d = 3$ мм, швидкість руху лазерного променя по осі – Ox $V_{\text{лн}} = 20$ мм/с, потужність

Таблиця 1

Матеріали, що використовуються як основа для покриття

Матеріал	λ , Вт/(м·°С)	c , Дж/(кг·°С)	ρ , кг/м ³
чавуни (у т. ч. леговані)	29,2	470	7570
низьковуглецеві, низко- і середньолеговані сталі (Ст3, 38ХНЗМФА, 20ХН і т.д.)	40	505	7790
високовуглецеві й високолеговані сталі (65Г, Х18Н10Т і т.д.)	25	460	7900

Таблиця 2

Матеріали, що використовуються як покриття

Матеріал	λ , Вт/(м·°С)	c , Дж/(кг·°С)	ρ , кг/м ³
на основі нікелю з вмістом хрому у межах 8...16% (сплави ПГ-12Н-01, ПГ-12Н-02, ПГ-АН9, НХ8С2Р3, ПГ-10Н-04 + 20%ПГ-АН6)	18	440	8670
на основі нікелю з вмістом хрому у межах 16...20% (сплави ПГ-12Н-03, ПГ-10Н-01, ПГ-АН6)	12,7	440	8310
на основі заліза, що не містять хром (ПГ-Н1, ПГ-НЕ3, ПГ-П3)	34,4	460	7930

лазера – $P=2$ кВт. Для цього будемо використовувати програмне забезпечення Maple 10. Результати розрахунку представлено на рис. 1 у вигляді кривої, що відповідає розподілу максимальних температур по глибині.

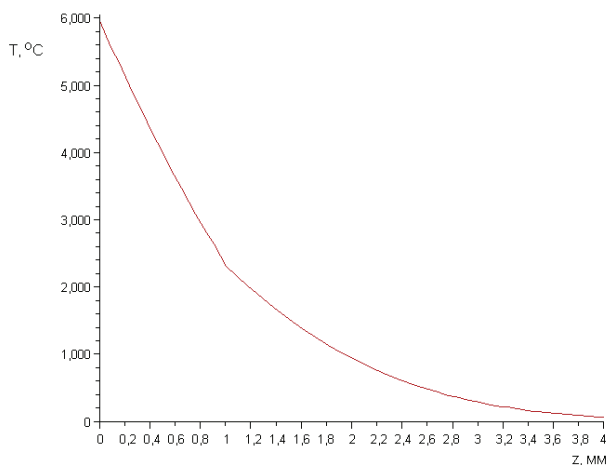


Рис. 1. Розподіл максимальних температур по глибині. Ст3+ПГ-12Н-01

У точці розділу матеріалів градієнт нахилу кривої розподілу температур відносно осей змінюється, що зумовлено різницею у теплофізичних властивостях матеріалів. Глибина проплавлення становить близько 1,6 мм, що перевищує товщину покриття.

Підберемо оптимальний режим термічної обробки, за якого глибина проплавлення буде приблизно рівною товщині покриття. Для цього побудуємо сімейство кривих для значень потужності лазерного променя від 400 до 2000 Вт (див. рис. 2–3).

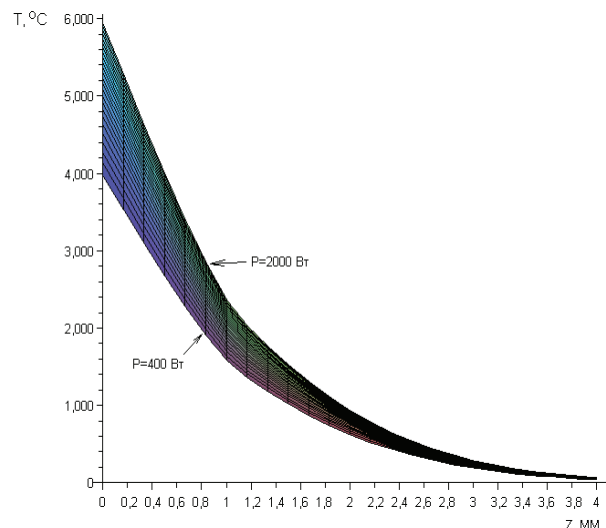


Рис. 2. Розподіл максимальних температур залежно від потужності джерела нагріву. Верхня крива – для потужності 2000 Вт, нижня – 400 Вт

Як бачимо, зміна потужності променя з 2 до 0,4 кВт призводить до зниження глибини про-

плавлення всього на 0,5 мм (з 1,6 до 1,1 мм). Це пов'язано з невисокою швидкістю руху променя (20 мм/с). Проведемо аналогічні розрахунки для потужності променя 1,5 кВт, для швидкостей від 20 до 60 мм/с.

Результати розрахунків у графічному вигляді представлено на рис. 4–5.

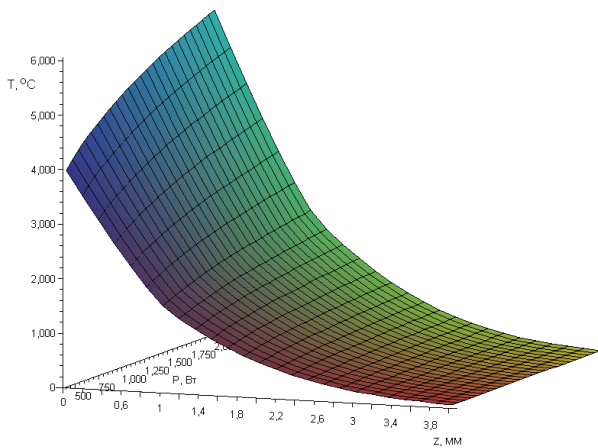


Рис. 3. Розподіл максимальних температур залежно від потужності джерела нагріву. По осі Oz – потужність джерела нагріву

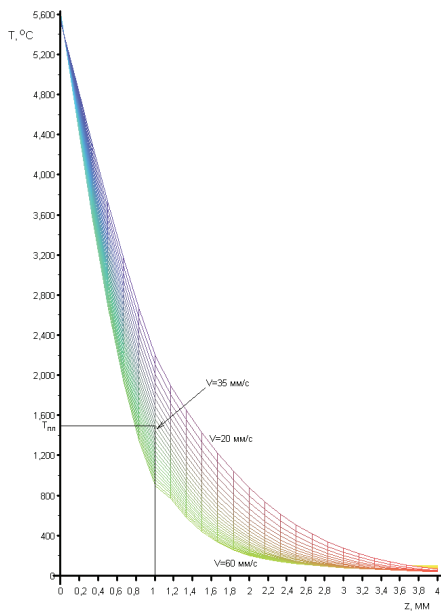


Рис. 4. Розподіл максимальних температур по глибині залежно від швидкості руху променя, $P=1,5$ кВт. Верхня крива для $V_{лп}=20$ мм/с, нижня для $V_{лп}=60$ мм/с

Оптимальним є режим, за якого глибина проплавлення становить 1 мм (тобто у рідку фазу переходить тільки матеріал, з якого складається покриття). Він досягається за потужності джерела нагріву 1,5 кВт і швидкості руху джерела 35 мм/с.

Різниця між градієнтами нахилу кривих розподілу температури у матеріалах основи й покриття до осей координат збільшується зі збільшенням різниці між теплофізичними характеристиками матеріалів.

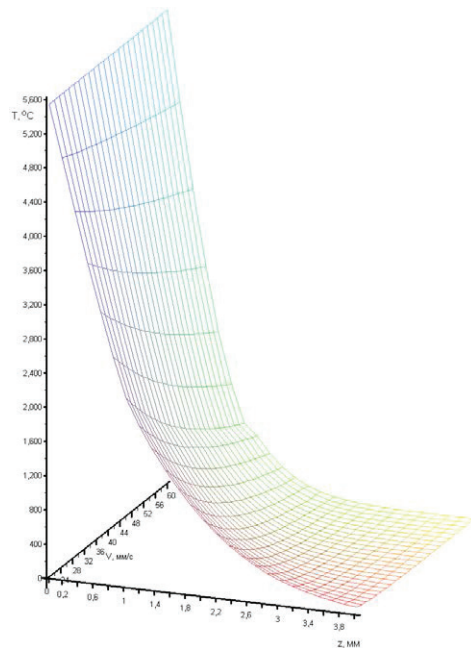


Рис. 5. Розподіл максимальних температур по глибині залежно від швидкості руху променя

Проведемо розрахунок для сталі 38ХН3МФА як матеріалу основи і сплаву ПГ-10Н-01 як матеріалу покриття. Параметри процесу: товщина покриття – $h=1$ мм, діаметр лазерної плями – $d=3$ мм, швидкість руху лазерного променя по осі – Ox $V_{лп}=20...60$ мм/с, потужність лазера – $P=1,5$ кВт. Результат представлено на рис. 6. Оптимальною є швидкість руху променя $V_{лп}=28$ мм/с, за якої глибина проплавлення рівна товщині покриття і становить 1 мм.

На жаль, результати цих розрахунків можна використовувати лише як оціночні, оскільки у разі постановки задачі приймалися вищенаведені припущення:

1. В усіх випадках у диференціальних рівняннях теплофізичні коефіцієнти матеріалів (кое-

фіцієнт теплопровідності, коефіцієнт об'ємної теплоємності, коефіцієнт поверхневої тепловіддачі і т.д.) приймалися як незалежні від температури. Насправді ці параметри суттєво залежать від температури й врахування цих залежностей суттєво уточнює розрахунок.

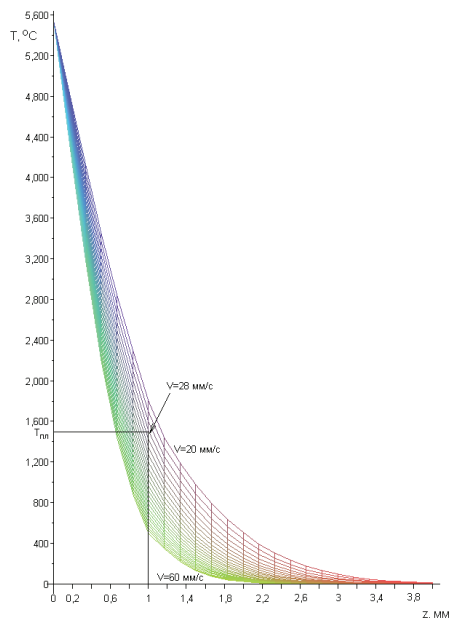


Рис. 6. Розподіл максимальних температур по глибині, матеріал основи – 38ХНЗМФА, матеріал покриття – ПГ-10Н-01. Потужність лазера 1,5 кВт

2. Розрахункові тіла розглядалися у вигляді необмежених чи напівобмежених, що суттєво спрощує постановку задачі у частині граничних умов. Для випадків локального лазерного термозміцнення, коли зона нагріву набагато менша за розміри деталей, що обробляються, і у процесі лазерної обробки границі деталі практично не нагріваються, це припущення є прийнятним. Але у тих випадках, коли протяжність зони обробки є співрозмірною з розмірами тіла, необхідно вводити у розрахунок реальну конфігурацію деталі, що обробляється з відповідними умовами теплового обміну на границях тіла.

3. Джерела нагріву представлялися у розрахунках у вигляді зосереджених точкових джерел або рівномірного розподілу по нормальному закону. Здебільшого більш ефективна лазерна обробка може бути забезпечена за допомогою інших законів розподілу густини потужності, але

їх врахування у аналітичних методах розрахунків є складною задачею.

4. Приймалися припущення про переважний напрям теплових потоків, які дозволяють суттєво спростити постановку теплової задачі (яка у окремих випадках доводилася до одномірного представлення; наша модель також фактично може розглядатися як одномірна). Якщо не вводити такі припущення, то, як правило, задачі лазерного поверхневого термозміцнення представляються складними тривимірними. Реалізація таких рішень за допомогою аналітичних методів є дуже складною.

5. Введені припущення про несуттєву роль параметрів, що не включені у теплові моделі, які реалізуються аналітичними методами. Наприклад, не враховується скрита теплота фазових переходів та ін.

Для отримання більш точних результатів потрібно використовувати числові методи вирішення теплової задачі.

Висновки.

1. Розроблена математична модель розрахунку теплових процесів під час лазерного оплавлення газотермічних покриттів.

2. У ході виконання обчислювальних експериментів встановлена кількісна залежність між технологічними параметрами лазерного випромінювання (довжина хвилі випромінювання, густина потужності і швидкість переміщення променя) і параметрами розплавленої зони. Приведена графічна залежність, що дозволяє вибрати швидкість переміщення променя, відповідні заданій глибині проплавлення. Розраховані швидкості нагріву і охолодження за різних параметрів лазерної обробки.

3. Результати цих розрахунків можна використовувати лише як оціночні, оскільки у разі постановки задачі приймалася велика кількість припущень, для спрощення вирішення задачі, які істотно вплинули на кінцевий результат. Для отримання більш точних результатів потрібно використовувати числові методи вирішення теплової задачі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lesinskyi V. et al. Substantiation of Projects That Account for Risk in the Resource-saving Technological Changes at Enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Т. 6. №. 1. С. 6–16. URL: <https://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2018.149942>.

2. Alojnovich R.R. Resource-saving technologies in

cotton-growing economic efficiency indicator systems. *Plant Cell Biotechnology And Molecular Biology*. 2021. P. 134–140. URL: <https://www.ikppress.org/index.php/PCBMB/article/view/5943>.

3. Bernatskyi A. et al. The history of the creation of lasers and analysis of the impact of their application in the material processing on the development of certain industries. *History of science and technology*, 2021. T. 11, No. 1. P. 125–149. URL: <https://doi.org/10.32703/2415-7422-2021-11-1-125-149>.

4. Kombarov V. et al. S-Shape feedrate scheduling method with smoothly-limited jerk in cyber-physical systems. *International Conference on Reliable Systems Engineering*. 2021. Springer, Cham. P. 54–68. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-83368-8_6.

5. Sambito M. et al. A systematic review of the hydrological, environmental and durability performance of permeable pavement systems. *Sustainability*. 2021. T. 13. No. 8. P. 4509. URL: <https://doi.org/10.3390/su13084509>.

6. Bernatsky A.V. Laser surface alloying of steel items. *The Paton Welding Journal*. 2013. No. 12. P. 2–8. URL: <https://patonpublishinghouse.com/tpwj/pdf/2013/pdfarticles/12/2.pdf>.

7. Meghwal A. et al. Thermal spray high-entropy alloy coatings: a review. *Journal of Thermal Spray Technology*.

2020. T. 29. No. 5. P. 857–893. URL: <https://doi.org/10.1007/s11666-020-01047-0>.

8. Xu B. et al. Heat-mass transfer and its effects on the in-situ Al/SiC reactions in aluminum welds during wobbling laser melting injection of SiC particles. *Journal of Materials Processing Technology*. 2022. C. 117707. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2022.117707>.

9. Mahmood M.A. et al. Laser coatings via state-of-the-art additive manufacturing: A review. *Coatings*. 2021. T. 11. No. 3. P. 296. URL: <https://doi.org/10.3390/coatings11030296>.

10. Thawari N. et al. Influence of laser cladding parameters on distortion, thermal history and melt pool behaviour in multi-layer deposition of stellite 6: In-situ measurement. *Journal of Alloys and Compounds*. 2021. T. 860. C. 157894. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.157894>.

11. Jin B. et al. Microstructure and properties of laser re-melting FeCoCrNiAl_{0.5}Si₆ high-entropy alloy coatings. *Surface and Coatings Technology*. 2018. T. 349. P. 867–873. URL: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.06.032>.

12. Рыкалин Н.Н. и др. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. Москва : Машиностроение. 1985. 496 с.

CALCULATION OF THERMAL FIELDS FOR COATINGS, CREATED BY THERMAL SPRAYING UTILIZING LASER MELTING

Artemii Bernatskyi

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding

E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, 11, Kazymyr Malevych St., Kyiv, 03150, Ukraine, Bernatskyi@paton.kiev.ua

OCRID: 0000-0002-8050-5580

Mykola Sokolovskyi

Engineer of the Department the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding

E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, 11, Kazymyr Malevych St., Kyiv, 03150, Ukraine, m_sokolovskyi@paton.kiev.ua

OCRID: 0000-0003-3243-5060

Volodymyr Lukashenko

Candidate of Technical Sciences, Researcher of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding

E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, 11, Kazymyr Malevych St., Kyiv, 03150, Ukraine, z_lyk@ukr.net

OCRID: 0000-0002-9685-4654

Oleksandr Danyleiko

First Category Engineer-technologist of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding

E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, 11, Kazymyr Malevych St., Kyiv, 03150, Ukraine,

First Category Engineer of the Department of Laser Systems and Advanced Technologies, E.O. Paton Educational and Research Institute of Material Science and Welding, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", St. Polytechnic, building 35, educational building 9, Kyiv, 03056, Ukraine, danyleiko.oleksandr@gmail.com

OCRID: 0000-0002-8501-0421

Nataliia Shamsutdinova

Engineer of the Department the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding

E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, 11, Kazymyr Malevych St., Kyiv, 03150, Ukraine, shamsutaliia@gmail.com

OCRID: 0000-0002-3525-0080

Bondariewa Valentyna

Deputy Head of the Department the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding

E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, 11, Kazymyr Malevych St., Kyiv, 03150, Ukraine, laser-77@online.ua

OCRID: 0000-0002-4745-0995

Oleksandr Siora

Researcher of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding

E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, 11, Kazymyr Malevych St., Kyiv, 03150, Ukraine, siora_ov@ukr.net

OCRID: 0000-0003-1927-790X

Summary. Laser melting of coatings, created with the help of thermal spraying, performed with the goal of changing their structure, is a promising technological process. At the same time, it is important to know the maximum temperatures during the different sections of the processed material, as well as the thermal cycles of the points belonging to these sections and their heating and cooling rates. Due to high temperature gradients as well as high heating and cooling rates, experimental determination of these parameters is associated with great difficulties. Despite the research, conducted in this direction (for example, pyrometrical measurement of temperatures), the obtained information does not give a complete picture of the distribution of temperature fields. For these reasons, their mathematical modeling is extremely relevant, since the obtained models will allow for usage of calculation methods to evaluate the nature of thermal fields even before conducting experiments on real samples, and, as a result, to reduce the time and resources spent on determining the optimal process parameters that will lead to the necessary structural changes in the processed material. Based on the developed mathematical model of thermal processes that occur during laser melting of coatings, created using thermal spraying, various temperature fields, as well as heating and cooling rates in the processing zone were calculated. These calculations allow for prediction of the formation of structures on the surface of the processed samples depending on the cooling rate, which, in turn, makes it possible to determine the laser radiation parameters for laser cladding of coatings with the optimal structure for the specified conditions, and, accordingly, specified physical and mechanical properties. Predictive assumptions about the development of the object of research – the use of the obtained results for the creation of laser melting of coatings technologies of Ni-Cr-B-Si and Fe-Ni-B-Si systems applied to steel and copper in the machine-building, printing industry, chemical industry and other sectors.

Key words: coatings, self-fluxing alloys, laser melting, mathematic modelling, analytical methods.

REFERENCES

1. Lesynskiy, V., Yemelyanov, O., Zarytska, O., Symak, A., & Koleshchuk, O. (2018). Substantiation of projects that account for risk in the resource-saving technological changes at enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(1), 6–16. Retrieved from: <https://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2018.149942>.
2. Alojnovich, R.R. (2021). Resource-saving technologies in cotton-growing economic efficiency indicator systems. *Plant Cell Biotechnology And Molecular Biology*, 22(7–8), 134–140. Retrieved from: <https://www.ikppress.org/index.php/PCBMB/article/view/5943>.
3. Bernatskiy, A., & Khaskin, V. (2021). The history of the creation of lasers and analysis of the impact

of their application in the material processing on the development of certain industries. *History of science and technology*, 11(1), 125–149. Retrieved from: <https://doi.org/10.32703/2415-7422-2021-11-1-125-149>.

4. Kombarov, V., Sorokin, V., Tsegelnyk, Y., Plankovskyy, S., Aksonov, Y., & Fojtů, O. (2021, September). S-Shape feedrate scheduling method with smoothly-limited jerk in cyber-physical systems. In *International Conference on Reliable Systems Engineering*. Pp. 54–68. Springer, Cham. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/978-3-030-83368-8_6.

5. Sambito, M., Severino, A., Freni, G., & Neduzha, L. (2021). A systematic review of the hydrological, environmental and durability performance of permeable pavement systems. *Sustainability*, 13(8), 4509. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su13084509>

6. Bernatsky, A.V. (2013). Laser surface alloying of steel items. *The Paton Welding Journal*, 12, 2–8. Retrieved from: <https://patonpublishinghouse.com/tpwj/pdf/2013/pdfarticles/12/2.pdf>.

7. Meghwal, A., Anupam, A., Murty, B.S., Berndt, C.C., Kottada, R.S., & Ang, A.S.M. (2020). Thermal spray high-entropy alloy coatings: a review. *Journal of Thermal Spray Technology*, 29(5), 857–893. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11666-020-01047-0>.

8. Xu, B., Jiang, P., Wang, Y., Zhao, J., & Geng, S. (2022). Heat-mass transfer and its effects on the in-situ Al/SiC reactions in aluminum welds during wobbling laser melting injection of SiC particles. *Journal of Materials Processing Technology*, 117707. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2022.117707>.

9. Mahmood, M.A., Bănică, A., Ristoscu, C., Becherescu, N., & Mihăilescu, I. N. (2021). Laser coatings via state-of-the-art additive manufacturing: A review. *Coatings*, 11(3), 296. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/coatings11030296>.

10. Thawari, N., Gullipalli, C., Chandak, A., & Gupta, T.V.K. (2021). Influence of laser cladding parameters on distortion, thermal history and melt pool behaviour in multi-layer deposition of stellite 6: In-situ measurement. *Journal of Alloys and Compounds*, 860, 157894. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.157894>.

11. Jin, B., Zhang, N., Guan, S., Zhang, Y., & Li, D. (2018). Microstructure and properties of laser re-melting FeCoCrNiAl_{0.5}Si₆ high-entropy alloy coatings. *Surface and Coatings Technology*, 349, 867–873. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.06.032>.

12. Rykalin, N.N., Uglov, A.A., Zuev, I.V., & Kokora, A.N. (1985). *Lazernaya i elektronno-luchevaya obrabotka materialov [Laser and electron-beam processing of materials]*. Moscow: Mashinostroenie.

Стаття надійшла 19.05.2022

ВПЛИВ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА НА ДІЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ

Едуард Лисенков

професор кафедри інтелектуальних інформаційних систем

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 десантників, 10, Миколаїв, Україна, 54003, ealysenkov@ukr.net

ORCID: 0000-0002-1369-4609

Олександр Стрюцький

старший науковий співробітник відділу хімії олігомерів і сітчастих полімерів

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, Харківське шосе, 48, Київ, Україна, 02160, striutskyi@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1457-2312

Полімерні наноккомпозитні матеріали, які містять наночастинки металів, привертають увагу науковців та інженерів завдяки своїм унікальним властивостям, зокрема діелектричним, що відкриває нові можливості для їх практичного застосування. Поєднання поліетиленгліколевої матриці та стабілізованих наночастинок срібла у новому матеріалі є перспективним і потребує подальшого вивчення. Тому метою даної роботи була розробка нового підходу до синтезу наночастинок срібла та створення матеріалів на основі поліетиленгліколю та стабілізованих наночастинок срібла, а також дослідження їх діелектричних характеристик. У роботі використовуються сучасні методи дослідження та аналізу полімерних наноккомпозитних матеріалів. Методом діелектричної релаксаційної спектроскопії отримано частотні залежності діелектричної проникності та діелектричних втрат досліджуваних матеріалів. У результаті було встановлено, що отримані наночастинки являють собою об'єкти типу «ядро-оболонка», всередині частинки знаходиться срібне ядро, покрите гіперрозгалуженою оболонкою іонної рідини. Стабілізовані наночастинки срібла істотно впливають на діелектричні властивості полімерної матриці при відносно низьких концентраціях наповнювача (1-2%). Діелектрична проникність і діелектричні втрати досліджуваних матеріалів значно залежали від вмісту наповнювача. Ця залежність пов'язана зі значною агрегацією наночастинок срібла у поліетиленгліколевій матриці. Використання стабілізованих наночастинок срібла дозволило досягти дуже низьких значень діелектричних втрат у матеріалах. Показано, що найбільший вплив на діелектричні властивості проявляється при вмісті 1% наповнювача. Розроблені матеріали з покращеними діелектричними властивостями можуть бути використані у майбутньому як середовища для конденсаторів з високою щільністю накопичення енергії, а також як покриття з необхідними діелектричними властивостями.

Ключові слова: наночастинки срібла, полімерні наноккомпозити, діелектрична проникність, діелектричні втрати, міжфазна поляризація.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Полімерні композитні матеріали, наповнені частинками металів, дедалі активніше використовуються у світовій практиці. Практичне застосування таких матеріалів постійно зростає, що викликано тим, що вони поєднують оптимальні властивості полімерів та неорганічних частинок [1; 2]. Особливе місце серед металополімерних композитів займають матеріали із включенням наночастинок срібла (AgNPs). Показано, що властивості наносрібла відрізняються від властивостей макро-матеріалу [3]. Для виготовлення матеріалів на основі полімеру та наночастинок срібла існують багато методів. Серед цих методів є плазмове нанесення, іонна імплантація, обробка розплаву, пошарове нанесення на волокно, лиття розчину та органо-неорганічне гібридне покриття тощо

[4]. Ці методи мають як свої переваги, так і недоліки. Тому підбір методу виготовлення є складною задачею і потребує подальшого вивчення.

Особливу увагу також приділяють вибору полімерної матриці. Цей вибір безпосередньо залежить від бажаного комплексу фізико-механічних та функціональних властивостей матеріалу. Серед матриць для створення полімерних наноккомпозитів використовують як термопластичні, так і термореактивні полімери. Поліетиленоксид або його більш низькомолекулярний гомолог поліетиленгліколь (ПЕГ), серед інших добре вивчених полімерів, є матрицею, яка добре підходить для інкапсуляції металевих наночастинок [5], таких як срібло. Так, матеріали на основі поліетиленоксиду та полівінілпропілону, наповнені наночастин-

ками срібла, при додатковому введенні неорганічної солі показали прийнятні характеристики та були перспективними для створення твердих полімерних електролітів для літєвих джерел струму [6]. Також полімерні наноккомпозити, які містять наночастинки срібла, характеризуються високою діелектричною проникністю і низькими діелектричними втратами. Такі матеріали широко використовуються в багатьох галузях, включаючи конденсатори з високою щільністю накопичення енергії та високошвидкісні інтегральні схеми, завдяки їх гнучкості та адаптованим діелектричним властивостям [7]. Для отримання матеріалів із необхідними діелектричними характеристиками використовують наночастинки срібла із модифікованою поверхнею (стабілізовані). Так, автори роботи [8] вивчали вплив стабілізованих наночастинок срібла на діелектричні властивості матеріалу на основі полівініліденфториду. Вони встановили, що після модифікації наночастинок Ag за допомогою TiO_2 діелектрична проникність при 100 Гц композитів, які містили 50 об. % наповнювача становила, 61, а діелектричні втрати знизилися до 0,04, що майже на 96,4% нижче, ніж у композитів з немодифікованими частинками срібла.

Отже, поєднання матриці поліетиленгліколю та стабілізованих наночастинок срібла у новому матеріалі є перспективним і потребує подальшого вивчення. Тому метою даної роботи є розроблення нового матеріалу на основі поліетиленоксиду та наночастинок срібла, а також дослідження його діелектричних властивостей.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА. Поліетиленгліколь (ПЕГ 1000), $\text{HO}[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}]_n\text{H}$ ($n \approx 22$) молекулярної маси $M_w = 1000$, виробництва компанії Aldrich, був обраний полімерною матрицею. При $T = 298$ К ПЕГ-1000 є твердою речовиною з густиною $\rho = 1070$ кг/м³. Температура плавлення $T_{\text{пл}} \approx 34\text{--}35$ °С.

Циклічний ангідрид 2-сульфобензойної кислоти ("Aldrich" $\geq 95\%$), N-метилімідазол ("Aldrich", 99%), AgNO_3 (фарм.) і тринатрійцитрат ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$, фарм.) використовували без додаткової очистки; гіперрозгалужений аліфатичний олігоестерполіол Boltorn®H30 ("Perstorp" Sweden) MM 3500 (еквівалентна MM олігомеру за гідроксильними групами, визначена методом ацилювання, складає 117 г/екв) очищали шляхом переосадження з ацетону в етер з наступною сушкою в вакуумі (1-3 мм.рт.ст.) при темпера-

турі 25-30°C протягом 6 год; диметилформамід (ДМФА) переганяли при залишковому тиску 1-3 мм.рт.ст, а етанол та діетиловий етер використовували без перегонки.

Синтез аніонної протонної олігомерної іонної рідини гіперрозгалуженої будови $\text{GP}-([\text{SO}_3]^-[\text{HMim}^+])_{32}$ здійснювали в дві стадії у відповідності з раніше розробленою нами методикою [9]. На першій стадії проводили вичерпне ацилювання олігоестерполіолу (містить 32 кінцеві первинні гідроксильні груп) циклічним ангідридом 2-сульфобензойної кислоти в ДМФА при 80-90°C з наступним частковим видаленням розчинника при зниженому тиску, висаджуванням продукту реакції в етер та сушкою вакуумі. На другій стадії отриманий продукт реакції нейтралізували N-метилімідазолом в етанолі за кімнатної температури з наступним частковим випарюванням розчинника, висаджуванням отриманої сполуки в етер, очисткою переосадженням зі спирту в етер та сушкою в вакуумі.

Синтез наночастинок $\text{Ag}(0)$ здійснювали відновленням іонів $\text{Ag}(I)$ в складі AgNO_3 тринатрійцитратом в присутності розробленого нами іонмісного олігомеру гіперрозгалуженої будови $\text{GP}-([\text{SO}_3]^-[\text{HMim}^+])_{32}$ як стабілізатора їх поверхні. До 0,941 г (0,002202 екв) $\text{GP}-([\text{SO}_3]^-[\text{HMim}^+])_{32}$ в 22 мл води добавляли 0,125 г (0,000734 екв) AgNO_3 в 8 мл води, перемішували суміш 10 хв за кімнатної температури, добавляли 0,731 г (0,002833 екв) $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$ в 30 мл води та перемішували ще 10 хв. Далі температуру розчину піднімали до 100°C та кип'ятили зі зворотним холодильником 1 год. При цьому колір розчину змінювався від жовтого до коричневого. Розчин фільтрували, воду випарювали при 70-75°C, отриманий у вигляді коричневого осаду продукт вакуумували при залишковому тиску 1-3 мм.рт.ст. і температурі 75-80°C, промивали етанолом та сушили в вакуумі (1-3 мм.рт.ст.) при 75-80°C. Вихід продукту 0,868 г (85,2%). Отриманий продукт являє собою коричневий порошок розчинний у воді та нерозчинний в органічних розчинниках.

На рис. 1 приведена мікрофотографія для синтезованих наночастинок срібла. На фотографії спостерігаються роєподібна структура, що складається із нанорозмірних частинок. Видно, що частинки мають структуру типу ядро-оболонка, де наночастинка срібла є ядром, а органічний стабілізатор – оболонкою. Аналіз мікрофотографій показав, що середній розмір отриманих наночастинок становить 8-10 нм.

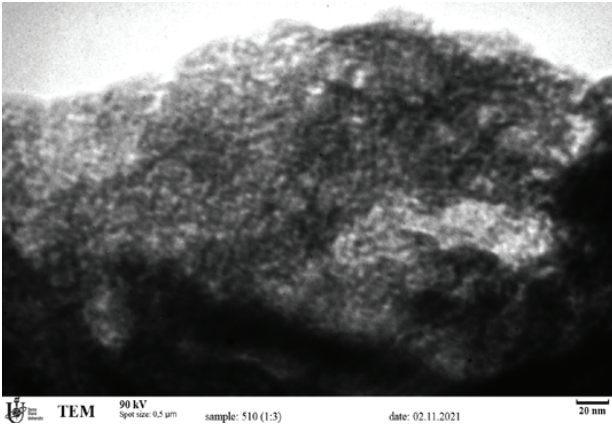


Рисунок 1 – Фотографія наночастинок срібла у порошкоподібному стані

Нанокмпозити були приготовані методом ультразвукового змішування у розплаві за допомогою ультразвукового диспергатора УЗД-А650. Час диспергування становив 5 хв, потужність – 150 Вт.

Діелектричні властивості досліджували методом діелектричної релаксаційної спектроскопії, реалізованої на базі вимірювача іммітансу Е7-20. Частотний інтервал вимірювання становив від 10 Гц до 1 МГц. Товщина зразків становила 100 мкм.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. При вивченні електрофізичних властивостей полімерних композитів особлива увага приділяється питанням, пов'язаним із процесами перенесення та накопичення заряду. З урахуванням останніх досягнень в області розробок експериментальної техніки одним із методів їх оцінки є діелектрична релаксаційна спектроскопія. Даний метод вимірює відгук досліджуваної системи, та змінюється зовнішнє електричне поле, що відображає її структурні особливості і дозволяє отримати ряд діелектричних показників, таких як комплексна $\epsilon^* = \epsilon' + j\epsilon''$ (дійсна (ϵ') та уявна (ϵ'')) діелектрична проникність, електропровідність (σ'), а також тангенс кута діелектричних втрат ($\text{tg} \delta = \epsilon''/\epsilon'$).

На рис. 2 приведена залежність діелектричної проникності від вмісту наночастинок срібла для систем на основі поліетиленгліколю. Як видно, з рис. 2 дійсна частина діелектричної проникності (ϵ') композитних матеріалів проявляє нелінійну поведінку в широкому діапазоні частот. В інтервалі частот від 10^1 до 10^4 Гц діелектрична проникність різко спадає, а в інтервалі 10^4 – 10^6 Гц майже не залежить від частоти. Високі значення діелектричної проникності при низьких частото-

тах та її різке спадання пов'язане із так званним «ефектом блокування електроду» на межі розподілу електрод-композит.

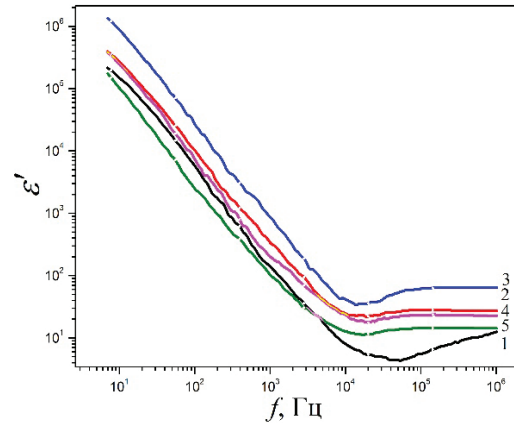


Рисунок 2 – Частотні залежності діелектричної проникності для матеріалів на основі ПЕГ-1000, які містять НЧАг: 1 – 0%; 2 – 0,5%; 3 – 1%; 4 – 1,5%; 5 – 2%.

Частотна інваріантність діелектричної проникності, ймовірно, пов'язана із структурою НЧАг, які мають ядро зі срібла та оболонку із гіперрозгалуженої іонної рідини, при цьому створюється мінімальний градієнт діелектричної проникності між матрицею та наповнювачем. Встановлено, що з підвищенням концентрації наночастинок срібла у полімерну матрицю показники діелектричної проникності також збільшуються.

Для більш зручного аналізу на рис. 3 приведений графік залежності діелектричної проникності від вмісту НЧАг при частоті 1 кГц. З рис. 3 видно, що графік залежності $\epsilon'(\varphi)$ носить екстремальний характер. Спочатку діелектрична проникність зростає зі збільшенням вмісту наповнювача, досягаючи максимум при вмісті 1 % НЧАг. Таке зростання пояснюється формуванням у полімерній матриці розгалуженого кластера із частинок срібла.

Важливу роль у зростанні діелектричної проникності відіграє Maxwell-Wagner-Sillars (MWS)-поляризація [10], яка викликана мережею розгалужених електропровідних кластерів із частинок срібла, які напряду не контактують між собою. Завдяки наявності органічної оболонки відстань між частинками недостатня для перескоку зарядів або для їх тунелювання. При накладанні зовнішнього електричного поля на поверхнях сусідніх НЧАг, які розділені непровідною полі-

мерної матрицею, накопичуються протилежні за знаком заряди. При цьому по всьому об'єму нанонаповненої системи утворюються велика кількість маленьких конденсаторів, які роблять значний вклад у діелектричну проникність систем. Максимальна поверхня наночастинок срібла у системі досягається при їх вмісті 1%. Після досягнення цієї концентрації діелектрична проникність починає спадати, при збільшенні вмісту наповнювача (рис. 3). Цей ефект пов'язаний із інтенсивною агрегацією наночастинок срібла у матриці ПЕГ-1000. При злипанні частинок значно знижується поверхня взаємодії частинка-матриця, що приводить до зниження діелектричної проникності матеріалу.

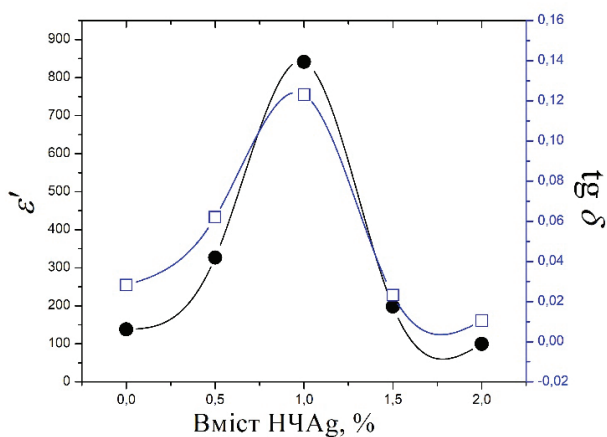


Рисунок 3 – Концентраційна залежність діелектричної проникності та діелектричних втрат при частоті 1 кГц для матеріалів на основі ПЕГ-1000.

Отже, відносна частотна інваріантність діелектричної проникності та її високе значення дозволяє використовувати отримані систем як матеріали із високою діелектричною проникністю для конденсаторів та інших електротехнічних приладів.

Діелектричні втрати ($\text{tg } \delta$) композитів на основі ПЕГ та НЧАг є досить низькими у частотному інтервалі від 10^2 до 10^5 Гц (рис. 4). Ці значення є нижчими ніж діелектричні втрати для багатьох двофазних композитних систем [11].

Для нанокompозитного матеріалу, який містить 2% наночастинок $\text{tg } \delta$ становив 0,01 при 1 кГц. Низьке значення $\text{tg } \delta$ для композитів, які містять НЧАг, пов'язано з наявністю стабілізатора (макромолекул гіперрозгалуженої іонної рідини) на поверхні наночастинок Ag, який утворює ізоляційну оболонку навколо частинки.

Оскільки наявність ізоляційної оболонки перешкоджає прямому контакту між наночастинками Ag, то це значно впливає на значення $\text{tg } \delta$. Більші значення $\text{tg } \delta$ у частотному діапазоні до 10^2 Гц для всіх досліджуваних систем зумовлені ефектом міжфазної поляризації внаслідок релаксаційних втрат, спричинених поляризацією поверхні (MWS). Висновок про наявність міжфазної поляризації підтверджується даними для діелектричної проникності (рис. 2). Різке ж зростання $\text{tg } \delta$ у високочастотному діапазоні 10^5 - 10^6 Гц вказує на наявність іншого типу релаксації, яка викликана дипольно-орієнтаційною поляризацією [12].

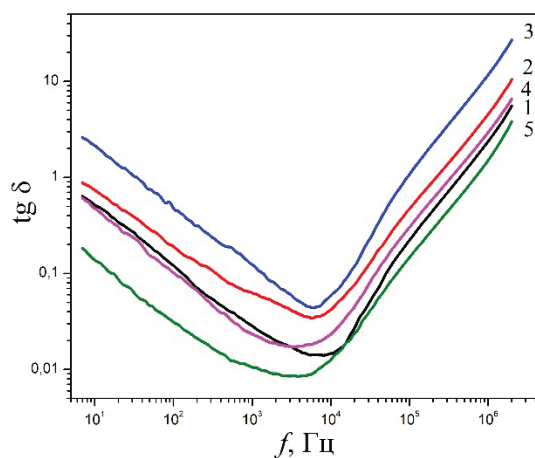


Рисунок 4 – Частотні залежності тангенса кута діелектричних втрат для матеріалів на основі ПЕГ-1000, які містять НЧАг: 1 – 0%; 2 – 0,5%; 3 – 1%; 4 – 1,5%; 5 – 2%.

Аналогічно до діелектричної проникності є поведінка залежності діелектричних втрат від вмісту наночастинок срібла (рис. 3). При цьому $\text{tg } \delta$ спочатку зростає зі зростанням вмісту наповнювача, досягаючи максимум при концентрації 1% НЧАг, після чого спостерігається зниження діелектричних втрат. Така поведінка пояснюється агрегаційними процесами у полімерному композитному матеріалі, а саме зміною поверхні взаємодії матриця-наповнювач. Ці дані підтверджують висновок про те, що при 1% вмісту НЧАг у системі наповнювач розподіляється найбільш рівномірно, що значно впливає на кінцеві діелектричні властивості матеріалу. Подальші процеси агрегації, що відбуваються при зростанні концентрації наповнювача, нівелюють вплив поверхневих поляризаційних ефектів, тому діелектричні характеристики погіршуються.

ВИСНОВКИ. У даній роботі було запропоновано новий підхід до синтезу стабілізованих наночастинок срібла та досліджено діелектричні властивості полімерних нанокompatитних матеріалів на основі поліетиленоксиду. Отримані наночастинки представляють собою об'єкти типу «ядро-оболонка», всередині частинки знаходиться ядро із срібла, вкрите оболонкою із гіперрозгалуженої іонної рідини. Встановлено, що стабілізовані наночастинки срібла суттєво впливають на діелектричні властивості полімерної матриці при відносно низьких концентраціях нанонаповнювача (~ 1-2%). При цьому діелектрична проникність та діелектричні втрати проявляють екстремальну поведінку зі збільшенням вмісту наповнювача у системі. Визначено, що найбільший вплив на діелектричні властивості досліджуваних систем спостерігається при концентрації наночастинок срібла рівній 1%. Встановлено, що у досліджуваних композитних системах має місце два типи поляризації: міжфазна та дипольно-орієнтаційна. Розроблені матеріали з покращеними діелектричними характеристиками в майбутньому можуть бути використані як середовища для конденсаторів з високою щільністю накопичення енергії, а також покриття з необхідними діелектричними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wan J., Fan B., Thang S.H. Sonochemical preparation of polymer-metal nanocomposites with catalytic and plasmonic properties. *Nanoscale Adv.* 2021. Vol. 3. P. 3306–3315.
2. Giliopoulos D., Zamboulis A., Giannakoudakis D., Bikiaris D., Triantafyllidis K. Polymer/Metal Organic Framework (MOF) Nanocomposites for Biomedical Applications. *Molecules.* 2020. Vol. 25, № 1. P. 185.
3. Olmos D., González-Benito J. Polymeric Materials with Antibacterial Activity: A Review. *Polymers (Basel).* 2021. Vol. 13, № 4. P. 613.

4. Jokar M., Loeschner K., Nafchi A.M. Modeling of Silver Migration from Polyethylene Nanocomposite Package Response Surface Methodology. *International Journal of Food Engineering.* 2016. Vol. 2, № 2. P. 96–102.

5. Farea M.O., Abdelghany A.M., Oraby A.H. Optical and dielectric characteristics of polyethylene oxide/sodium alginate-modified gold nanocomposites. *RSC Adv.* 2020. Vol. 10. P. 37621.

6. Kumar K.N., Kang M., Sivaiah K., Ravi M., Ratnakaram Y.C. Enhanced electrical properties of polyethylene oxide (PEO)+polyvinylpyrrolidone (PVP):Li⁺ blended polymer electrolyte films with addition of Ag nanofiller. *Ionics.* 2015. Vol. 22. P. 815–825.

7. Chen Q., Shen Y., Zhang S. et al. Polymer-based Dielectrics With High Energy Storage Density. *Annual Review of Materials Research.* 2015. Vol. 45. P. 433–445.

8. Jinhang D., Shunliang M., Chuntian Y., L. et al. Effect of Nano Silver Modification on the Dielectric Properties of Ag@TiO₂/PVDF Composites. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.* 2021. Vol. 36. P. 303–310.

9. Shevchenko V.V., Stryutsky A.V., Klymenko N.S. et al. Protic and aprotic anionic oligomeric ionic liquids. *Polymer.* 2014. Vol. 55, № 16. P. 3349–3359.

10. Samet M., Kallel A., Serghei A. Maxwell-Wagner-Sillars interfacial polarization in dielectric spectra of composite materials: Scaling laws and applications. *Journal of Composite Materials.* 2022. Vol. 56 (20). P. 3197–3217.

11. Wang Z., Fang M., Li H., Wen Y., Wang C., Pu Y. Enhanced dielectric properties in poly(vinylidene fluoride) composites by nanosized Ba(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃ powders. *Compos. Sci. Technol.* 2015. Vol. 117. P. 410–416.

12. Chen G., Wang X., Lin J., Yang W., Li H., Wen Y. Interfacial Polarity Modulation of KTa_{0.5}Nb_{0.5}O₃ Nanoparticles and Its Effect on Dielectric Loss and Breakdown Strength of Poly(vinylidene fluoride) Nanocomposites with High Permittivity. *J. Phys. Chem. C.* 2016. Vol. 120. P. 28423–28431.

THE EFFECT OF SILVER NANOPARTICLES ON THE DIELECTRIC PROPERTIES OF POLYMER NANOCOMPOSITES BASED ON POLYETHYLENE GLYCOL

Eduard Lysenkov

Professor of the department of intellectual information systems

Petro Mohyla Black Sea National University, 68 desantnykiv Str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003, ealysenkov@ukr.net

ORCID: 0000-0002-1369-4609

Oleksandr Strutkyi

Senior researcher of the department of chemistry of oligomers and network polymers Institute of Macromolecular Chemistry NAS of Ukraine,

Kharkivske shosse, 48, Kyiv, Ukraine, 02160, striutskyi@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1457-2312

Purpose. The combination of polyethylene glycol matrix and stabilized silver nanoparticles in the new material is promising and requires further study. Therefore, the purpose of this work was the development of a new approach to the synthesis of silver nanoparticles and the creation of materials based on polyethylene glycol and stabilized silver nanoparticles, as well as the study of its dielectric characteristics. **Methodology.** Modern methods of studying and analysis of polymer nanocomposite materials are used in the work. Dielectric relaxation spectroscopy was used to obtain frequency dependences of dielectric permittivity and dielectric loss of studied materials. **Results.** As a result, it was established that the obtained nanoparticles are core-shell objects, inside the particle is a silver core covered with a hyperbranched ionic liquid shell. Stabilized silver nanoparticles significantly affect the dielectric properties of the polymer matrix at relatively low concentrations of the nanofiller (1-2 %). Dielectric permittivity and dielectric loss of the studied materials depended extremely on the filler content. This dependence is associated with significant aggregation of silver nanoparticles in the polyethylene glycol matrix. The use of stabilized silver nanoparticles made it possible to achieve very low dielectric loss values in the materials. It is shown that the greatest effect on the dielectric properties is manifested at the content of 1% of the filler. **Originality.** A new technological approach to the synthesis of stabilized silver nanoparticles, is proposed. Materials based on polymer and silver nanoparticles with improved dielectric characteristics were created. **Practical value.** Developed materials with improved dielectric properties can be used in the future as mediums for capacitors with high energy storage density, as well as coatings with the required dielectric properties.

Key words: silver nanoparticles, polymer nanocomposites, dielectric constant, dielectric loss, interphase polarization.

REFERENCES

1. Wan J., Fan B., Thang S.H. (2021). Sonochemical preparation of polymer–metal nanocomposites with catalytic and plasmonic properties. *Nanoscale Adv.* Vol. 3. pp. 3306–3315.
2. Giliopoulos D., Zamboulis A., Giannakoudakis D., Bikiaris D., Triantafyllidis K. (2020). Polymer/Metal Organic Framework (MOF) Nanocomposites for Biomedical Applications. *Molecules.* Vol. 25, № 1. p. 185.
3. Olmos D., González-Benito J. (2021). Polymeric Materials with Antibacterial Activity: A Review. *Polymers (Basel).* Vol. 13, № 4. p. 613.
4. Jokar M., Loeschner K., Nafchi A.M. (2016). Modeling of Silver Migration from Polyethylene Nanocomposite Package Response Surface Methodology. *International Journal of Food Engineering.* Vol. 2, № 2. pp. 96–102.
5. Farea M.O., Abdelghany A.M., Oraby A.H. (2020). Optical and dielectric characteristics of polyethylene oxide/sodium alginate-modified gold nanocomposites. *RSC Adv.* Vol. 10. p. 37621.
6. Kumar K.N., Kang M., Sivaiah K., Ravi M., Ratnakaram Y.C. (2015). Enhanced electrical properties of polyethylene oxide (PEO)+polyvinylpyrrolidone (PVP):Li+ blended polymer electrolyte films with addition of Ag nanofiller. *Ionics.* Vol. 22. pp. 815–825.
7. Chen Q., Shen Y., Zhang S. et al. (2015). Polymer-based Dielectrics With High Energy Storage Density. *Annual Review of Materials Research.* Vol. 45. pp. 433–445.
8. Jinhang D., Shunliang M., Chuntian Y., L. et al. (2021). Effect of Nano Silver Modification on the Dielectric Properties of Ag@TiO₂/PVDF Composites. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.* Vol. 36. pp. 303–310.
9. Shevchenko V.V., Stryutsky A.V., Klymenko N.S. et al. (2014). Protic and aprotic anionic oligomeric ionic liquids. *Polymer.* Vol. 55, № 16. pp. 3349–3359.
10. Samet M., Kallel A., Serghei A. (2022). Maxwell-Wagner-Sillars interfacial polarization in dielectric spectra of composite materials: Scaling laws and applications. *Journal of Composite Materials.* Vol. 56 (20). pp. 3197–3217.
11. Wang Z., Fang M., Li H., Wen Y., Wang C., Pu Y. (2015). Enhanced dielectric properties in poly(vinylidene fluoride) composites by nanosized Ba(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃ powders. *Compos. Sci. Technol.* Vol. 117. pp. 410–416.
12. Chen G., Wang X., Lin J., Yang W., Li H., Wen Y. (2016). Interfacial Polarity Modulation of KTa_{0.5}Nb_{0.5}O₃ Nanoparticles and Its Effect on Dielectric Loss and Breakdown Strength of Poly(vinylidene fluoride) Nanocomposites with High Permittivity. *J. Phys. Chem. C.* Vol. 120. pp. 28423–28431.

Стаття надійшла 15.05.2022

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАНЬ РІДИНИ В РЕЗЕРВУАРАХ З ПРУЖНОЮ ОСНОВОЮ ВІНКЛЕРА**Іван Верушкін**

аспірант відділу гідроаеромеханіки енергетичних машин

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, вул. Пожарського, 2/10, Харків, 61046, Україна, e-mail: ivanveruskin86@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3837-5567**Олена Стрельнікова**

д.т.н., проф., провідний науковий співробітник відділу гідроаеромеханіки енергетичних машин

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, вул. Пожарського, 2/10, Харків, 61046, Україна, e-mail: elena15@gmx.com

ORCID: 0000-0003-0707-7214

Метою цього дослідження є розроблення методу розрахунку динамічних характеристик резервуарів для збереження рідини з урахуванням плескань вільної поверхні та впливу пружної основи. В роботі йде дослідження коливань циліндричної оболонки на пружній основі Вінклера. Припускається, що резервуар заповнений ідеальною нестисливою рідиною. За цих умов всюди за межами пластини існує потенціал швидкості, який задовольняє рівняння Лапласа, а на поверхні пластини виконується умова непротікання. Тиск рідини визначається з лінеаризованого інтеграла Коші-Лагранжа. Для рішення крайової задачі щодо потенціалу швидкості використовувалося інтегральне зображення у вигляді потенціалу подвійного шару, при цьому густина потенціалу пропорційна перепаду тиску рідини. Використано метод заданих форм, що дало змогу побудувати базисні функції для дослідження як власних, так і вимушених коливань резервуарів з рідиною. Вперше досліджені динамічні характеристики пружних резервуарів, частково заповнених рідиною, з урахуванням наявності пружної основи Вінклера. Були визначені власні форми коливань днища за допомогою функцій Бесселя першого та другого роду. Було побудовано графік залежності форм коливань від радіальної координати. Циліндричні резервуари з жорсткими вертикальними стінками та днищем на пружній основі Вінклера, які досліджувалися у роботі, мали певні геометричні й фізичні параметри та відрізнялися заповненістю оболонок. Було встановлено, що зменшення товщини оболонки призводить до зменшення частот пружних стінок, а також, що для дуже тонких пружних стінок резервуара перша частота коливань пружних стінок може бути набагато меншою, ніж частота коливань рідини в оболонці з жорсткими стінками. Зі збільшенням товщини стінки резервуара цей ефект стає незначним. Отриманий спектр частот власних коливань буде використано у проектуванні резервуарів для збереження рідини з метою відстроювання від небажаних резонансних частот.

Ключові слова: плескання рідини, резервуар на пружній основі Вінклера, метод заданих форм, метод граничних елементів.

Формулювання задачі.

Досліджуються коливання циліндричної оболонки на пружній основі Вінклера. Вважається, що резервуар частково заповнений ідеальною нестисливою рідиною. Задача полягає у визначенні частот та форм такої оболонки з урахуванням плескань вільної поверхні та коливань пружного днища. Наявність пружної основи дає змогу наближено враховувати взаємодію з ґрунтом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Резервуари для збереження нафти, питної води, хімічних речовин зазвичай мають форму циліндричних оболонок. Актуальним питанням є визначення міцності таких резервуарів, особливо у разі дії раптово прикладених навантажень. Це можуть бути сейсмічні впливи або ударні

навантаження внаслідок вибухів, падінь літаків та ін. Найчастіше вказані резервуари моделюються як жорсткі оболонки. Але на практиці ці резервуари спираються на пружний фундамент, що сприяє зменшенню вібрацій у разі зовнішніх впливів. У зазначених резервуарах за дії раптових навантажень відбуваються інтенсивні плескання рідини. Дослідженню цього явища присвячена велика кількість наукових публікацій [1; 2] та ін. Для гасіння плескань використовують різні пристрої. Так, у [3; 4] пропонується встановити горизонтальні або вертикальні перегородки, в [5] вивчено вплив покриття у вигляді пружної мембрани на частоти коливань резервуара з рідиною. Зауважимо, що наявність покриття веде до зменшення амплітуд коливань рідини під дією

інтенсивних зовнішніх навантажень. У [3] встановлено, що за деяких геометричних параметрів частоти коливань пружних стінок можуть наближатися до частот коливань вільної поверхні, що створює загрозу для безаварійної експлуатації резервуарів. Тому важливими є дослідження задач коливань резервуарів у зв'язаному формулюванні [6–8] з урахуванням пружності стінок [9] та плескань заповнювача. Треба зазначити, що частоти коливань пружних циліндричних стінок є зазвичай вищими, ніж частоти коливань днища. Тому актуальним є питання вибору характеристик пружного днища резервуара за метою зниження вібрацій [10; 11]. Для цього використовують різні моделі пружних основ [11; 12].

Розв'язання задач динаміки оболонкових конструкцій у взаємодії із середовищем потребує створення нових ефективних методів комп'ютерного моделювання. Серед них зазначимо методи інтегральних рівнянь у сполученні з розкладеннями в ряди Фур'є [13; 14], метод граничних елементів [2; 3], метод скінченних об'ємів [15], метод скінченних елементів [16].

Відокремлення не вирішених раніше частин загальної проблеми.

Зазначимо, що динамічні характеристики оболонкових конструкцій з відсіками, частково заповненими рідиною, найбільш точно можуть бути визначені експериментальним шляхом. Але проведення таких натурних експериментів є коштовною і не завжди безпечною процедурою. Тому стає актуальним проведення віртуальних комп'ютерних випробувань. У цьому дослідженні запропоновано новий ефективний метод для визначення частот та форм резервуарів, частково заповнених рідиною, з урахуванням різних факторів, таких як взаємний вплив плескань рідини та коливань пружних стінок, вплив параметрів пружної основи, рівня заповнення резервуару рідиною.

Мета дослідження.

Метою дослідження є розробка ефективного методу розрахунку частот та форм коливань резервуарів з рідиною на пружній основі Вінклера з урахуванням пружності днища та плескань вільної поверхні.

Методи, об'єкт та предмет дослідження.

Об'єкт дослідження – процеси коливань оболонкових конструкцій, частково заповнених рідиною, предмет дослідження – взаємний вплив плескань рідини та коливань днища. Методи дослідження – метод заданих форм, метод граничних елементів.

Методика дослідження.

Основні співвідношення

Побудуємо модель резервуара як жорсткої циліндричної оболонки радіусу R з пружним днищем на пружній основі Вінклера. Вважаємо, що резервуар частково заповнений ідеальною нестисливою рідиною на висоту H , рис. 1. Позначимо як S_0 вільну поверхню рідини, як S_1 – жорстку циліндричну поверхню оболонки, S_{bot} – пружну поверхню днища.

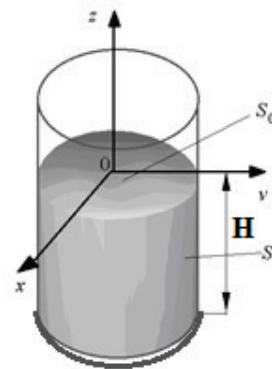


Рис. 1. Циліндричний резервуар з пружним днищем на пружній основі Вінклера

Якщо товщина h однорідної пластинки є сталою, то рівняння руху пластинки в циліндричних координатах має вигляд

$$D\Delta\Delta w + \rho_p h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + Kw = q(r,,t). \quad (1)$$

Тут $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ – циліндрична жорсткість, ρ_p – густина пластинки, K – модуль Вінклера, $q(r,,t)$ – зовнішня сила, що діє на пластину.

Якщо пластина контактує з рідиною, то

$$q(r,,t) = p(r,,t) + q_0(r,,t),$$

де $p(x,y,t)$ – тиск рідини на пластину, $q_0(r,,t)$ – сила, що збурює.

Для знаходження тиску зробимо такі припущення: рідина є ідеальною та нестисливою, а її рух безвихровий. У цих умовах існує потенціал швидкостей $\phi(x,y,z,t)$, який задовольняє рівнянню Лапласа:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0. \quad (2)$$

Зв'язок між потенціалом швидкостей та тиском визначається з лінеаризованого інтегралу Коші-Лагранжа [3]:

$$p - p_0 = -\rho_l \left[\frac{\partial \phi}{\partial t} + a_x(t)x + (g + a_z(t))\zeta \right],$$

де ρ_l – густина рідини; p_0 – атмосферний тиск, $a_x(t)$, $a_z(t)$ – компоненти пришвидшення сили, що збуджує, в горизонтальному та вертикальному напрямках, ζ – функція, що описує положення та рівень підйому вільної поверхні рідини. При цьому $a_x(t) = a_h \cos \omega_h t$, $a_z(t) = a_v \cos \omega_v t$.

Граничні умови для рівняння (1) є такими.

На жорсткій циліндричній поверхні S_1 виконується умова непротікання

$$\left. \frac{\partial}{\partial n} \right|_{S_1} = 0. \quad (3)$$

На пружному дніщі умова непротікання приймає вигляд

$$\left. \frac{\partial}{\partial n} \right|_{S_{bot}} = \frac{\partial w}{\partial t}, \quad (4)$$

де w – прогин пластинки, що знаходиться з рівняння (1) та відповідних граничних умов, що визначаються далі.

На вільній поверхні мають виконуватись кінематична та динамічна граничні умови у вигляді

$$\left. \frac{\partial}{\partial n} \right|_{S_0} = \frac{\partial \zeta}{\partial t}, p - p_0|_{S_0} = 0. \quad (5)$$

Тут функція $\zeta = \zeta(t, x, y)$ характеризує зміну рівня та положення вільної поверхні з часом, \mathbf{n} – зовнішня одинична нормаль до поверхні.

Використаємо граничні умови закріплення пластини за контуром. Введемо циліндричну систему координат (r, z) . У випадку жорсткого закріплення маємо такі граничні умови:

$$w|_{r=R} = 0, \left. \frac{dw}{dr} \right|_{r=R} = 0. \quad (6)$$

Розглянемо власні коливання системи циліндрична оболонка – рідина. При цьому $q_0(r, z, t) = 0$, $a_x(t) = a_z(t) = 0$, й рівняння (1) набуває вигляду

$$D\Delta\Delta w + \rho_p h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + Kw = -\rho_l \frac{\partial}{\partial t}. \quad (7)$$

Таким чином, треба знайти невідомі функції w , ζ , що задовольняють системі диференціальних рівнянь:

$$D\Delta\Delta w + \rho_p h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + Kw = -\rho_l \frac{\partial}{\partial t}, \quad \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} = 0 \quad (8)$$

та граничним умовам:

$$\left. \frac{\partial}{\partial n} \right|_{S_1} = 0, \left. \frac{\partial}{\partial n} \right|_{S_{bot}} = \frac{\partial w}{\partial t}, \left. \frac{\partial}{\partial n} \right|_{S_0} = \frac{\partial \zeta}{\partial t}, p - p_0|_{S_0} = 0, w|_{r=R} = 0, \left. \frac{dw}{dr} \right|_{r=R} = 0. \quad (9)$$

Для отримання однозначного розв'язку системи рівнянь (8) з граничними умовами (9) додаємо умову Неймана

$$\frac{\partial}{\partial n} dS_0 = 0. \quad (10)$$

Метод заданих форм

Для розв'язання крайової задачі (8)–(9) застосуємо метод заданих форм.

Будемо шукати переміщення пружного дніща у вигляді

$$w(x, y, t) = \sum_{k=1}^N c_k(t) w_k(x, y), \quad (11)$$

де $c_k(t)$ – невідомі коефіцієнти, які залежать лише від часу, $w_k(x, y)$ – форми коливань пружного дніща без врахування взаємодії з рідиною, N – кількість форм, що утримуються під час розрахунків.

Зобразимо потенціал швидкостей у вигляді суми двох потенціалів як $\varphi_1 + \varphi_2$. Потенціал φ_1 шукаємо у вигляді

$$\varphi_1 = \sum_{k=1}^N \dot{c}_k(t) \phi_{1k}. \quad (12)$$

Тут коефіцієнти $c_k(t)$ визначені в (11), для функцій ϕ_{1k} маємо такі крайові задачі:

$$\nabla^2 \varphi_{1k} = 0, \left. \frac{\partial \varphi_{1k}}{\partial n} \right|_{S_{bot}} = w_k, \left. \varphi_{1k} \right|_{S_0} = 0. \quad (13)$$

Зобразимо потенціал φ_2 у вигляді ряду по власних формах коливань рідини в жорсткому резервуарі

$$\varphi_2 = \sum_{k=1}^M \dot{d}_k(t) \phi_{2k} \quad (14)$$

де $d_k(t)$ – невідомі коефіцієнти, які залежать лише від часу, ϕ_{2k} – базисні функції, M – кількість форм, що утримуються під час розрахунків.

Для функцій ϕ_{2k} формулюємо крайові задачі таким чином:

$$\nabla^2 \varphi_{2k} = 0, \left. \frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial n} \right|_{S_1} = 0, \left. \frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial n} \right|_{S_{bot}} = 0, \left. \frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial n} \right|_{S_0} = \frac{\partial}{\partial t}, \frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial t} + g\zeta = 0. \quad (15)$$

При цьому на вільній поверхні маємо співвідношення

$$\frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial n} = \frac{\chi_k^2}{g} \varphi_{2k}, \quad (16)$$

де χ_k – частоти власних коливань вільної поверхні рідини.

Рівняння вільної поверхні при цьому набуває вигляду

$$\zeta = \zeta(x, y, t) = \sum_{k=1}^N c_k \frac{\partial \varphi_{1k}}{\partial n} + \sum_{k=1}^M d_k \frac{\partial \varphi_{2k}}{\partial n}, \quad (17)$$

а для потенціалу швидкостей маємо

$$(x, y, z, t) = \sum_{k=1}^N \dot{c}_k + \sum_{k=1}^M \dot{d}_k. \quad (18)$$

Далі крайову задачу зведено до системи диференціальних рівнянь. Зауважимо, що

для сумарного потенціалу ϕ_{1+2} виконані такі співвідношення:

$$\Delta\phi = 0, \quad \left. \frac{\partial}{\partial n} \right|_{S_{\text{bot}}} = \frac{\partial w}{\partial t}, \quad \left. \frac{\partial}{\partial n} \right|_{S_1} = 0, \quad \left. \frac{\partial}{\partial n} \right|_{S_0} = \frac{\partial}{\partial t}.$$

Таким чином, для остаточного розв'язання початково-крайової задачі (8) з граничними умовами (9) залишилось задовольнити першому з рівнянь системи (8) та динамічній граничній умові на вільній поверхні, яка описується рівнянням:

$$p - p_0 = -\rho_l \left[\frac{\partial}{\partial t} + a_x(t)x + (g + a_z(t))\zeta \right] = 0.$$

Тобто на вільній поверхні має виконуватись таке співвідношення:

$$\sum_{k=1}^N c_{k1k} + \sum_{k=1}^M d_{k2k} + (g + a_z(t)).$$

Коли вивчаються власні коливання, вважаємо, що $a_x(t) = a_z(t) = 0$, тобто отримаємо:

$$\sum_{k=1}^N c_{k1k} + \sum_{k=1}^M d_{k2k} + g. \quad (19)$$

Форми коливань пружного днища без врахування взаємодії з рідиною є розв'язками рівняння

$$D\Delta\Delta w + \rho_p h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + Kw = 0$$

у припущенні, що $w(t, x, y) = \exp(it)w(x, y)$.

Позначимо як $w_k(x, y)$ форми коливань, що відповідають власним частотам $\Omega_k (k=1, 2, \dots)$. Ці форми задовольняють таким диференціальним рівнянням:

$$D\Delta\Delta w_k + Kw_k = 0. \quad (20)$$

Після підстановки (11) в перше з рівнянь (8) отримуємо таку рівність:

$$\rho_p h \sum_{k=1}^N c_k w_k + D \sum_{k=1}^N c_k \Delta\Delta w_k + K \sum_{k=1}^N c_k w_k = (21)$$

$$\rho_l \left(\sum_{k=1}^N c_{k1k} + \sum_{k=1}^M d_{k2k} \right).$$

З рівності (20) знаходимо, що

$$D\Delta\Delta w_k + Kw_k = \rho_p h^2 w_k.$$

З урахуванням цього співвідношення рівняння (21) прийме вигляд

$$\rho_p h \sum_{k=1}^N.$$

Таким чином, отримано систему диференціальних співвідношень

$$\rho_p h \sum_{k=1}^N,$$

$$\sum_{k=1}^N c_{k1k} + \sum_{k=1}^M d_{k2k} + g.$$

Зауважимо, що перше з них виконується на пружному днищі, а друге – на вільній поверхні. З використанням граничних умов будемо мати

$$\sum_{k=1}^M d_{k2k} + g \left(\sum_{k=1}^N c_k \frac{\partial_{1k}}{\partial n} + \frac{1}{g} \sum_{k=1}^M d_k \chi_{k2k}^2 \right) = 0.$$

Остаточно отримуємо такі співвідношення для знаходження невідомих, залежних лише від часу коефіцієнтів $c_k(t), d_k(t)$:

$$\rho_p h \sum_{k=1}^N, \quad (22)$$

$$\sum_{k=1}^M d_{k2k} + g \left(\sum_{k=1}^N c_k \frac{\partial_{1k}}{\partial n} + \frac{1}{g} \sum_{k=1}^M d_k \chi_{k2k}^2 \right) = 0.$$

Виконаємо скалярний добуток першого з рівнянь у (22) на функції w_l , а другого на функції w_l та отримаємо систему диференціальних рівнянь

$$\rho_p h \sum_{k=1}^N = 0 \quad (23)$$

$$\sum_{k=1}^M d_k (w_{k2l}) + g.$$

Якщо розглядаються вільні коливання, то до системи (23) треба додати початкові умови, тобто

$$c_k(0) = c_{k0}, \dot{c}_k(0) = \dot{c}_{k1}, d_k(0) = d_{k0}, \dot{d}_k(0) = \dot{d}_{k1}. \quad (24)$$

У разі знаходження власних частот та форм коливань вважаємо, що

$$c_k(t) = C_k \exp(it), \quad d_k(t) = D_k \exp(it) \quad (25)$$

і приходимо до проблеми власних значень. Далі будемо отримувати три системи базисних функцій, а саме w_l, w_{1l}, w_{2l} .

Визначення власних форм коливань рідини

Базисні функції w_l та відповідні їм власні частоти Ω_l визначаються шляхом розв'язання крайової задачі (15). Зауважимо, що внаслідок кругової симетрії конструкції, що розглядається, обидва рівняння в (8) можуть бути зображені у вигляді добутків тригонометричних функцій $\cos m$ на функції, що залежать від r та z . Тут m – хвильове число, або кількість вузлових діаметрів. Для жорсткої циліндричної оболонки радіусу R з рівнем заповнення H , рис. 1, власні функції w_{2k} та частоти власних коливань χ_k отримаємо за формулами [3]:

$$\frac{\chi_k}{g} = \frac{k}{R} \tanh\left(\frac{H}{R}\right),$$

$$w_{2k} = J_m\left(\frac{k}{R}r\right) \frac{\cosh\left(\frac{k}{R}(z+H)\right)}{\cosh\left(\frac{k}{R}H\right)} \cos m, \quad (26)$$

де J_m – функції Бесселя першого роду, χ_k – корені рівняння $J_m(x) = 0$.

Надалі будемо розглядати крайові задачі для кожного хвильового числа окремо. Зауважимо, що у співвідношеннях (22) можна при цьому про-

вести скорочення на $\cos m$. При цьому маємо такі співвідношення ортогональності:

$$\int_0^R J_m\left(\frac{k}{R}r\right) J_m\left(\frac{l}{R}r\right) dr = 0, kl; \int_0^R J_m^2\left(\frac{k}{R}r\right) dr = \frac{R^2}{2} \left[\left(1 - \frac{m^2}{k^2}\right) J_m^2\left(\frac{k}{R}r\right) \right].$$

У таблиці 1 наведені значення коренів рівнянь $J_m(x) = 0$ за різних m .

З даних таблиці бачимо, що найнижчі частоти будуть відповідати першій гармоніці, $m=1$.

З використанням співвідношень ортогональності спростимо друге рівняння в (23) таким чином:

$$d_l + \frac{\chi_l^2}{g} d_l + \frac{g}{B_{lm}} \sum_{k=1}^N \left(c_k \frac{\partial_{1k}}{\partial n} \right) = 0, \quad (27)$$

де $B_{km} = \int_0^R J_m^2\left(\frac{k}{R}r\right) dr = \frac{R^2}{2} \left[\left(1 - \frac{m^2}{k^2}\right) J_m^2\left(\frac{k}{R}r\right) \right]$, m – хвильове число.

Визначення власних форм коливань днища

Базисні функції w_l та відповідні їм власні частоти λ_l визначаються шляхом розв'язання спектральної задачі

$$D\Delta\Delta w_k + (K\rho_p h^2) w_k = 0, \quad (28)$$

$$w|_{r=R} = 0, \frac{dw}{dr}|_{r=R} = 0. \quad (29)$$

Оскільки рівняння (28) допускає розв'язки у вигляді

$$w_{km}(r) = F_k(r) \cos m,$$

то з огляду рівнянь (28), (29) робимо висновок про те, що рівняння (28) допускає скорочення на $\cos m$.

Спочатку розглянемо випадок аксіально-симетричних коливань, тобто припустимо, що $m=0$. Введемо таке позначення

$$\alpha = \frac{\rho_p h K}{D}.$$

Рівняння (28) приймає вигляд $(\Delta - \alpha^2)(\Delta + \alpha^2)F = 0$ та може бути зображено у вигляді системи

$$\frac{d^2 F}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dF}{dr} - \alpha^2 F = 0, \quad (30)$$

$$\frac{d^2 F}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dF}{dr} + \alpha^2 F = 0. \quad (31)$$

Розв'язками рівняння (30) є функції Бесселя першого та другого роду нульового порядку $J_0(\alpha r)$ та $Y_0(\alpha r)$, а розв'язками рівняння (31) є модифіковані функції Бесселя першого та другого роду нульового порядку $I_0(\alpha r)$ та $K_0(\alpha r)$. Таким чином, загальний розв'язок рівняння (28) має вигляд

$$F(r) = aJ_0(\alpha r) + bY_0(\alpha r) + cI_0(\alpha r) + dK_0(\alpha r),$$

де a, b, c, d – сталі.

Оскільки при $r \rightarrow 0$ функції $Y_0(\alpha r)$ та $K_0(\alpha r)$

нескінченно зростають, вважаємо, що $b=0, d=0$, щоб уникнути нефізичних переміщень. Для визначення сталих a, c використаємо граничні умови закріплення пластини за контуром. У випадку жорсткого закріплення маємо такі граничні умови:

$$F|_{r=R} = 0, \frac{dF}{dr}|_{r=R} = 0.$$

З цих умов випливає, що

$$\begin{cases} aJ_0(\alpha R) + cI_0(\alpha R) = 0 \\ aJ_1(\alpha R) + cI_1(\alpha R) = 0 \end{cases} \quad (32)$$

Для того щоб система (32) мала ненульовий розв'язок, необхідно, щоб визначник цієї системи дорівнював нулю. Тому отримуємо характеристичне рівняння для знаходження невідомої величини α

$$\begin{vmatrix} J_0(\alpha R) & I_0(\alpha R) \\ J_1(\alpha R) & I_1(\alpha R) \end{vmatrix} = J_0(\alpha R)I_1(\alpha R) - I_0(\alpha R)J_1(\alpha R) = 0. \quad (33)$$

Позначимо $\lambda = \alpha R$. В таблиці 2 наведені значення 6 перших коренів рівняння (33) при $m=0$.

Співвідношення між сталими a та c у рівнянні для w для кожного α_k знаходимо із рівності

$$a_k J_0(\alpha_k R) + c_k I_0(\alpha_k R) = 0 \Rightarrow c_k = -a_k \frac{J_0(\alpha_k R)}{I_0(\alpha_k R)}.$$

Таким чином, отримано залежності форм власних коливань круглої пластинки від r у вигляді

$$w_k(r) = J_0(\alpha_k r) - \frac{J_0(\alpha_k R)}{I_0(\alpha_k R)} I_0(\alpha_k r). \quad (34)$$

На рисунку 1 зображені функції, що визначені формулою (34) при $R=1$ для різних k залежно від r при $m=0$.

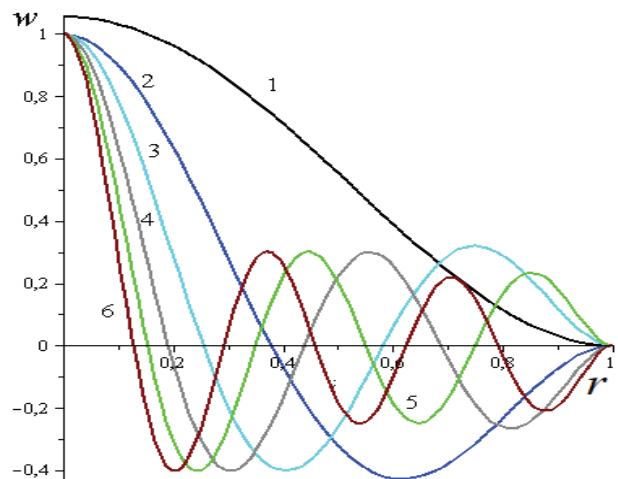


Рис. 1 Залежності форм коливань від радіальної координати

Цифрами 1–6 тут позначені форми, що відповідають значенням $\lambda_k = \alpha_k$, що наведені

Таблиця 1

Характеристичні числа

k	m=0	m=1	m=2	m=3
1	3.831705970	1.841183781	3.054236928	4.201188941
2	7.015586670	5.331442775	6.706133195	8.015236600
3	10.17346814	8.536316365	9.969467825	11.34592431
4	13.32369194	11.70600490	13.17037086	14.58584829
5	16.47063005	14.86358863	16.34752232	17.78874787
6	19.61585851	18.01552786	19.51291278	20.97247694

Таблиця 2

Значення коренів характеристичного рівняння (33) та сталих c_k

k	λ_k	c_k
1	3.196220616	0.1018870979
2	6.306437050	0.0506907858
3	9.439499140	0.0337792448
4	12.57713064	0.0253319976
5	15.71643853	0.0202649244
6	18.85654552	0.0168871927

Таблиця 3

Значення скалярних добутоків $(w_l, |2k)$

k/l	1	2	3	4	5	6
1	0.062175	-0.002222	0.000404	-0.000119	0.0000459	-0.000021
2	0.030527	0.0369651	-0.002831	0.007554	-0.000282	0.0001273
3	-0.015242	0.0159007	0.026325	-0.002707	0.0008747	-0.000375
4	0.0098645	-0.008068	0.010601	0.0204379	-0.002457	0.0008892
5	-0.007085	0.0054783	-0.005309	0.0079168	0.0167006	-0.002212
6	0.0054112	-0.004104	0.003659	-0.003901	0.00630544	0.0141181

в таблиці 1. Перевіркою ортогональності форм власних коливань $w_m(r)$ встановлено, що $(w_k(r), w_l(r)) = c_k \delta_{kl}$, де значення сталих c_k наведені в таблиці 1. З використанням отриманих умов ортогональності та виразів (26) для функцій $_{2k}(r)$ та (34) для функцій $w_k(r)$ при $z = -H$ отримуємо значення скалярних добутоків $(_{2k}, w_l)$ у першому з рівнянь (23).

З даних таблиці 3 можна зробити висновок, що найбільший внесок дають скалярні добутки при $k, l=1, 2, 3$.

Визначення базисних функцій $_{1k}$

Для побудови базисних функцій $_{1k}$ сформулюємо крайові задачі [3]

$$\nabla^2_{1k} = 0 \quad \frac{\partial \phi}{\partial n} \nu \sigma = w_k, w_k = (u_k, n),$$

$$\left. \frac{1k}{n} \right|_{S_1} = w_k, \left. \frac{1k}{n} \right|_{S_0} = 0. \quad (35)$$

Будемо шукати гармонічні функції $_{1k}$ у вигляді суми потенціалів простого та подвійного шарів, як у роботі [3], тобто використовуємо пряме формулювання методу граничних інтегральних рівнянь

$$2\pi_{1k}(P_0) = \frac{\partial_{1k}}{s} \frac{1}{|P-P_0|} dS - \frac{\partial}{s_{1k}} \frac{1}{\partial n |P-P_0|} S = S_1 S_0. \quad (36)$$

З використанням подання (36) зводимо крайові задачі (35) до систем сингулярних інтегральних рівнянь. Сингулярні інтеграли типу Коші та інтеграли з логарифмічними особливостями обчислюємо за методикою, розробленою в [17; 18].

Обговорення отриманих результатів.

Після побудови необхідних систем базисних функцій приходимо до зв'язаної динамічної задачі. Згідно з [19] вважаємо, що коефіцієнт Вінклера K наближено обчислюється за формулою

$$K = \frac{2(1-\nu_1)GR^4}{(1-2\nu_1)h}, G = \frac{E_1}{2(1+\nu_1)}, \quad (37)$$

де G , E_1 та ν_1 – модулі зсуву, Юнга та коефіцієнт Пуассона матеріалу ґрунту, h – товщина днища резервуару.

Далі розглядаємо циліндричний резервуар з жорсткими вертикальними стінками та днищем на пружній основі Вінклера у разі часткового заповнення ідеальною нестисливою рідиною. Вважаємо, що циліндрична оболонка має плоске днище та такі геометричні й фізичні параметри: радіус $R = 1$ м, висота $L = 2$ м, модуль Юнга $E = 2.06 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$, густина матеріалу оболонки $\rho_s = 7850$ кг/м³,

густина рідини $\rho_l = 1000 \text{ кг/м}^3$, рівень наповнення $H = 1.0 \text{ м}$. Розглядаємо різні значення товщини h у разі фіксованих значень коефіцієнта Пуассона $\nu = 0.4$ та модуля пружності $E_1 = 2.62 \text{ МПа}$.

У табл. 4 наведені числові значення власних частот коливань для порожніх та заповнених рідиною циліндричних пружних резервуарів, без врахування впливу пружної основи. Тут коефіцієнти n_s, n_L вказують на номери форм оболонки та рідини, що враховуються у зв'язаних коливаннях, J – номер зв'язаної форми коливань. Для числового моделювання використано чотири форми коливань оболонки та п'ять форм плескань.

Ці дані показують різницю між частотами заповнених та порожніх оболонок. Зі збільшенням номера частоти ця різниця поступово зменшується. Частоти коливань, що відносяться до пружних стінок, істотно перевищують частоти, пов'язані з плесканнями.

Зменшення товщини оболонки призводить до зменшення частот пружних стінок. Частоти порожніх та заповнених рідиною резервуарів для різної товщини наведені в табл. 5. Результати свідчать про те, що найнижчі частоти пружних оболонок зменшуються зі зменшенням товщини. Отже, для дуже тонких пружних стінок резервуара перша частота коливань пружних стінок може бути набагато меншою, ніж частота коливань рідини в оболонці з жорсткими стінками. Зі збільшенням товщини стінки резервуара цей ефект стає незначним.

У табл. 6 наведені найнижчі частоти аксіально-симетричних коливань пружної оболонки ($n = 0$) на пружній основі Вінклера.

З результатів, наведених у таблиці 6, робимо висновок, що у разі врахування пружної основи Вінклера відбувається збільшення найнижчих частот пружних стінок, й не спостерігається явище небезпечного зближення частот коливань пружних стінок та плескань рідини. Тому у разі дослідження коливань тонких оболонок, частково

Таблиця 4

Частоти порожніх та наповнених рідиною пружних резервуарів, $n = 0, 1$, Гц

J	n = 0				n = 1			
	n_s	n_L	Оболонка без рідини	Оболонка з рідиною	n_s	n_L	Оболонка без рідини	Оболонка з рідиною
1		1		0,9739		1		0,6418
2		2		1,3208		2		1,1509
3		3		1,5909		3		1,4564
4		4		1,8209		4		1,7054
5		5		2,0249		5		1,9212
6	1	1,2	23,233	7,6591	1,2		48,520	21,902
7	2,1		91,101	43,308	2,1		139,70	79,712
8	3,2		205,25	117,03	3,2,1		232,44	178,42
9	4,3,2		365,79	230,31	4,3		277,30	210,00

Таблиця 5

Залежність частот від товщини оболонки

J	Пуста оболонка, Гц				Оболонка з рідиною, Гц			
	$h, \text{ м}$							
	0,01	0,005	0,003	0,0015	0,01	0,005	0,003	0,0015
6	23,233	11,838	7,1805	3,6308	5,5213	2,8187	1,7096	0,8644
7	40,482	20,612	12,495	6,3132	15,172	7,9277	4,8058	1,5780
8	91,101	46,271	28,023	14,153	43,769	22,249	13,479	7,0064
9	205,25	100,01	62,922	31,747	119,14	58,148	36,587	15,716
10	213,55	109,10	66,127	31,778	168,05	85,909	52,069	18,692

Таблиця 6

Частоти аксіально-симетричних коливань пружної оболонки на пружній основі Вінклера

J	Пуста оболонка, Гц				Оболонка з рідиною, Гц			
	$h, \text{ м}$							
	0,01	0,005	0,003	0,0015	0,01	0,005	0,003	0,0015
6	25,336	13,254	12,692	18,353	6,381	3,330	3,305	4,634
7	42,132	21,793	15,852	15,558	15,974	8,0714	5,8718	5,7621
8	92,081	47,429	29,406	23,073	43,769	22,589	14,003	10,984

заповнених рідиною, доцільно використовувати методи, що дозволяють наближено враховувати вплив ґрунту та дають уточнені оцінки частот.

Висновки.

Розроблена методика наближеного обчислення впливу ґрунту як пружної основи Вінклера у разі коливань циліндричного резервуара, частково заповненого рідиною, за врахування взаємного впливу коливань рідини та пружного днища. Окремо знаходяться частоти та форми коливань рідини в жорсткому резервуарі та частоти та форми коливань днища. Ці форми використовуються як базисні функції для розв'язання задачі у зв'язаному формулюванні. Отримані дані можуть бути використані для проектування резервуарів та сховищ рідини за необхідності відстроювання від небажаних резонансних частот.

ЛІТЕРАТУРА

- Zang Q., Liu J., Lu L., Lin G. A. NURBS-based isogeometric boundary element method for analysis of liquid sloshing in axisymmetric tanks with various porous baffles. *European Journal of Mechanics-B/Fluids*. Vol. 81, 2020, pp. 129–150.
- Strelnikova E., Kriutchenko D., Gnitko V., Degtyarev K. Boundary element method in nonlinear sloshing analysis for shells of revolution under longitudinal excitations. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. Vol. 111, 2020, pp. 78–87. DOI: 10.1016/j.enganabound.2019.10.008.
- Strelnikova E., Choudhary N., Kriutchenko D., Gnitko V., Tonkonozhenko A. Liquid vibrations in circular cylindrical tanks with and without baffles under horizontal and vertical excitations. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. Vol. 120, 2020, P. 13–27. DOI: 10.1016/j.enganabound.2020.07.02m.
- Sun Y., Zhou D., Wang J. An equivalent mechanical model for fluid sloshing in a rigid cylindrical tank equipped with a rigid annular baffle. *Applied Mathematical Modelling*. Vol. 72, 2019, P. 569–587.
- Choudhary N., Kumar N., Strelnikova E., Gnitko V., Kriutchenko D., Degtyariev K. Liquid vibrations in cylindrical tanks with flexible membranes. *Journal of King Saud University – Science*. Vol. 33(8), 2021, 101589, URL: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101589>.
- Lewiński P.M. Accuracy assessment of linear elasticity solution for interaction of cylindrical tank with subsoil. *Bulletin of the Polish academy of sciences technical sciences*. Vol. 69(1), 2021, e136039. DOI: 10.24425/bpasts.2021.136039.
- Kodanda R.R.P., Reddy S.R.K., Swaroop A.H.L., Nagarjuna K. Seismic behavior of existing elevated water tanks resting on different type of foundations. *Earth and Environmental Science*. Vol. 982, 2022, 012082. DOI: 10.1088/1755-1315/982/1/012082.
- Silva R.L.C., Marques G.B., Lages E.N., Marques S.P.C. Analytical study of cylindrical tanks including soil-structure interaction. *Structures and Materials Journal*. Vol. 12(1), 2019, P. 14–22. DOI:10.1590/S1983-41952019000100003.
- Kondratov D.V., Mogilevich L.I., Popov V.S., Popova A.A. Hydroelastic Oscillations of a Circular Plate, Resting on Winkler Foundation, *Journal of Physics: Conf. Series*. Vol. 944, 2017, 012057. DOI: 10.1088/1742-6596/944/1/012057.
- Hotala E., Ignatowicz R. Effect of settlement of foundations on the failure risk of the bottom of cylindrical steel vertical tanks for liquids. *Studia Geotechnica et Mechanica*. Vol. 41(3), 2019, P. 171–176. DOI: 10.2478/sgem-2019-0017.
- Bochkarev S.A. Natural Vibrations of a Cylindrical Shell with Fluid Partly Resting on a Two-Parameter Elastic Foundation. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*. Vol. 22(06), 2022, DOI: 10.1142/S0219455422500717.
- Tran M.-T., Nguyen V.-L., Pham S.-D., Rungamornra J. Free vibration of stiffened functionally graded circular cylindrical shell resting on Winkler–Pasternak foundation with different boundary conditions under thermal environment. *Acta Mechanica*. Vol. 231(1049), 2020, DOI: 10.1007/s00707-020-02658-y.
- Угрімов С.В., Сметанкіна Н.В., Шупіков О.М. Математичне моделювання процесу нестационарного деформування багатошарового оскління при розподілених та локалізованих силових навантаженнях. *Вестник Херсонського національного технічного університету*. № 3(58), 2016. С. 408–413.
- Smetankina N., Kravchenko I., Merculov V., Ivchenko D., Malykhina A. Modelling of bird strike on an aircraft glazing. / In: Nechyporuk, M., Pavlikov, V., Kritskiy, D. (eds.). *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering. Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer, Cham. Vol. 1113, 2020, P. 289–297. DOI: 10.1007/978-3-030-37618-5_25.
- Rusanov A., Shubenko A., Senetskiy O., Babenko O., Rusanov R. Heating modes and design optimization of cogeneration steam turbines of powerful units of combined heat and power plant. *Energetika*. Vol. 65(1), 2019, P. 39–50. DOI.org/10.6001/energetika.v65i1.3974.
- Wang T., Li W., Wu Z., Zhang J. Sloshing analysis and mechanical modeling of liquid cargo during lifting. *Procedia Computer Science*. Vol. 183, 2021. P. 655–660. DOI: doi.org/10.1016/j.procs.2021.02.111.
- Naumenko V., Strelnikova H. Singular integrals accuracy of calculations in two-dimensional problems using boundary element methods. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. Vol. 26(1), 2002. P. 95–98. DOI: 10.1016/S0955-7997(01)00041-8.
- Karaiev A., Strelnikova E. Singular integrals in axisymmetric problems of elastostatics. *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing*. Vol. 11(01), 2020. 2050003. DOI: 10.1142/S1793962320500038.
- Dillard D.A., Mukherjee B., Karnal P., Batra R. C., and Frechette J. A review of Winkler's foundation and its pro-

found influence on adhesion and soft matter applications. *Soft Matter*. Vol. 14, 2018. P. 36–69.

20. Yang H., Zhong Z., Wang X., Zhang Q. Elastic Modulus Calculation Model of a Soil-Rock Mixture at

Normal or Freezing Temperature Based on Micromechanics Approach. *Advances in Materials Science and Engineering*. ID 576080, 2015. P. 1–10. DOI:10.1155/2015/576080.

COMPUTER SIMULATION OF LIQUID VIBRATIONS IN TANKS RESTING ON THE WINKLER FOUNDATION

Ivan Vierushkin

PhD student, Department of hydroaerodynamics of power machines

A. Pidhorny Institute of Mechanical Engineering Problems NASU, Pozharsky, st. 2/10, Kharkiv, 61046, Ukraine, e-mail: ivanveruskin86@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3837-5567

Olena Strelnikova

DSc, Prof., leading researcher, Department of hydroaerodynamics of power machines

A. Pidhorny Institute of Mechanical Engineering Problems NASU, Pozharsky st., 2/10, Kharkiv, 61046, Ukraine, e-mail: elena15@gmx.com

ORCID: 0000--0003-0707-7214

The purpose of this study is to develop a method for calculating the dynamic characteristics of liquid storage tanks, taking into account splashing of the free surface and the influence of the elastic base. In the work, the oscillations of a cylindrical shell on an elastic Winkler base are studied. It is assumed that the tank is filled with an ideal incompressible fluid. Under these conditions, there is a velocity potential everywhere outside the plate that satisfies Laplace's equation, and the no-flow condition is fulfilled on the surface of the plate. Fluid pressure is determined from the linearized Cauchy-Lagrange integral. When solving the boundary value problem regarding the velocity potential, an integral image in the form of a double layer potential was used, while the potential density is proportional to the fluid pressure drop. The method of given forms was used, which made it possible to construct basis functions for the study of both natural and forced oscillations of tanks with liquid. For the first time, the dynamic characteristics of elastic tanks partially filled with liquid were investigated, taking into account the presence of an elastic Winkler base. The eigenforms of the bottom oscillations were determined using Bessel functions of the first and second kind. The dependence of the vibration forms on the radial coordinate was plotted. Cylindrical tanks with rigid vertical walls and a bottom on an elastic Winkler base, which were studied in the work, had certain geometric and physical parameters and differed in the filling of the shells. It was found that decreasing the thickness of the shell leads to a decrease in the frequencies of the elastic walls, and also that for very thin elastic walls of the tank, the first frequency of oscillation of the elastic walls can be much lower than the frequency of oscillation of the fluid in the shell with rigid walls. As the thickness of the tank wall increases, this effect becomes insignificant. The obtained spectrum of frequencies of natural oscillations will be used in the design of tanks for storing liquid in order to tune from unwanted resonant frequencies.

Key words: liquid sloshing, reservoir on an elastic Winkler foundation, method of given modes, boundary element method.

REFERENCES

1. Zang, Q., Liu, J., Lu, L., Lin, G.A. (2020). NURBS-based isogeometric boundary element method for analysis of liquid sloshing in axisymmetric tanks with various porous baffles. *European Journal of Mechanics-B/Fluids*, vol. 81, pp. 129–150.

2. Strelnikova, E., Kriutchenko, D., Gnitko, V., Degtyarev, K. (2020). Boundary element method in nonlinear sloshing analysis for shells of revolution under longitudinal excitations. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, vol. 111, 2020, pp. 78–87. DOI: 10.1016/j.enganabound.2019.10.008.

3. Strelnikova, E., Choudhary, N., Kriutchenko, D., Gnitko, V., Tonkonozhenko, A. (2020). Liquid vibrations in circular cylindrical tanks with and without baffles under

horizontal and vertical excitations. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, vol. 120, P. 13–27. DOI: 10.1016/j.enganabound.2020.07.02m.

4. Sun, Y., Zhou, D., Wang, J. (2019). An equivalent mechanical model for fluid sloshing in a rigid cylindrical tank equipped with a rigid annular baffle. *Applied Mathematical Modelling*, vol. 72. P. 569–587.

5. Choudhary, N., Kumar, N., Strelnikova, E., Gnitko, V., Kriutchenko, D., Degtyariv, K. (2021). Liquid vibrations in cylindrical tanks with flexible membranes. *Journal of King Saud University – Science*, vol. 33(8), 101589, Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101589>.

6. Lewiński, P.M. (2021). Accuracy assessment of linear elasticity solution for interaction of cylindrical tank with subsoil. *Bulletin of the Polish academy of sciences*

technical sciences, vol. 69(1), e136039. DOI: 10.24425/bpasts.2021.136039

7. Kodanda Rama Rao P., Reddy, S.R.K., Swaroop, A.H.L., Nagarjuna, K. (2022). Seismic behavior of existing elevated water tanks resting on different type of foundations. *Earth and Environmental Science*, vol. 982, 012082. DOI: 10.1088/1755-1315/982/1/012082.

8. Silva, R.L.C., Marques, G.B., Lages, E.N., Marques, S.P.C. (2019). Analytical study of cylindrical tanks including soil-structure interaction. *Structures and Materials Journal*, vol. 12(1). P. 14–22. DOI: 10.1590/S1983-41952019000100003.

9. Kondratov, D.V., Mogilevich, L.I., Popov, V.S., Popova, A.A. (2017). Hydroelastic Oscillations of a Circular Plate, Resting on Winkler Foundation. *Journal of Physics: Conf. Series*, vol. 944, 012057. DOI: 10.1088/1742-6596/944/1/012057.

10. Hotala, E., Ignatowicz, R. (2019). Effect of settlement of foundations on the failure risk of the bottom of cylindrical steel vertical tanks for liquids. *Studia Geotechnica et Mechanica*, vol. 41(3). P. 171–176. DOI: 10.2478/sgem-2019-0017.

11. Bochkarev, S.A. (2022). Natural Vibrations of a Cylindrical Shell with Fluid Partly Resting on a Two-Parameter Elastic Foundation. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*. Vol. 22(06). DOI: 10.1142/S0219455422500717.

12. Tran, M.-T., Nguyen, V.-L., Pham, S.-D., Rungamornra, J. (2020). Free vibration of stiffened functionally graded circular cylindrical shell resting on Winkler–Pasternak foundation with different boundary conditions under thermal environment. *Acta Mechanica*. Vol. 231(1049) DOI: 10.1007/s00707-020-02658-y.

13. Ugrimov, S.V. Smetankina, N.V., Shupikov, O.M. (2016). Mathematical modeling of the process of non-stationary deformation of multilayer glazing under distributed and localized force loads. *Bulletin of*

the Kherson National Technical University. No. 3(58), P. 408–413.

14. Smetankina, N., Kravchenko, I., Merculov, V., Ivchenko, D., Malykhina, A. (2020). Modelling of bird strike on an aircraft glazing. In: Nechyporuk, M., Pavlikov, V., Kritskiy, D. (eds.). *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering. Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer, Cham, vol. 1113. P. 289–297. DOI: 10.1007/978-3-030-37618-5_25.

15. Rusanov, A., Shubenko, O., Senetskiy, O., Babenko O., Rusanov, R. (2019). Heating modes and design optimization of cogeneration steam turbines of powerful units of combined heat and power plant. *Energetika*, vol. 65(1). P. 39–50. DOI: org/10.6001/energetika.v65i1.3974.

16. Wang, T., Li, W., Wu, Z., Zhang, J. (2021). Sloshing analysis and mechanical modeling of liquid cargo during lifting. *Procedia Computer Science*. Vol. 183. P. 655–660, DOI: 10.1016/j.procs.2021.02.111.

17. Naumenko, V., Strelnikova, H. (2002). Singular integrals accuracy of calculations in two-dimensional problems using boundary element methods. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. Vol. 26(1). P. 95–98. DOI: 10.1016/S0955-7997(01)00041-8.

18. Karaiev, A., Strelnikova, E. (2020). Singular integrals in axisymmetric problems of elastostatics. *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing*. Vol. 11(01), 2050003. DOI: 10.1142/S1793962320500038.

19. Dillard, D.A., Mukherjee, B., Karnal, P., Batra, R.C., and Frechette, J. (2018). A review of Winkler’s foundation and its profound influence on adhesion and soft matter applications. *Soft Matter*, vol. 14. P. 36–69.

20. Yang, H., Zhong, Z., Wang, X., Zhang, Q. (2015). Elastic Modulus Calculation Model of a Soil-Rock Mixture at Normal or Freezing Temperature Based on Micromechanics Approach *Advances in Materials Science and Engineering*, ID 576080. P. 1–10. DOI: 10.1155/2015/576080.

Стаття надійшла 20.05.2022

УДК 629.463.32

ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАГОНА-ЦИСТЕРНИ ПРИ ЙОГО ЗАКРІПЛЕННІ В'ЯЗКИМИ СТЯЖКАМИ НА ПАЛУБІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПОРОМУ

Альона Ловська

доктор технічних наук, доцент,

доцент кафедри інженерії вагонів та якості продукції

Український державний університет залізничного транспорту пл. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050,
alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8604-1764

Олексій Фомін

доктор технічних наук, професор,

професор кафедри "Вагони та вагонне господарство"

Державний університет інфраструктури та технологій вул. Кирилівська, 9, Київ, Україна, 04071,
fomin1985@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2387-9946

Дмитро Скуріхін

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри інженерії вагонів та якості продукції

Український державний університет залізничного транспорту пл. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050,
skurikhin@i.ua

ORCID: 0000-0002-1122-1234

Андрій Рибін

кандидат технічних наук,

старший викладач кафедри інженерії вагонів та якості продукції

Український державний університет залізничного транспорту пл. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050,
rybinandrey2006@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4430-8018

У статті висвітлено результати визначення навантаженості несучої конструкції вагона-цистерни при його закріпленні в'язкими стяжками на палубі залізничного порому. Розрахунок проведений для залізничного порому «Герои Плевны» з урахуванням гідрометеорологічних параметрів акваторії Чорного моря. Як прототип обрано вагон-цистерну моделі 15-1443-06 побудови ПАТ «Азовмаш». Встановлено, що при використанні між вагоном-цистерною та палубою в'язкого зв'язку можливо знизити величини прискорень, які діють на його несучу конструкцію на 30% у порівнянні з типовою схемою закріплення, тобто ланцюговими стяжками. Важливо зазначити, що при цьому робоча рідина у стяжці повинна мати коефіцієнт в'язкого опору від 1,75 кН·с/м до 4,1 кН·с/м. Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції вагона-цистерни. При цьому застосовано метод скінчених елементів, який реалізовано в програмному комплексі SolidWorks Simulation. В якості розрахункового використано критерій Мізеса (IV енергетична теорія). Встановлено, що максимальні еквівалентні напруження в несучій конструкції вагона-цистерни складають близько 258 МПа і зосереджені в зоні радіального приливу вузла закріплення. Отже, отримана величина напружень не перевищує допустимих значень. Важливо сказати, що розраховані напруження на 25% нижчі за ті, що виникають в несучій конструкції вагона-цистерни з урахуванням закріплення типовими ланцюговими стяжками на палубі.

Результати проведених досліджень сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування сучасних конструкцій вагонів-цистерн, адаптованих до безпечної експлуатації у міжнародному залізнично-водному сполученні та підвищенню ефективності залізнично-поромних перевезень.

Ключові слова: транспортна механіка, вагон-цистерна, несуча конструкція, динамічна навантаженість, міцність, залізнично-поромні перевезення.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.

Тенденції розвитку міжнародних зовнішньоекономічних відносин між євроазіатськими державами диктують необхідність підвищення ефективності експлуатації транспортної галузі. З метою реалізації даної задачі доцільним є впровадження в перевізний процес комбінованих транспортних систем. Однією з найбільш успішних та перспективних транспортних комбінацій є залізнично-поромні перевезення.

На даний час залізничними поромами перевозяться майже всі типи вантажних вагонів. При цьому має місце тенденція зростання об'ємів перевезень наливних вантажів. Перевезення таких вантажів здійснюється здебільшого в вагонах-цистернах (рис. 1). Важливо сказати, що для забезпечення безпеки функціонування залізнично-поромних маршрутів значної уваги потребує технічна адаптація вагонів-цистерн до перевезень морем.

Порушення надійності закріплень вагонів-цистерн на палубах сприяє порушенню остійності залізничного порому та виникненню екологічній небезпеці перевезень.

Тому актуальним та першочерговим питанням постає необхідність визначення навантаженості вагонів-цистерн при перевезенні морем, технічна адаптація їх до взаємодії із засобами закріплень на палубах, а також корегування нормативних документів, які регламентують вимоги до проектування та розрахунків несучих конструкцій вагонів.

Дослідженню динамічної навантаженості, міцності та удосконаленню несучих конструкцій вагонів-цистерн присвячено чимало публікацій.

Так, визначення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-цистерни при маневрових операціях проводиться у роботі [1]. При складанні математичної моделі до уваги прийнято податливість наливного вантажу у котлі вагона-цистерни. Визначено критичні швидкості руху вагона-цистерни.

Дослідження динаміки вагона-цистерни з урахуванням переміщень наливного вантажу у котлі при експлуатаційних режимах наведено у роботі [2]. Сформовано математичну модель, яка дозволяє визначити вплив недоливу котла наливним вантажем на його динамічну навантаженість. Важливо сказати, що питанню дослідження динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-цистерни при перевезенні залізничним поромом авторами не приділялося уваги.

Результати визначення максимальних еквівалентних напружень та деформацій у котлі вагона-цистерни з урахуванням різного рівня його завантаженості наведено у роботі [3]. Сформовано рекомендації щодо покращення показників міцності котла.

Удосконалення конструкції опорного пристрою вагона-цистерни для перевезень наливних вантажів наведено у роботі [4]. Розрахунок на міцність проведено за методом скінчених елементів, реалізовано в середовищі програмного комплексу Ліра. Однак при проведенні розрахунків на міцність не враховано навантажень, які можуть діяти на несучу конструкцію вагона-цистерни при перевезенні залізничним поромом.

Заходи щодо зменшення навантаженості транспортних засобів при перевезеннях на залізнич-



а)

б)

Рисунок 1 – Закріплення вагона-цистерни на палубі залізничного порому: а – зчеп вагонів-цистерн на палубі; б – розміщення ланцюгових стяжок

них поромках запропоновано в публікаціях [5; 6]. Авторами обґрунтовано впровадження податливих зв'язків між складовими частинами транспортних засобів та палубою. Разом із цим дослідження щодо зменшення навантаженості несучих конструкцій вагонів-цистерн не проводилося.

Розробка розрахунково-експериментальної методології для прогнозування надійної експлуатації вантажного рухомого складу висвітлюється у роботі [7]. Дослідження проведені стосовно вагона-цистерни з урахуванням залишкового напруження.

Визначенню основних аспектів безпеки при перевезенні наливних вантажів залізничним транспортом присвячено роботу [8]. Наведено результати моделювання викидів небезпечних вантажів із залізничних вагонів-цистерн. Однак у даних роботах не прийнято до уваги питання перевезень вагонів-цистерн на залізничних поромках морем.

У роботі [9] висвітлено результати математичного моделювання динамічної навантаженості вагона-цистерни при перевезенні залізничним поромом. До уваги прийнято випадок бортової хитавиці залізничного порому. При цьому враховано жорстке закріплення вагона на палубі. Важливо сказати, що авторами статті не запропоновано заходів щодо адаптації несучої конструкції вагона-цистерни до надійного закріплення на палубі.

Проведений літературний огляд дозволяє зробити висновок, що питання визначення динамічної навантаженості, міцності та адаптації несучих конструкцій вагонів-цистерн до перевезень залізничними поромками є актуальними.

Метою дослідження є визначення динамічних навантажень та основних показників міцності несучої конструкції вагона-цистерни при його закріпленні в'язкими стяжками на палубі залізничного порому. Для досягнення зазначеної мети визначені такі завдання:

- 1) провести математичне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-цистерни при його закріпленні в'язкими стяжками на палубі залізничного порому;
- 2) визначити основні показники міцності несучої конструкції вагона-цистерни.

МАТЕРІАЛІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для забезпечення надійності закріплення вагона-цистерни на палубі розроблено вузол несучої конструкції для взаємодії з ланцюговими стяжками [10]. З метою пом'якшення дії навантажень від ланцюгових стяжок на несучу конструкцію вагона пропонується здійснювати не жорсткий зв'язок між ними, а в'язкий, посередництвом встановлення спеціального пристрою – демпфера між кузовом та палубою [11].

Для визначення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-цистерни при його закріпленні на палубі в'язкими стяжками здійснено математичне моделювання. Для цього складено математичну модель коливань залізничного порому з вагонами-цистернами, розміщеними на ньому (1). Розрахункову схему наведено на рис. 2.

Для визначення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-цистерни при його закріпленні на палубі в'язкими стяжками здійснено математичне моделювання. Для цього складено математичну модель коливань залізничного порому з вагонами-цистернами, розміщеними на ньому (1). Розрахункову схему наведено на рис. 2.

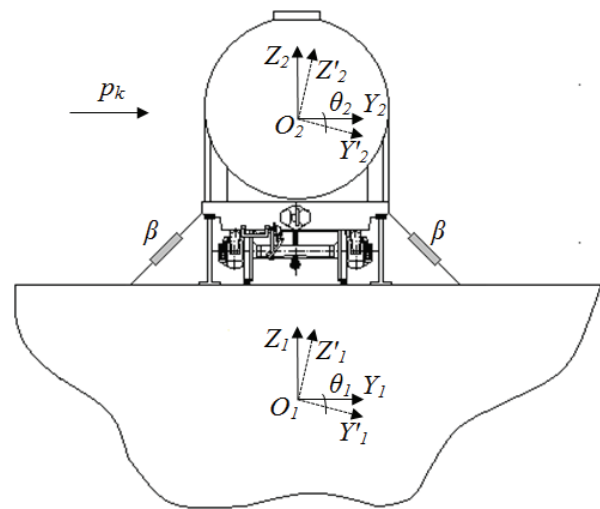


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-цистерни

Модель враховує кутові переміщення залізничного порому відносно повздовжньої осі, а також вагона-цистерни відносно палуби.

$$\begin{cases} \frac{D}{12 \cdot g} \cdot (B^2 + 4 \cdot z_g^2) \cdot \ddot{q}_1 + \left(\Lambda_\theta \cdot \frac{B}{2} \right) \cdot \dot{q}_1 = p' \cdot \frac{h}{2} + \Lambda_\theta \cdot \frac{B}{2} \cdot \dot{F}(t), \\ I_k \cdot \ddot{q}_2 + \beta \cdot \frac{6}{2} \cdot \dot{q}_2 = p_k \cdot \frac{h_k}{2} + F_\beta, \end{cases} \quad (1)$$

де q_1, q_2 – узагальнені координати, що відповідають кутовому переміщенню навколо повздовжньої осі X , відповідно, залізничного порому та вагона-цистерни.

Для залізничного порому: D – вагове водовитіснення; B – ширина; h – висота борта; Λ_θ – коефіцієнт опору коливанням; z_g – координата центру ваги; p' – вітрове навантаження; $F(t)$ – закон дії зусилля, яке збудує рух залізничного порому

з вагонами-цистернами, розміщеними на його палубах.

Для вагона-цистерни: I_k – момент інерції відносно повздовжньої осі; β – коефіцієнт в'язкого опору; v_k – ширина; p_k – вітрове навантаження на бокову проекцію; h_k – висота бокової проекції; F_β – момент сил, який виникає між несучою конструкцією та палубою.

Розрахунок проведений для залізничного порому «Герой Плевны» з урахуванням гідрометеорологічних параметрів акваторії Чорного моря. В якості прототипу обрано вагон-цистерну моделі 15-1443-06 побудови ПАТ «Азовмаш» (м. Маріуполь, Україна). При проведенні розрахунків на даному етапі дослідження не враховано переміщень наливного вантажу у котлі вагона-цистерни. Розв'язання математичної моделі (1) здійснено за методом варіації довільних постійних та підтверджено шляхом розв'язку за методом Рунге-Кутта в програмному комплексі MathCad. Стартові умови прийняті рівними нулю [12]. Встановлено, що загальна величина прискорення, яке діє на несучу конструкцію вагона-цистерни з урахуванням закріплення в'язкими стяжками на палубі, дорівнює $1,73 \text{ м/с}^2$ ($0,17g$). Отже, при використанні між вагоном-цистерною та палубою в'язкого зв'язку є можливим знизити величини прискорень, які діють на його несучу конструкцію на 30% у порівнянні з типовою схемою закріплення. Важливо зазначити, що при цьому робоча рідина у стяжці повинна мати коефіцієнт в'язкого опору від $1,75 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$ до $4,1 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$.

Отриману величину прискорення враховано при розрахунках на міцність несучої конструкції вагона-цистерни. Для цього побудовано просторову модель несучої конструкції вагона-цистерни в програмному комплексі SolidWorks. Розрахунок на міцність здійснено за методом скінчених елементів в програмному комплексі SolidWorks Simulation. В якості розрахункового використано критерій Мізеса (IV енергетична теорія). Закріплення несучої конструкції вагона-цистерни здійснюється за спеціальні вузли [10]. При складанні розрахункової схеми враховано, що на несучу конструкцію вагона-цистерни діє вертикальне навантаження P_σ , вітрове P_β , тиск наливного вантажу P_p , навантаження від ланцюгових стяжок P_c (рис. 3).

При створенні скінчено-елементної моделі

використовувалися ізопараметричні тетраедри, оптимальна кількість яких визначена за графоаналітичним методом [13]. Кількість елементів сітки складала 854729, вузлів – 272478, максимальний розмір елемента – 40 мм, мінімальний – 8 мм. Закріплення моделі здійснювалося в зонах обпирання на ходові частини, а також опорні поверхні механічних упор-домкратів. В якості матеріалу застосовано сталь марки 09Г2С. Проведені розрахунки показали, що максимальні еквівалентні напруження в несучій конструкції вагона-цистерни складають близько 258 МПа і зосереджені в зоні радіального приливу вузла (рис. 4). Отримана величина напружень не перевищує допустимих у відповідності до [14].

Необхідно сказати, що розраховані напруження на 25% нижчі за ті, що виникають в несучій конструкції вагона-цистерни з урахуванням закріплення типовими ланцюговими стяжками на палубі.

Результати проведених досліджень сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування сучасних конструкцій вагонів-цистерн, адаптованих до безпечної експлуатації у міжнародному залізнично-водному сполученні, та підвищенню ефективності залізнично-поромних перевезень.

ВИСНОВКИ.

1. Проведено математичне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-цистерни при його закріпленні в'язкими стяжками на палубі залізничного порому. Загальна величина прискорення, яке діє на несучу конструкцію вагона-цистерни, дорівнює $1,73 \text{ м/с}^2$ ($0,17g$). Отже, при використанні між вагоном-цистерною та палубою в'язкого зв'язку є можливим знизити величини прискорень, які діють на його несучу конструкцію на 30% у порівнянні з типовою схемою закріплення.

2. Визначено основні показники міцності несучої конструкції вагона-цистерни. Максимальні еквівалентні напруження в несучій конструкції вагона-цистерни складають близько 258 МПа і зосереджені в зоні радіального приливу вузла для закріплення стяжок. Отримана величина напружень не перевищує допустимих. Важливо сказати, що отримані напруження на 25% нижчі за ті, що виникають в несучій конструкції вагона-цистерни з урахуванням закріплення типовими ланцюговими стяжками на палубі.

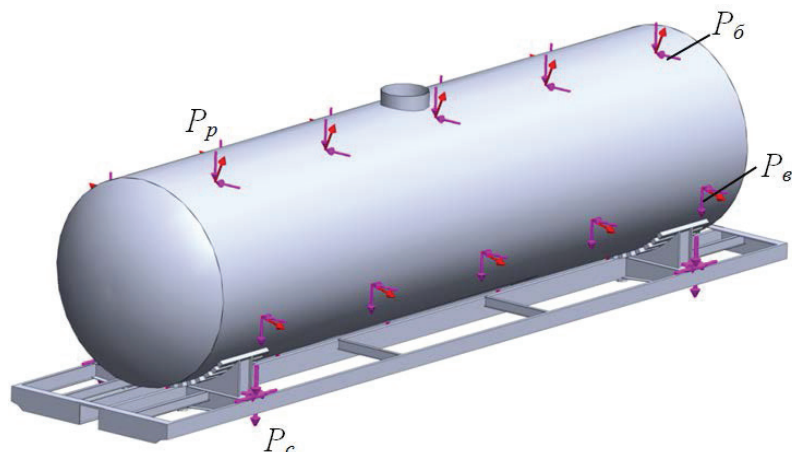


Рисунок 3 – Розрахункова схема несучої конструкції вагона-цистерни

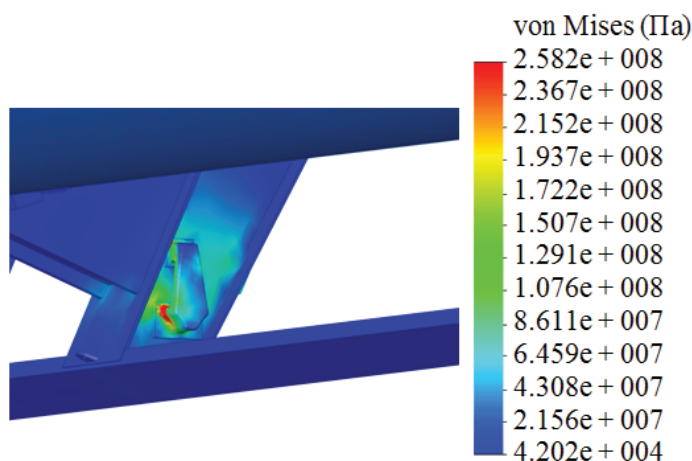


Рисунок 4 – Напружений стан несучої конструкції вагона-цистерни в зоні розміщення вузла для закріплення

ЛІТЕРАТУРА

1. Iman H. Ashtiani, Subhash Rakheja, Waiz Ahmed. Investigation of coupled dynamics of a railway tank car and liquid cargo subject to a switch-passing maneuver. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*. 2019. Vol 233, Issue 10. DOI:10.1177/0954409718823650.
2. Huailong Shi, Liang Wang, Brynne Nicolsen, Ahmed A. Shabana. Integration of geometry and analysis for the study of liquid sloshing in railroad vehicle dynamics. *Proc IMechE Part K: J Multi-body Dynamics*. 2017. Vol. 231(4). P. 608–629. DOI:10.1177/1464419317696418.
3. J. O. Trejo-Escandón, A. Leyva-Díaz, P. A. Tamayo-Meza, L. A. Flores-Herrera, J. M. Sandoval-Pineda. Study of the effect of liquid level on the static behavior of a tank wagon. *International Journal of Engineering Research and Science and Technology*. 2015. Vol. 4, No. 1. P. 18–25.
4. Glib Vatulia, Anatolii Falendysh, Yevhen Orel, Mykhailo Pavliuchenkov. Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages. *Procedia engineering*. 2017. Vol. 187. P. 301–307.
5. Lovska Alyona, Fomin Oleksij, Píštěk Václav, Kučera Pavel. Dynamic load and strength determination of carrying structure of wagons transported by ferries. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2020. Vol. 8, 902, DOI:10.3390/jmse8110902.
6. Lovska Alyona, Fomin Oleksij, Píštěk Václav, Kučera Pavel. Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10(16), 5710. DOI:10.3390/app10165710.
7. Valeriia Voropai. Development of a design-experimental methodology for the prediction of reliable exploitation of freight railway cars. *TRANSPORT PROBLEMS*. 2017. Vol. 12, Issue 3. DOI:10.20858/tp.2017.12.3.2

8. Beata Drzewieniecka, Marzena Nowak. Safety aspect in carriage of dangerous goods by railway transport. *New Trends in Production Engineering*. 2018. Vol. 1. Issue 1. P. 35–41. DOI:10.2478/ntp-2018-0004.

9. Fomin O., Vatulia G., Lovska A., Gerlici J., Kravchenko K. Determination of the Loading of the Carrying Structure of a Tank Wagon During Transportation by a Railway Ferry. *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2021. Vol. 15, No. 2. P. 317–323. DOI:10.12716/1001.15.02.07.

10. Ловська А.О., Візник Р.І. Вузол несучої конструкції кузова вагона для його закріплення відносно палуби залізнично-поромного судна: Пат. №108214 UA. МПК: В60Р 3/06, В60Р 7/135, В60Р 7/08, В61F 1/12, В63В 25/00. № а201206115; заявл. 21.05.2012; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 7.

11. O. Fomin, A. Lovska, I. Kulbovskiy, H. Holub, I. Kozarchuk, V. Kharuta. Determining the dynamic load-

ing on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 2/7(98). P. 6–12. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.160456.

12. Lovska Alyona. Simulation of loads on the carrying structure of an articulated flat car in combined transportation. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7(4.3). P. 140–146.

13. Vatulia G. L., Lobiak O. V., Deryzemlia S. V. Rationalization of cross-sections of the composite reinforced concrete span structure of bridges with a monolithic reinforced concrete roadway slab. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019, Vol. 664, 012014. DOI:10.1088/1757-899X/664/1/012014.

14. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

DETERMINING THE LOAD OF A TANK CAR WHEN IT IS FIXED WITH VISCOUS TIES ON THE DECK OF A RAILWAY FERRY

Alyona Lovska

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor

Department of Wagon Engineering and Product Quality Ukrainian State University of Railway Transport Feuerbakh sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8604-1764

Oleksij Fomin

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor

Department of Cars and Carriage Facilities State University of Infrastructure and Technologies Kyrylivska str., 9, Kyiv, Ukraine, 04071, fomin1985@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2387-9946

Dmytro Skurikhin

PhD, Associate Professor, Associate Professor

Department of Wagon Engineering and Product Quality Ukrainian State University of Railway Transport Feuerbakh sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, skurikhin@i.ua

ORCID: 0000-0002-1122-1234

Andrij Rybin

PhD, Senior Lecturer

Department of Wagon Engineering and Product Quality Ukrainian State University of Railway Transport Feuerbakh sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, rybinandrey2006@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4430-8018

Purpose. Determination of dynamic loads and main indicators of the strength of the supporting structure of the tank car when it is fixed with viscous ties on the deck of the **Methodology.** To determine the dynamic load of the supporting structure of the tank car when it is fixed on the deck with the help of viscous ties, mathematical modeling was carried out. For this purpose, a mathematical model of the oscillations of a railway ferry with wagons placed on it was created. The obtained acceleration value is taken into account when calculating the strength of the supporting structure of the tank car. **Results.** It was established that when using a viscous connection between the tank car and the deck, it is possible to reduce the magnitude of the accelerations that act on its supporting structure by 30% compared to the typical fastening scheme. The results of strength calculations showed that the maximum equivalent stresses in the supporting structure of the tank car are about 258 MPa and are concentrated in the area of the radial tide of the node for fastening. It is important to say that the calculated stresses are 25% lower than those occurring in the supporting structure of the tank car, taking into

account the fixing with typical chain ties on the deck. **Originality.** A mathematical model was formed to determine the dynamic loads acting on the supporting structure of the tank car, taking into account its fastening with viscous ties on the deck of the railway ferry. **Practical value.** The results of the conducted research will contribute to the creation of developments in the design of modern structures of tank cars, adapted to safe operation in international rail-water transport and increasing the efficiency of rail-ferry transportation.

Key words: transport mechanics, tank car, load-bearing structure, dynamic load, strength, railway and ferry transportation

REFERENCES

1. Iman H., Ashtiani, Subhash, Rakheja, Waiz, Ahmed. (2019). Investigation of coupled dynamics of a railway tank car and liquid cargo subject to a switch-passing maneuver. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*. Vol 233, Issue 10. DOI:10.1177/0954409718823650
2. Huailong, Shi, Liang, Wang, Brynne, Nicolsen, Ahmed A., Shabana. (2017). Integration of geometry and analysis for the study of liquid sloshing in railroad vehicle dynamics. *Proc IMechE Part K: J Multi-body Dynamics*. Vol. 231(4), pp. 608 – 629. DOI:10.1177/1464419317696418
3. J. O., Trejo-Escandón, A., Leyva-Díaz, P. A., Tamayo-Meza, L. A., Flores-Herrera, J. M., Sandoval-Pineda. (2015). Study of the effect of liquid level on the static behavior of a tank wagon. *International Journal of Engineering Research and Science and Technology*. Vol. 4, No. 1, pp. 18 – 25.
4. Glib, Vatulia, Anatolii, Falendysh, Yevhen, Orel, Mykhailo, Pavliuchenkov. (2017). Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages. *Procedia engineering*. Vol. 187, pp. 301 – 307.
5. Lovska, Alyona, Fomin, Oleksij, Pištěk, Václav, Kučera, Pavel. (2020). Dynamic load and strength determination of carrying structure of wagons transported by ferries. *Journal of Marine Science and Engineering*. Vol. 8, 902, DOI:10.3390/jmse8110902
6. Lovska, Alyona, Fomin, Oleksij, Pištěk, Václav, Kučera, Pavel. (2020). Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry. *Applied Sciences*. Vol. 10(16), 5710. DOI:10.3390/app10165710
7. Valeriia, Voropai. (2017). Development of a design-experimental methodology for the prediction of reliable exploitation of freight railway cars. *TRANSPORT PROBLEMS*. Vol. 12, Issue 3. DOI:10.20858/tp.2017.12.3.2
8. Beata, Drzewieniecka, Marzena, Nowak. (2018). Safety aspect in carriage of dangerous goods by railway transport. *New Trends in Production Engineering*. Vol. 1. Issue 1, pp. 35 – 41. DOI:10.2478/ntp-2018-0004
9. Fomin, O., Vatulia, G., Lovska, A., Gerlici, J., Kravchenko, K. (2021). Determination of the Loading of the Carrying Structure of a Tank Wagon During Transportation by a Railway Ferry. *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. Vol. 15, No. 2, pp. 317 – 323. DOI:10.12716/1001.15.02.07
10. Lovska, A. O., Vizniak, R. I. (2012). Pat. No. 108214 UA. Vuzol nesuchoi konstruktsiyi kuzova vahona dlia yoho zakriplennia vidnosno paluby zaliznychno-poromnoho sudna [The node of the supporting structure of the car body for its fastening relative to the deck of the railway-ferry vessel]. MPK: B60P 3/06, B60P 7/135, B60P 7/08, B61F 1/12, B63B 25/00. No. a201206115; declared: 21.05.2012; published: 10.04.2015, Bul. No. 7. [in Ukrainian].
11. Fomin, O., Lovska, A., Kulbovskiy, I., Holub, H., Kozarchuk, I., Kharuta, V. (2019). Determining the dynamic loading on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 2/7 (98), pp. 6 – 12. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.160456
12. Lovska, Alyona. (2018). Simulation of loads on the carrying structure of an articulated flat car in combined transportation. *International Journal of Engineering & Technology*. Vol. 7 (4.3), pp. 140 – 146.
13. Vatulia, G. L., Lobiak, O. V., Deryzemlia, S. V., Verevicheva, M. A., Orel, Ye. F. (2019). Rationalization of cross-sections of the composite reinforced concrete span structure of bridges with a monolithic reinforced concrete roadway slab. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 664, 012014. DOI:10.1088/1757-899X/664/1/012014
14. DSTU 7598:2014. Vagoni vantazhni. Zagalni vimogi do rozrahunkiv ta proektuvannya novih i modernizovanih vagoniv koliyi 1520 mm (nesamohidnih) [Freight cars. General requirements for calculations and design of new and modernized wagons of 1520 mm gauge (non-self-propelled)]. Kyiv, 2015. 162 p. [in Ukrainian].

Стаття надійшла 23.05.2022

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ МЛІНІВ САМОПОДРІБНЕННЯ РУД В УМОВАХ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Микола Сокур

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, Кременчук, Україна, 39600
ORCID: 0000-0001-6779-3293

Роман Аргат

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, Кременчук, Україна, 39600, argat.rg@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9247-5297

Володимир Білецький

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна, 61002, ukcdb@i.ua
ORCID: 0000-0003-2936-9680

Денис Божик

ПрАТ «Суха Балка», вул. Конституційна, 5, Кривий Ріг, Україна, 50000
ORCID: 0000-0001-7620-7997

Подрібнення в процесі рудопідготовки забирає до 30–40% собівартості залізорудного концентрату. У разі продуктивності сучасного великого млина 250 т/год (по концентрату) добові простої призводять до втрати 6000 т продукції. Тому надійність роботи рудопомельного цеху має непересічно велике значення, позаяк визначає надійність рудозбагачувального процесу загалом. Під експлуатаційною надійністю млинів мається на увазі здатність подрібнювати гірничу масу до необхідної крупності, зберігаючи свої експлуатаційні та технічні показники в заданих межах протягом певного проміжку часу між плановими обслуговуваннями. Для визначення експлуатаційної надійності виконано збір первинних даних про роботу млинів самоподрібнення та систематизація первинної інформації за розробленим «Журналом спостережень за роботою обладнання». На основі експериментальних даних встановлена експлуатаційна надійність млинів ММС–70–23 та МБ–90–30 в умовах Інгулецького ГЗК.

Ключові слова: залізні руди, рудопідготовка, млини самоподрібнення, показники надійності, Інгулецький ГЗК, Криворізький залізорудний басейн.

Актуальність роботи. Інженерія надійності тісно пов'язана з інженерією якості, інженерією безпеки та системною безпекою. Інженерна надійність зосереджується на витратах на поломки, викликані простоєм системи, вартості запасних частин, ремонтного обладнання, персоналу та вартості гарантійних претензій.

Зі зростанням одиничної потужності подрібнювального обладнання особливої актуальності набуває завдання підвищення його надійності і довговічності. Простої млинів через відмови наносять великий економічний збиток підприємству. У разі продуктивності сучасного великого млина 250 т/год (по концентрату) добові простої призводять до втрати 6000 т продукції [1; 2]. На сучасних збагачувальних фабриках, згідно з технологічними схемами, в одному послідовному ланцюзі працюють 20–30 агре-

гатів. Відмова одного з них веде до порушення всього виробничого процесу і може звести нанівець ефективність сучасної технології. Проблеми надійності машин і обладнання почали посилено досліджуватися у 1950–60-і роки. Основи теорії надійності викладено в роботах В.П. Тренера, Н.А. Шишонка, Я.Б. Шора, Б.В. Гнеденка та ін. [2]. Для найбільш повної характеристики надійності млинів розраховуються показники по безвідмовності, довговічності і ремонтпридатності. Збір та обробка експлуатаційних даних, побудова розподілів досліджуваних параметрів проводяться за методикою [2; 3; 4].

Матеріал і результати досліджень. Експлуатаційна надійність млинів ММС–70–23. Обробка та дослідження експлуатаційних статистичних даних поточних значень параметрів «напрацювання на відмову», «час відновлення»,

«ресурс до капітального ремонту» млинів ММС–70–23 проводилися на II черзі збагачувальної фабрики ІнГЗК (таблиці 1–3).

За даними таблиць будувалися гістограми або полігони, а також криві законів розподілу зазначених параметрів (рис. 1, 2). Як впливає з кривих на рис. 1, параметри «напрацювання на відмову» і «час відновлення» задовільно описуються експоненціальними законами розподілу. Ряд значень параметрів «ресурс до капітального ремонту» підпорядковується нормальному закону розподілу (рис. 2).

На підставі статистичних експлуатаційних даних, зібраних у журналах спостережень за роботою обладнання, за методикою [2; 3] визначаються середні числові значення показників надійності млинів ММС–70–23, а також довірчі смуги для деяких основних показників надійності.

Середні значення показників надійності, що характеризують фактичну експлуатаційну надійність млинів самоподрібнення в умовах ІнГЗК: показники безвідмовності – напрацювання на відмову $T_1 = 98 \pm 14$ год, параметр потоку відмов $\lambda = 10,2 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹, ймовірність безвідмовної роботи $P(t) = 0,93$; показники довговічності – ресурс до капітального ремонту $R = 3580 \pm 465$ год, середній час відновлення $T_2 = 3,05 \pm 0,33$ год; узагальнені показники надійності – коефіцієнт готовності $K_r = 0,96$, коефіцієнт технічного використання $K_{тi} = 0,92$.

Крім того, визначено коефіцієнти відносних простоїв, які для наглядності і зручності аналізу представлені у вигляді гістограм (рис. 3 – залежно від характеру причин простоїв, рис. 4 – через відмови основних вузлів млина).

Як впливає з гістограми на рис. 3, майже 62% простоїв млинів відбувається з технічних причин,

Таблиця 1

Результати обробки статистичних даних про розподіл

Інтервал	Середина інтервалу	Емпірична частота	Емпірична частотність	Теоретична ймовірність	Теоретична частота	Накопичена емпірична частота	Накопичена теоретична частота	Різниця накопичених частот
21–111	66	132	0,7540	0,6704	117,20	132	117,20	15,20
111–201	156	15	0,0858	0,1956	34,20	147	151,40	4,40
201–291	246	9	0,0514	0,0795	13,90	156	165,30	0,30
291–381	336	10	0,0572	0,0574	10,10	166	175,40	9,40
381–471	426	4	0,0228	0,0130	2,28	170	177,68	7,68
471–561	516	1	0,0057	0,0054	0,94	171	178,62	7,62
561–651	606	1	0,0057	0,0022	0,39	172	179,01	7,01
651–741	696	3	0,0172	0,0009	0,16	175	179,17	4,17

Примітка. Критерій узгодженості Колмогорова – 1,15.

Таблиця 2

Результати обробки статистичних даних про розподіл параметра «час відновлення» млина ММС–70–23

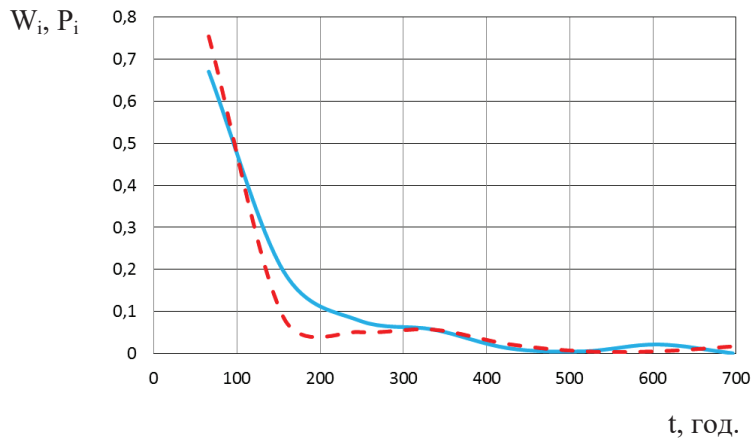
Інтервал	Середина інтервалу	Емпірична частота	Емпірична частотність	Теоретична ймовірність	Теоретична частота	Накопичена емпірична частота	Накопичена теоретична частота	Різниця накопичених частот
0,08–2,85	1,47	125	0,714	0,619	109,00	125,0	109,00	16,00
2,85–5,62	4,24	24	0,138	0,246	43,10	149,0	152,10	3,10
5,62–8,39	7,01	8	0,046	0,098	17,20	157,0	169,20	12,20
8,39–11,16	9,78	5	0,028	0,040	7,00	162,0	176,20	14,20
11,16–13,96	12,55	4	0,023	0,016	2,80	166,0	179,00	13,00
13,96–16,70	13,32	4	0,023	0,004	0,70	170,0	180,60	10,60
16,70–19,47	18,09	3	0,017	0,002	0,35	173,0	180,95	7,95
19,47–22,24	21,84	2	0,011	0,007	0,12	175,0	181,07	6,07

Примітка. Критерій узгодженості Колмогорова – 1,21.

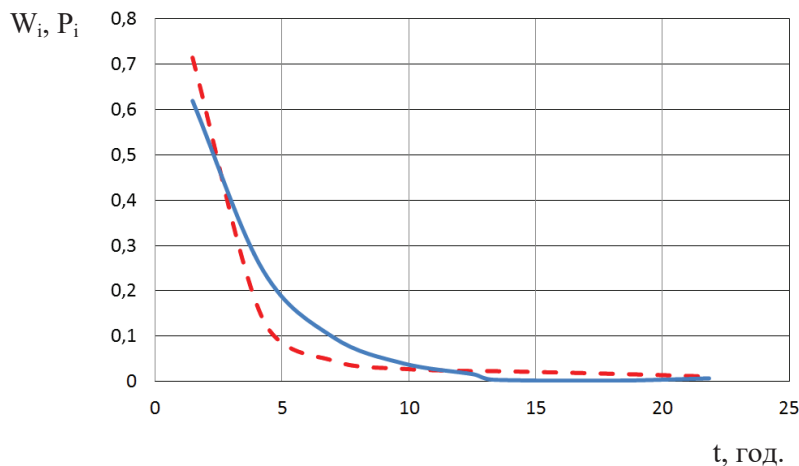
Результати обробки статистичних даних про розподіл параметра «ресурс до капітального ремонту» млина ММС–70–23

Інтервал	Середина інтервалу	Емпірична частота	Емпірична частотність	Теоретична ймовірність	Теоретична частота	Накопичена емпірична частота	Накопичена теоретична частота	Різниця накопичених частот
1030–1950	1490	2	0,038	-242	0,02134	0,028	1,486	0,183
1950–2870	2410	5	0,095	-1,360	0,15820	0,170	9,02	1,780
2870–3790	3300	27	0,510	-0,302	0,38140	0,408	21,60	2,010
3790–4710	4250	16	0,302	0,780	0,29430	0,315	16,70	0,0293
4710–5630	5170	1	0,018	1,350	0,72060	0,077	4,08	0,0208
5630–6550	6090	2	0,037	2,920	0,05616	0,060	3,18	0,435

Примітка. Критерій узгодженості Колмогорова – 0,712.



— теоретичне розподілення параметрів;
 - - - емпіричне розподілення параметрів.



— теоретичне розподілення параметрів;
 - - - емпіричне розподілення параметрів.

Рис. 1. Емпіричні і відповідні теоретичні розподіли параметрів: а – напрацювання на відмову, б – тривалість відновлення.

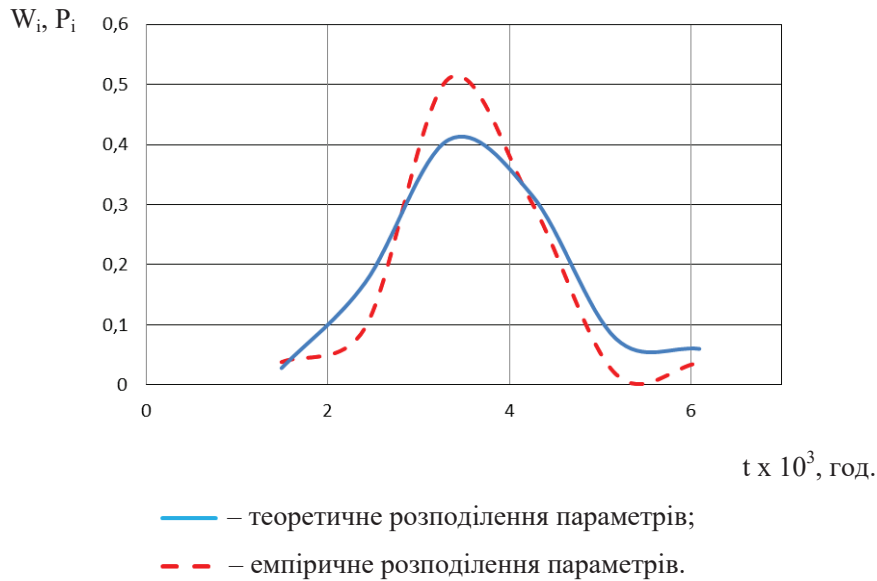


Рис. 2. Емпіричний і відповідний йому теоретичний розподіл параметра «ресурс до капітального ремонту»

з них близько 27% – через аварійні відмови вузлів і деталей. За даними журналів спостережень, простої млина протягом року становили більше 14 000 год., тобто 13,6% загального робочого часу. Це рівнозначно тому, що 2 млини з 12 не працювали через простої протягом року. Отже, зменшення простоїв хоча б наполовину рівнозначно введенню в експлуатацію додатково ще одного млина, вартість виготовлення якого близько 300 тис. у.о.

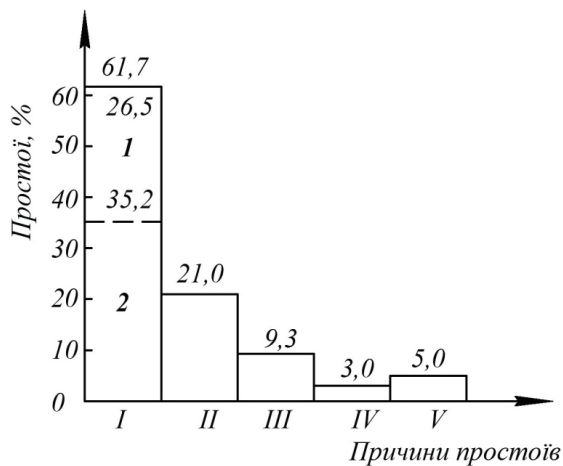


Рис. 3. Гістограма розподілу простоїв млинів ММС-70-23 з різних причин: I – технічні причини (1 – відмови механічної частини; 2 – планово-попереджувальний ремонт); II – відсутність руди; III – технологічні причини; IV – відмова електричної частини; V – інші причини (тут і на рис. 4 цифри – простої, %).

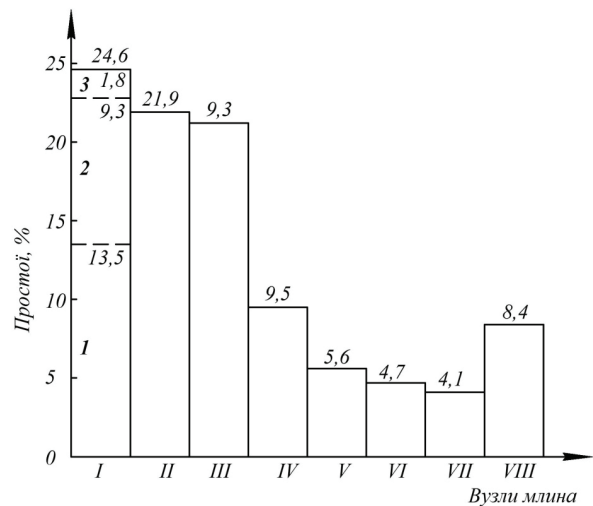


Рис. 4. Гістограма розподілу простоїв млинів через відмови окремих вузлів: I – привод (1 – вал-шестерня, 2 – редуктор, 3 – муфта); II – підшипники; III – бутара, IV – решітка; V – футеровка, VI – барабан; VII – завантажувальна течка; VIII – інші вузли.

З рис. 4 видно, що майже четверта частина простоїв млинів (24,6%) з технічних причин відбувається через відмову привода млина, при цьому більша частина з них (13,6%) – через відмови вала та шестірні відкритої передачі, а також редукторів Ц2Ш-1000 і Ц2Ш-1250 (9,3%).

Млин МБ-90-30. Дослідний зразок найбільшого вітчизняного млина МБ-90-30 з діаметром

барабана 9 м виготовлений за технічним завданням Механообрчормет і встановлено на дослідній секції збагачувальної фабрики ІнГЗК, де були проведені промислові випробування та всебічні дослідження млина. В процесі випробувань велися безперервні спостереження, збір і обробка статистичних даних про надійність млинів згідно із зазначеною вище методикою і за аналогією з млином ММС–70–23 (табл. 4).

Як видно з рис. 5, розподіл параметра «час відновлення» задовільно описується експоненціальним законом, отже, основна маса відмов млина носить раптовий характер і виникнення їх визначається дією випадкових факторів [4]. Це стосується насамперед барабана млина, відмови якого не пов'язані зі зносом або втомою металу, мають не поступово наростаючий, а раптовий характер у результаті недостатньої міцності і надійності конструкції барабана.

На підставі статистичних експериментальних даних про відмови і часу відновлення основного технологічного обладнання дослідної секції побудовані гістограми розподілу часу простоїв секції внаслідок відмов окремих типів обладнання (рис. 6). Так, простої секції внаслідок відмов млина становлять 73%, що свідчить про неприпустимо низьку надійність першого дослідного зразка млина МБ–90–30.

На другому місці за тривалістю простоїв перебуває класифікатор КСН 3,0×17,2, що також вказує на його недостатню надійність.

Для виявлення найменш надійних вузлів побудована гістограма розподілу часу простоїв млинів з технічних причин через відмови основних вузлів (рис. 7). Як видно з рисунка, майже 60% простоїв з технічних причин відбувається внаслідок відмов барабана, що свідчить про недосконалість

його конструкції, низьку міцність і надійність. У перший період випробувань млин простояв близько 5000 год. через поломки барабана, тобто практично первісна (заводська) конструкція барабана цього млина виявилася непрацездатною. На другому місці за тривалістю простоїв перебуває привод млина (більше 25%, тобто як і млини ММС–70–23), при цьому найменш надійним вузлом привода є редуктор (16,6% часу простоїв). Не досить надійним вузлом млина є також футерування та решітка (7,4% часу простоїв). Отже, аналіз надійності дослідного зразка млина МБ–90–30 показав, що для підвищення його загальної надійності та ефективності роботи насамперед необхідно провести детальні дослідження з метою удосконалення конструкції і підвищення надійності його барабана, привода, футеровки і решітки.

Одержані нами результати комплексу модельних досліджень млинів самоподрібнення [5] кореспондують з експериментальними даними щодо їх надійності.

Висновки. Для млинів ММС–70–23 та МБ–90–30 в умовах збагачувальної фабрики Інгулецького ГЗК отримані емпіричні і відповідні теоретичні розподіли параметрів: напрацювання на відмову, тривалість відновлення, які задовільно описуються експоненціальними законами розподілу. Отримані значення параметру «ресурс до капітального ремонту» підпорядковується нормальному закону розподілу. Для вказаних млинів самоподрібнення експериментально визначено коефіцієнти відносних простоїв, які для наглядності і зручності аналізу представлені у вигляді гістограм: залежно від характеру причин простоїв, відмови основного технологічного обладнання секції, внаслідок відмови основних вузлів млина.

Таблиця 4

Результати обробки статистичних даних про розподіл параметра «час відновлення» млина МБ–90–30

Інтервал	Середина інтервалу	Емпірична частота	Емпірична частотність	Теоретична ймовірність	Теоретична частота	Накопичена емпірична частота	Накопичена теоретична частота	Різниця накопичених частот
10–204	107	52	0,531	0,5002	49,02	52	49,02	2,98
204–398	301	17	0,173	0,2414	23,66	69	72,68	3,68
398–592	495	15	0,153	0,1248	12,33	84	84,91	0,91
592–786	689	8	0,082	0,0645	6,32	92	91,23	0,77
786–980	883	3	0,031	0,0334	3,27	95	94,50	0,50
980–1174	1077	–	–	0,0172	1,69	95	96,19	1,19
1174–1368	1271	2	0,020	0,0090	0,88	97	97,07	0,07
1368–1562	1465	1	0,010	0,0046	0,45	98	97,52	0,48

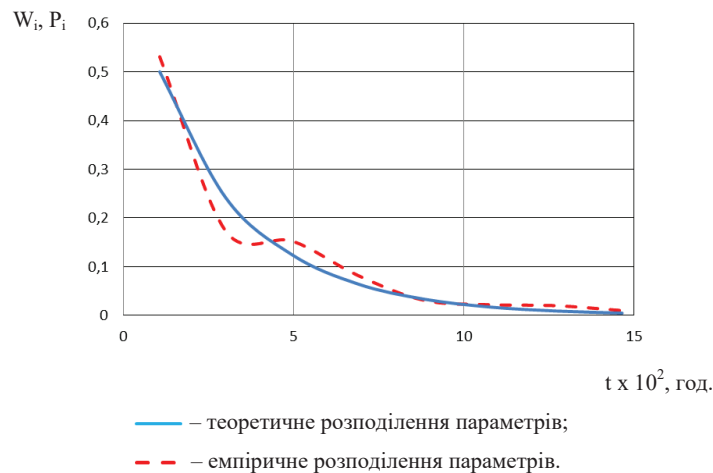


Рис. 5. Емпіричний і відповідний йому теоретичний розподіл параметра «час відновлення» дослідного зразка млина МБ–90–30 в умовах ІнГЗК.

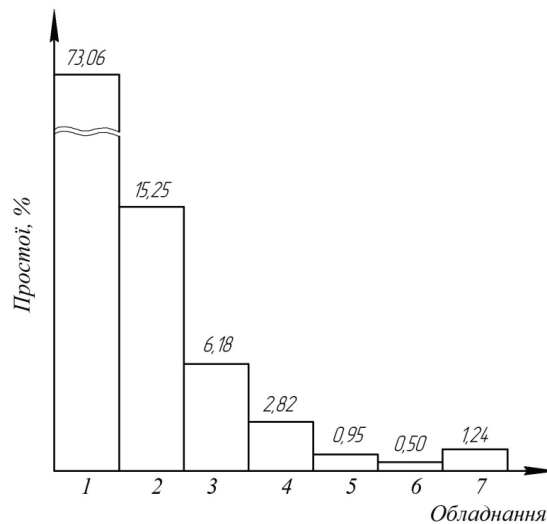


Рис. 6. Гістограма часу простоїв дослідної секції фабрики через відмови основного технологічного обладнання секції: I – млин МБ–90–30; 2 – класифікатор; 3 – конвеєр і живильники, 4 – насоси ГРН; 5 – млин МРГ–55–75; 6 – сепаратори; 7 – інше обладнання.

При цьому виділявся такий характер причин простоїв: I – технічні причини (1 – відмови механічної частини; 2 – планово-попереджувальний ремонт); II – відсутність руди; III – технологічні причини; IV – відмова електричної частини; V – інші причини.

Відстежувалося таке основне технологічне обладнання секції: 1 – млини; 2 – класифікатор; 3 – конвеєр і живильники, 4 – насоси ГРН; 5 – сепаратори; 6 – інше обладнання.

Відстежувалися відмови таких основних вузлів млина: I – барабан; II – привод (1 – редуктор,

2 – електродвигун, 3 – вал-шестірня, 4 – муфта); III – футерування та решітка; IV – бутара; V – електрична частина; VI – мастило і гідропідпор; VII – підшипники; VIII – завантажувальна течка.

Одержані експериментальні дані можуть бути використані для розробки технічних рішень щодо підвищення надійності млинів самоподрібнення та технологічного обладнання рудопомельної секції збагачувальної фабрики.

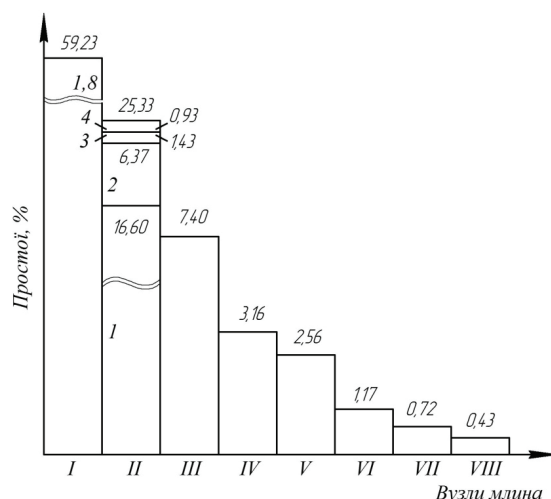


Рис. 7. Гістограма часу простоїв млинів МБ–90–30 через відмови основних вузлів млина: I – барабан; II – привод (1 – редуктор, 2 – електродвигун, 3 – вал-шестірня, 4 – муфта); III – футерування та решітка; IV – бутара; V – електрична частина; VI – мастило і гідропідпор; VII – підшипники; VIII – завантажувальна течка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ягунов А.В. Мельницы самоизмельчения. Москва : Недра, 1978. 35 с.
2. Потураев В.Н., Сокур М.И. Мельницы самоизмельчения. Киев : Наукова думка, 1991. 195 с.
3. Ягунов А.В., Марутов В.А., Сокур Н.И. Исследование эксплуатационной надежности мельниц самоизмельчения МБ–70–23. *Реф. сб. НИИИИформтяж-маш. Горнорудное оборудование*, 1973. № 2–73–39. С. 12–15.
4. Отраслевая методика обработки машин и оборудования на надежность в эксплуатации. Кривой Рог, 1968. 112 с.
5. Сокур М.І., Білецький В.С., Божик Д.П. Збірник наукових праць. Кременчуц. нац. ун-т ім. М. Остроградського. Кременчук : Новабук, 2022. 294 с.

STUDY OF THE RELIABILITY PARAMETERS OF SELF-FINISHING ORE MILLS IN THE CONDITIONS OF THE KRYVORIZ BASIN

Mykola Sokur

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, 20, Pershotravneva St., Kremenchuk, Ukraine, 39600, argat.rg@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6779-3293

Roman Arhat

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, 20, Pershotravneva St., Kremenchuk, Ukraine, 39600, argat.rg@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9247-5297

Volodymyr Biletskyi

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, 2, Kyrpychova str., Kharkiv, Ukraine, 61002, ukcdb@i.ua
ORCID: 0000-0003-2936-9680

Denis Bozhyk

Private Joint-Stock Company “Suha Balka”, 5, Konstitutsiiyna St., Kryvyi Rih, Ukraine, 50000
ORCID: 0000-0001-7620-7997

Grinding in the process of ore preparation takes up to 30–40% of the cost of iron ore concentrate. With the productivity of a modern large mill of 250 t/h (concentrate), daily downtime leads to a loss of 6.000 t of products. Therefore, the reliability of the ore grinding shop is extremely important, as it determines the reliability of the ore beneficiation process in general. Operational reliability of mills refers to the ability to grind mining mass to the required size, maintaining its operational and technical indicators within the specified limits during a certain period of time between scheduled maintenance. To determine the operational reliability, the collection of primary data on the operation of self-grinding mills and the systematization of primary information according to the developed “Log of observations of the operation of the equipment” were carried out. On the basis of experimental data, the operational reliability of MMS-70-23 and MB-90-30 mills in the conditions of the Ingulets GZK was established.

Key words: iron ore, ore preparation, self-crushing mills, reliability indicators, Ingulets GZK, Kryvorizkyi Iron Ore Basin.

REFERENCES

1. Yagupov, A.V. (1978). Mel'nitsy samoizmel'cheniya [Self-grinding mills]. *Nedra*, Moscow, 35 p. [in Russian].
2. Poturaev, V.N., Sokur, M.I. (1991). Mel'nitsy samoizmel'cheniya [Self-grinding mills]. *Naukova dumka [Scientific thought]*. Kyiv, 195 p. [in Russian].
3. Yagupov, A.V., Marutov, V.A., Sokur, N.I. (1973). Issledovaniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti mel'nits samoizmel'cheniya MB-70-23 [Investigation of the operational reliability of self-grinding mills MB-70-23]. *Gornorudnoye oborudovaniye [Mining equipment]*. No. 2–73–39. Pp. 12–15 [in Russian].
4. Otralevaya metodika otrabotki mashin i oborudovaniya na nadezhnost' v ekspluatatsii [Industry methodology for testing machines and equipment for reliability in operation]. (1968). *Krivoy Rog*, 112 p. [in Russian].
5. Sokur, M.I., Biletsky, V.S., Bozhyk, D.P. (2022). Zbirnyk naukovykh prats [Collection of scientific works]. *Nova buk*. Kremenchuk, 294 p. [in Ukrainian].

Стаття надійшла 27.05.2022

УДК 622.27:621.926.9 (339.138)

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ БАРАБАНА МЛИНА САМОПОДРІБНЕННЯ В ПОЛІ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ

Микола Сокур

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, Кременчук, Україна, 39600
ORCID: 0000-0001-6779-3293

Роман Аргат

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, Кременчук, Україна, 39600, argat.rg@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9247-5297

Володимир Білецький

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна, 61002, ukcdb@i.ua
ORCID: 0000-0003-2936-9680

Денис Божик

ПрАТ «Суха Балка», вул. Конституційна, 5, Кривий Ріг, Україна, 50000
ORCID: 0000-0001-7620-7997

Метою цієї роботи є одержання моделей напруженого стану елементів барабана млина самоподрібнення з використанням теорії подібності та імітацією навантаження в полі відцентрових сил. Метод дослідження – фізичне моделювання роботи барабана млина самоподрібнення. При цьому експериментальні дослідження напруженого стану моделі барабана млина самоподрібнення виконані на спеціальному стенді, що складався з центрифуги, в якій навантажується модель барабана. Для вимірювання напруження застосовувалися тензорезистори опору 100 Ом і базою 10 мм, з'єднані за напівмостовою схемою, та комплект тензометричної апаратури, що складається з блоку живлення, підсилювача 8АН4-7м і осцилографа Н-700. Експериментально одержані епюри розподілу напружень в елементах конструкції барабана млина, зокрема, торцевих стінках і обичайці барабана, а також у ребрах жорсткості стінок і обичайки. Визначено значення напружень у всіх замірних точках моделей барабанів без ребер жорсткості і з ребрами. Аналіз впливу ребер жорсткості і типу опор підшипників на напружений стан барабана млина показує, що напруження в торцевій стінці барабана млина мають знакозмінний характер і збільшуються до цапфи. Посилення тільки торцевої стінки радіальними ребрами жорсткості приводить до зниження напружень у стінці на 20%. Підсилення барабана млина сумірними ребрами жорсткості на торцевій стінці та обичайці приводить до зниження напружень у торцевій стінці на 35–50% і зменшення концентрації напружень біля цапфи. Застосування сферичних самоустановлювальних опор підшипників барабана дозволяє суттєво знизити напруження в торцевих стінках, підвищити міцність, надійність та довговічність барабана. Встановлено вплив типу опор підшипників (вальниці) і ребер жорсткості на характер розподілу напружень у барабані млина. Одержані результати можуть бути використані у разі модернізації наявних і оптимізації конструкції нових млинів самоподрібнення.

Ключові слова: млин самоподрібнення, фізичне моделювання, конструкція млина, торцева стінка та ребра жорсткості, опори підшипників барабана.

Актуальність роботи. Проблема моделювання напруженого стану барабана млина самоподрібнення має два аспекти, які утруднюють задачу. По-перше, моделювання багатотоннажних млинів самоподрібнення (AG) та напівсамоподрібнення (SAG) показує значні проблеми, пов'язані з труднощами в отриманні високоякісних даних для промислових об'єктів, що суттєво ускладнює експеримент [1]. У роботі [2]

успішно розроблено динамічну модель напівсамоподрібнення руди. Набір звичайних диференціальних рівнянь було вирішено за допомогою платформи графічного програмування MATLAB/SIMULINK. Модель протестовано та перевірено на продуктивності самоподрібнення 1800 т/год у умовах міднорудного комбінату.

По-друге, проблемою є моделювання умов роботи конструктивних елементів млинів само-

подрібнення. Для дослідження напруженого стану конструкцій прийнято використовувати імітації навантаження в полі відцентрових сил [3; 4]. Зокрема, навантаження моделей у полі відцентрових сил з використанням теорії подібності знаходить застосування в авіаційній техніці, однак для дослідження напруженого стану елементів млинів раніше не використовувалося.

Барабани більшості типорозмірів вітчизняних і зарубіжних млинів самоподрібнення оснащені ребрами жорсткості. Думка вчених про вплив ребер жорсткості на величину і характер розподілу напружень у барабані млина неоднозначні [5], що зумовлює необхідність додаткових досліджень. Актуальність дослідження напруженого стану конструкцій млина показана також у роботах [6–9].

Мета статті – одержання моделей напруженого стану елементів барабана млина самоподрібнення

з використанням теорії подібності та імітацією навантаження в полі відцентрових сил.

Матеріал і результати досліджень. Авторами проведені детальні дослідження у стендових і промислових умовах. Дослідження у стендових умовах проводилися на моделях барабана млина ММС-90-30А, виготовлених у масштабі 1:20 з того ж матеріалу, що й натура, зі збереженням геометричної та силової подібності. Для проведення досліджень спроектовано і виготовлено моделі барабанів трьох типів: без ребер жорсткості, з ребрами жорсткості тільки на торцевій стінці, з ребрами на торцевій стінці та обичайці барабана (рис. 1).

Дослідження напруження в барабані млина. Напруження в барабані млина досліджувалися на спеціальному стенді, що складався з центрифуги, в якій навантажуються модель барабана, і комплекту тензометричної апаратури (рис. 2).

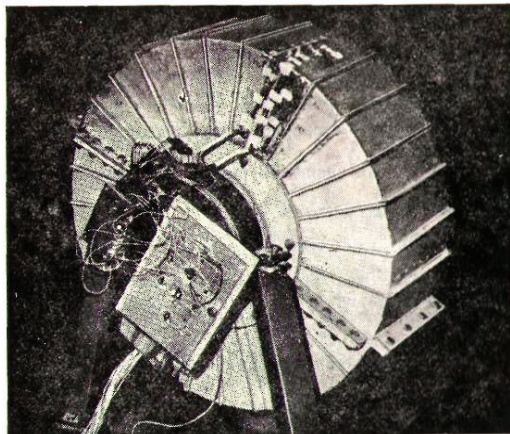


Рис. 1. Модель барабана млина самоподрібнення

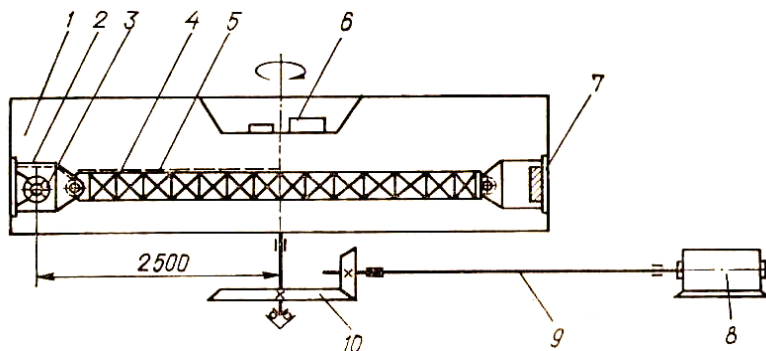


Рис. 2. Схема стенда для проведення досліджень напруженого стану моделей барабанів млинів різної конструкції: 1 – корпус центрифуги; 2 – возик для установки моделі; 3 – модель барабана; 4 – коромисло; 5 – провідники; 6 – вимірювальна апаратура; 7 – контрвантаж; 8 – приводний електродвигун; 9 – вал; 10 – редуктор

Методика дослідження докладно викладена у роботі [10]. Для такого випадку моделювання визначальними параметрами є діаметр барабана B (м), коефіцієнт Пуассона ν (безрозмірний), модуль пружності E , густина пульпи ρ (кг/м³), діюче навантаження F (Н).

Отже, визначальних параметрів – 5, параметрів з незалежними розмірностями – 2. Виходячи з цього, в такому випадку для забезпечення фізичної схожості є три комплекси ν , $E/\rho g D$, ρ/ED^2 .

Оскільки моделі виготовляються з того ж матеріалу, що й натура, параметри ρ , ν і E у моделі і натури однакові. Тому для дотримання механічної подібності повинні виконуватися такі умови: $gD = \text{const}$, $\rho/D^2 = \text{const}$. За прийнятого масштабу моделювання $D_m = (1/20)D_n$, $g_n = 20g$, де D_m , D_n – діаметри барабана моделі і натури; g_n , g – прискорення відцентрової сили і сили тяжіння.

Необхідна частота обертання ротора центрифуги визначається так:

$$g_n = \omega^2 R = 20g; \quad w = \sqrt{20g/R}; \quad \omega = \sqrt{\frac{20 \cdot 9,81}{2,5}} = 8,85 \text{ с}^{-1}; \quad n = 60$$

$$\frac{\omega}{2\pi} = 60 \frac{8,85}{2 \cdot 3,14} = 85,36 \text{ с}^{-1}.$$

Маса завантаження в модель барабана млина визначається виходячи з умов: об'єм робочого простору барабана натури – $V = 160 \text{ м}^3$, коефіцієнт заповнення – $\phi = 0,45$, $\rho = 0,62$, можливий коефіцієнт перевантаження – $K_1 = 1,15$, насипна маса руди – $\gamma = 2,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, тоді маса завантаження – $P_m = 18 \text{ кг}$.

У разі визначення таким чином параметрів моделювання досліджується напруження в елементах конструкції барабана млина з різною частотою обертання ротора центрифуги на моделях барабана без ребер жорсткості, з ребрами тільки на торцевих стінках і з ребрами на стінках і обичайки.

Для вимірювання напруження застосовувалися тензорезистори опору 100 Ом і базою 10 мм, з'єднані за напівмостовою схемою, та комплект тензометричної апаратури, що складається з блоку живлення, підсилювача 8АН4-7м і осцилографа Н-700. Тензорезистори наклеюються ціакриновим клеєм, завдяки чому спрощується технологія наклейки і відпадає необхідність термообробки наклеєних тензометричних мостів. Схеми розташування тензорезисторів на моделі барабана млина показано на рис. 3.

У загальноприйнятих методиках у разі проведення досліджень напруження на обертових

деталях електричні імпульси від тензометричних мостів, що знаходяться на обертовій деталі, до тензометричної апаратури передаються за допомогою струмознімальних пристроїв з ковзаючими контактами, що нерідко спотворює характер і точність вимірювань через наявність перехідних контактних опорів. З метою спрощення вимірювальної схеми, виключення впливу перехідних контактних опорів і підвищення достовірності вимірів струмознімальний пристрій не застосовується, а вимірювальна тензометрична апаратура встановлена безпосередньо на обертовому корпусі центрифуги біля її осі, де відцентрова сила має мінімальне значення. Тензометрична апаратура з'єднується безпосередньо з тензорезисторами, закріпленими на моделі барабана, яка встановлюється у візку центрифуги з допомогою гнучкого екранованого кабеля. Управління роботою тензометричної апаратури проводиться дистанційно за періодичного візуального контролю налаштування апаратури. Отримані в результаті досліджень осцилограми зміни напружень у всіх замірних точках на барабані млина обробляються і розшифровуються за загальноприйнятою методикою.

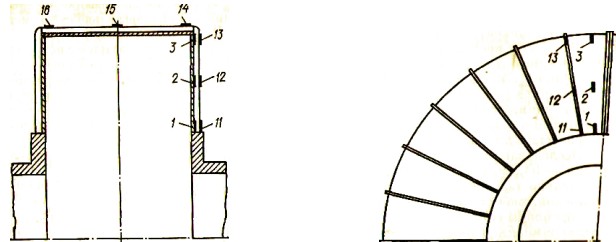


Рис. 3. Схеми розташування тензорезисторів на моделі барабана млина для досліджень у відцентровому полі (тут і на рис. 4 цифри – номери тензорезисторів)

За середнім значенням експериментальних даних будуються епюри розподілу напруг у торцевих стінках і обичайці, а також у ребрах жорсткості стінок і обичайки барабана. На підставі порівняльного аналізу епюр напружень у моделях барабанів різної конструкції робляться висновки про вплив ребер жорсткості на величину і характер розподілу напружень у різних елементах барабана, міцності і надійності барабанів різної конструкції.

Вплив типу опор підшипників (вальниці). Для проведення досліджень проектується і виго-

товляється модель барабана млина в масштабі 1:20 з дотриманням вимог геометричної і силової подібності.

Барабан обладнується двома змінними комплектами підшипників (вальниці) з різними типами опор – плоскою, жорстко закріпленою опорою основи підшипників і сферичною, рухомою, самоустановлювальною опорою.

Для визначення напружень у моделі барабана на торцевих стінках і обичайці наклеюються тензорезистори ПКБ-10-100 опором 100 Ом і базою 10 мм. Схема з'єднання тензорезисторів – напівмостова з робочим і компенсаційним тензорезисторами. Кріпляться тензорезистори ціакриновим клеєм, який дозволяє обходитися без термічної обробки.

У процесі досліджень підшипників навантаження на барабан створюється за допомогою навантажувального пристосування, що складається з п'ятитонного гідравлічного преса та спеціальної фасонної прокладки, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження на барабан. Деформації і напруження, що виникають в елементах барабана, сприймаються тензорезисторами, фіксуються і записуються за допомогою тензометричної апаратури (рис. 4).

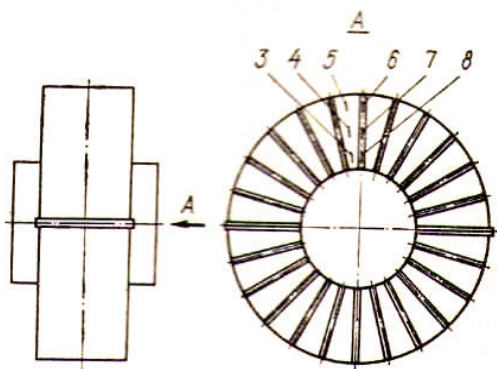


Рис. 4. Схема розташування тензорезисторів моделі барабана млина (компенсаційні тензорезистори не показані)

Дослідження проводилися за таких величин навантаження на барабан: 53, 79, 105 і 132 МН. Ці навантаження прикладалися послідовно спочатку до барабана, встановленого на підшипниках з плоскою, жорстко закріпленою опорою підстави підшипника, потім ці опори замінювалися сферичними, рухливими, самоустановлювальними. За допомогою тензометричної апаратури

фіксувалися і записувалися осцилограми напруг у всіх замірних точках на барабані за різних типів опор підшипників, оброблювалися і розшифровувалися згідно з розглянутою методикою.

За отриманими експериментальними даними будуються епюри напружень в елементах барабана млина (торцевих стінках і ребрах жорсткості). На основі порівняльного аналізу епюр напружень робляться висновки про вплив типу опор підшипників на величину і характер розподілу напружень в елементах конструкції барабана.

Вплив ребер жорсткості. Згідно з методикою, викладеною вище, досліджувався вплив ребер жорсткості на характер розподілу напружень у барабані млина.

У результаті досліджень отримані експериментальні значення напружень у всіх замірних точках моделей барабанів без ребер жорсткості і з ребрами. За середнім значенням експериментальних даних побудовані епюри розподілу напруги в торцевих стінках і обичайці барабана, а також у ребрах жорсткості стінок і обичайки (рис. 5).

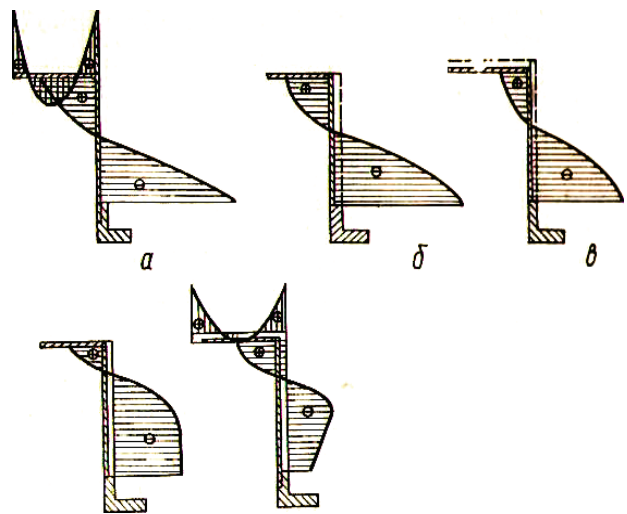


Рис. 4. Епюри розподілу напружень у радіальному перетині торцевої стінки і ребрах жорсткості моделі барабана млина різної конструкції у разі навантаження у відцентровому полі з прискоренням 20g

Як впливає з наведених епюр, максимальні напруження виникають у торцевих стінках без ребер жорсткості та обичайці (рис. 5а). По висоті стінки напруження розподіляються нерівномірно і мають тенденцію до різкого збільшення у напрямку до цапфи.

За наявності ребер жорсткості напруження на торцевій стінці знижуються майже на 20% (рис. 5б); по висоті стінки характер розподілу напружень залишається таким же, як і у стінці без ребер жорсткості. У разі установки ребер жорсткості на торцевій стінці і на обичайці барабана напруження в торцевій стінці знижуються на 35–50%, однак у перерізі біля з'єднувального фланця цапфи залишаються в 2–3 рази більшими, ніж напруження поблизу обичайки (рис. 5в). У разі установки ребер жорсткості тільки на торцевій стінці характер розподілу напружень у ребрах такий само, як і у стінці, і вони не викликають помітного перерозподілу напружень як у самій стінці, так і в ребрах, а тільки дещо знижують їх величину (рис. 5г).

Якщо ребра жорсткості установлені і на торцевій стінці, і на обичайці, то напруження в ребрах жорсткості стінки помітно зменшуються. Крім того, відбувається перерозподіл напружень по висоті ребра стінки і в бік зменшення їх величини в небезпечному перерізі – поблизу з'єднувального фланця цапфи (рис. 5д).

У ребрах обичайки характер розподілу напружень такий само, як і в обичайці без ребер жорсткості, а напруження в 1,5 раза більші, ніж у обичайки. У разі збільшення швидкості обертання центрифуги, а отже, у разі збільшення навантаження на моделі барабана млина напруження у всіх елементах барабана зростають, характер їх розподілу не змінюється. Отже, величина навантаження на барабані істотно впливає тільки на абсолютну величину напружень в елементах його конструкції, не змінюючи характеру їх розподілу.

За наведеною вище методикою досліджувався також вплив типу опор підшипників млина на напружений стан барабана млина. Результати обробки експериментальних даних зведені в таблиці 1.

За середніми значеннями експериментальних даних побудовані епюри розподілу напружень в елементах конструкції барабана за таких типів

опор підшипників – плоскою, жорстко-закріпленою, сферичною, рухомою, самоустановлювальною (рис. 6а, 6б).

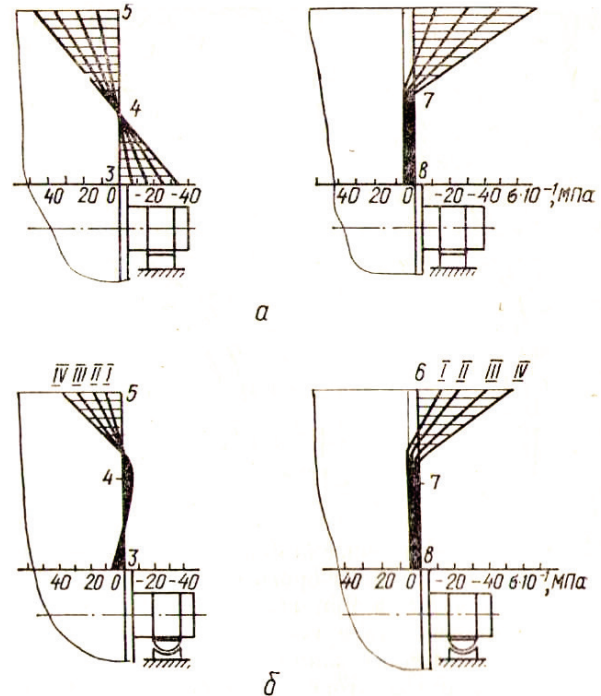


Рис. 6. Епюри розподілу напруги в торцевих стінках і ребрах жорсткості моделі барабана млина за різних типів опор підшипників: а – плоска жорстка опора; б – сферична самоустановлювальна опора: I, II, III, IV – навантаження на барабан 53, 79, 105 і 132 МН відповідно; 3–8 – номери тензорезисторів у точках виміру напруг

У результаті встановлено, що у разі прийнятої схеми навантаження барабана млина в торцевій стінці поблизу обичайки (рис. 6, точка 5) за сферичної опори підшипника напруження в 1,4 раза менше, ніж за жорсткої опори. В ребрах

Таблиця 1

Вплив конструктивних параметрів на напруження в барабані млина, МПа

Датчик	Навантаження, МН			
	53	79,0	105,0	132,0
3	6,8/2,2	15,8/4,0	25,2/4,5	34,7/4,5
4	2,2/1,0	4,0/1,5	5,6/1,8	7,7/2,2
5	12,2/9,0	23,4/17,2	35,3/26,0	36,9/33,3
6	12,0/15,5	30,6/24,8	49,5/41,5	69,0/57,5
7	3,1/4,1	2,7/4,5	1,3/4,5	0,5/2,7
8	2,3/1,5	2,2/2,7	1,5/2,2	1,5/1,8

Примітки: у чисельнику наведено дані у разі жорстко закріпленої опори підшипників, у знаменнику – у разі самоустановлювальної опори.

жорсткості торцевої стінки в цій же точці напруження у разі застосування сферичної опори підшипників зменшуються в 1,3 раза порівняно з жорсткою опорою. У середній частині торцевої стінки (точка 4) напруження майже в 2 рази менше за сферичної опори, ніж за жорсткої; в ребрах напруження практично не змінюються.

Результати експерименту підтверджують, що найбільше тип опор підшипників впливає на напруження в області цапфи. Як видно з епюр, напруження в торцевій стінці біля цапфи (точка 3) у разі застосування сферичної опори зменшується майже у 6 разів порівняно з плоскою опорою. Крім того, додатковий ступінь свободи у разі самоустановлювальної опори призводить до деформації подвійного вигину торцевої стінки (рис. 6, а і б – ліва частина). Збільшення навантаження на барабан млина призводить до пропорційного збільшення напруження в торцевих стінках барабана (криві I–IV).

Висновки. Отже, на підставі результатів виконаних досліджень та аналізу впливу ребер жорсткості і типу опор підшипників на напружений стан барабана млина встановлено таке.

У разі впливу на барабан динамічних навантажень у торцевих стінках постійної товщини без ребер жорсткості виникають значні напруження знакозмінного характеру, які мають тенденцію збільшуватися до цапфи.

Посилення тільки торцевої стінки радіальними ребрами жорсткості призводить до зниження напружень у стінці на 20%, але не усуває їх нерівномірного розподілу по висоті в радіальному перерізі.

Напруження в ребрах також нерівномірно розподіляються по довжині ребра і збільшуються у напрямку до цапфи.

Підсилення барабана млина сумірними ребрами жорсткості на торцевій стінці та обичайці призводить до зниження напружень у торцевій стінці на 35–50% і зменшення концентрації напружень біля цапфи.

У ребрах відбувається перерозподіл напружень з тенденцією до зменшення в небезпечному перерізі.

Ребра обичайки суттєво не впливають на характер розподілу напруги в обичайці.

У разі збільшення навантаження на барабан напруження у всіх його елементах збільшуються.

Застосування сферичних самоустановлювальних опор підшипників барабана дозволяє суттєво знизити напруження в торцевих стінках, підвищити міцність, надійність та довговічність барабана.

Перспективним напрямом подальших досліджень є моделювання напруженого стану барабана млина самоподрібнення з допомогою програмного ресурсу SolidWorks.

ЛІТЕРАТУРА

1. Morrell S. A new autogenous and semi-autogenous mill model for scale-up, design and optimisation. *Minerals Engineering*. 2004. 17 (3). Pp. 437–445. DOI: 10.1016/j.mineng.2003.10.013.
2. Salazar J.L., Magne L., Acuña G. & Cubillos F. Dynamic modelling and simulation of semi-autogenous mills. *Minerals Engineering*. 2009. 22 (1). Pp. 70–77. DOI: 10.1016/j.mineng.2008.04.009.
3. Jabbari M. & Mohazzab A.H. Analytical Solution for Centrifugal Force Effect in Functionally Graded Hollow Sphere. *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vol. 110–116. Pp. 2829–2837. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.110–116.2829.
4. Qun Zhang Song Cen. Multiphysics Modeling: Numerical Methods and Engineering Applications. *Tsinghua University Press Computational Mechanics Series. Imprint: Academic Press*. 2015. 440 p. eBook ISBN: 9780124077379; Hardcover ISBN: 9780124077096.
5. Підготовка корисних копалин до збагачення : монографія / М.І. Сокур, В.С. Білецький, О.І. Єгурнов, О.М. Воробйов, В.О. Смирнов, Д.П. Божик. Кременчуцький національний ун-т ім. М. Остроградського, Академія гірничих наук України. Кременчук : ПП Щербатих О.В., 2017. 392 с.
6. Смирнов В.О., Білецький В.С., Шолда Р.О. Переробка корисних копалин : монографія. Донецьк : Східний видавничий дім, 2013. 600 с.
7. Смирнов В.О., Білецький В.С. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин. Донецьк : Східний видавничий дім, НТШ-Донецьк, 2012. 284 с.
8. Дезінтеграція мінеральних ресурсів : монографія / М.І. Сокур, М.В. Кияновський, О.М. Воробйов, Л.М. Сокур, І.М. Сокур. Кременчук : Видавництво ПП Щербатих О.В., 2014. 304 с.
9. Потураев В.Н., Сокур М.И. Мельницы самоизмельчения. Киев : Наукова думка, 1988. 220 с.
10. Ягунов А.В., Сокур Н.И. Исследование напряжений в барабане мельницы самоизмельчения МБ-90-30 методом электротензометрирования. *Кривой Рог*, 1976.

RESEARCH OF THE STRESS STATE OF THE DRUM OF THE SELF-FINISHING MILL IN THE FIELD OF CENTRIFUGAL FORCES

Mykola Sokur

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20, Pershotravneva St., Kremenchuk, Ukraine, 39600
ORCID: 0000-0001-6779-3293

Roman Arhat

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20, Pershotravneva St., Kremenchuk, Ukraine, 39600,
 argat.rg@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9247-5297

Volodymyr Biletskyi

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 2, Kyrpychova str., Kharkiv, Ukraine, 61002, ukcdb@i.ua
ORCID: 0000-0003-2936-9680

Denis Bozhyk

Private Joint-Stock Company "Suha Balka", 5, Konstitutsiynna St., Kryvyi Rih, Ukraine, 50000
ORCID: 0000-0001-7620-7997

The purpose of this work is to obtain models of the stressed state of the drum elements of the autogenous mill using the theory of similarity and imitation of the load in the field of centrifugal forces. The method of investigation is the physical simulation of the work of the drum of a autogenous mill. At the same time, experimental studies of the stress state of the drum model of a autogenous mill are performed on a special bench consisting of a centrifuge in which the drum model is loaded. To measure stresses, tenoresistors of resistance of 100 Ohms and a base of 10 mm connected by a half-bridge scheme were used, and a set of strain gauges consisting of a power unit, an amplifier 8AN4-7m and an oscillograph N-700. Experimentally obtained stress distribution diagrams in the elements of the mill drum design, in particular, the end walls and drum shell, as well as in the ribs of wall and shell stiffness. The stress values in all the measuring points of the drum models without stiffeners and with ribs are determined. Analysis of the influence of the stiffeners and the bearing support type on the stressed state of the mill drum shows that the stress in the end wall of the mill drum is of an alternating nature and increases to a pin. The reinforcement of only the end wall by the radial stiffeners results in a reduction in stresses in the wall by 20%. The strengthening of the mill drum with commensurable stiffeners on the end wall and shell leads to a reduction of stresses in the end wall by 35–50% and a decrease in stress concentration in the trunnion. The use of spherical self-aligning bearings of the drum bearings allows to significantly reduce stresses in the end walls, to increase the strength, reliability and durability of the drum. The influence of the bearing type and the stiffeners on the nature of the distribution of stresses in the mill drum is established. The results obtained can be used to modernize and optimize the design of new autogenous mills.

Key words: autogenous mill, physical modeling, mill design, end wall and reinforcement ribs, drum bearings bearings.

REFERENCES

1. Morrell, S. (2004). A new autogenous and semi-autogenous mill model for scale-up, design and optimisation. *Minerals Engineering*. 17 (3). Pp. 437–445. DOI: 10.1016/j.mineng.2003.10.013.
2. Salazar, J.L., Magne, L., Acuña, G. & Cubillos, F. (2009). Dynamic modelling and simulation of semi-autogenous mills. *Minerals Engineering*. 22 (1). Pp. 70–77. DOI: 10.1016/j.mineng.2008.04.009.
3. Jabbari, M. & Mohazzab, A.H. (2012). Analytical Solution for Centrifugal Force Effect in Functionally Graded Hollow Sphere. *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 110–116, PP. 2829–2837. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.110–116.2829.
4. Qun Zhang Song Cen. (2015). Multiphysics Modeling: Numerical Methods and Engineering Applications. *Tsinghua University Press Computational Mechanics Series*. Imprint: Academic Press. 440 P. eBook ISBN: 9780124077379; Hardcover ISBN: 9780124077096.
5. Sokur, M.I., Biletsky, V.S., Yehurnov, O.I., Vorobyov, O.M., Smyrnov, V.O., Bozhyk, D.P. (2017). Pidhotovka korysnykh kopalyn do zbahachennya: monohrafiya [Preparation of minerals for enrichment: monograph]. *Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Academy of Mining Sciences of Ukraine*. PP Shcherbatykh O.V. Kremenchuk, 392 p. [in Ukrainian].
6. Smyrnov, V.O., Biletsky, V.S., Sholda, R.O. (2013). Pererobka korysnykh kopalyn: monohrafiya [Mineral processing: monograph]. *Eastern Publishing House*. Donetsk, 600 p. [in Ukrainian].
7. Smyrnov, V.O., Biletsky, V.S. (2012). Pidhotovchi protsesy zbahachennya korysnykh kopalyn [Preparatory processes of mineral enrichment]. *Eastern Publishing House, NTSh-Donetsk*. Donetsk, 284 p. [in Ukrainian].

8. Sokur, M.I., Kiyanovskyi, M.V., Vorobyov, O.M., Sokur, L.M., Sokur, I.M. (2014). Dezintehratsiya mineral'nykh resursiv: monohrafiya [Disintegration of mineral resources: monograph]. PP Shcherbatiykh O.V. Kremenchuk, 304 p. [in Ukrainian].

9. Poturaev, V.N., Sokur, M.I. (1988). Mel'nitsy samoizmel'cheniya [Self-grinding mills]. *Naukova dumka [Scientific thought]*. Kyiv, 220 p. [in Russian].

10. Yagupov, A.V., Sokur, M.I. (1976). Issledovaniye napryazheniy v barabane mel'nitsy samoizmel'cheniya MB-90-30 metodom elektrotenzometrirovaniya [Investigation of stresses in the drum of the self-grinding mill MB-90-30 by electrostrain measurement]. Kryvyi Rih [in Russian].

Стаття надійшла 29.05.2022

ФОРМУВАННЯ ПРОГНОСТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ У МАЙБУТНІХ ВИХОВАТЕЛІВ: ДИДАКТИЧНИЙ АСПЕКТ

Оксана Бартків

кандидат педагогічних наук,

доцент кафедри загальної педагогіки та дошкільної освіти

Волинський національний університет імені Лесі Українки просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025, bartciv.oksana@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1301-2169

Євгенія Дурманенко

кандидат педагогічних наук,

доцент кафедри теорії та методики дошкільної освіти

Комунальний заклад вищої освіти «Луцький педагогічний коледж» Волинської обласної ради, просп. Волі, 36, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43010, ariewg60@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1993-5028

Актуальність аналізу та визначення дидактичних засад формування прогностичної компетентності як здатності майбутнього вихователя цілеспрямовано планувати, реалізовувати, прогнозувати результати освітнього процесу, документувати його зумовлена вимогами нормативних документів у галузі дошкільної освіти. Реалізація цієї компетентності уможливує виконання майбутнім вихователем основної трудової функції – організації, забезпечення та реалізації освітньої діяльності.

Мета статті полягає в обґрунтуванні дидактичного аспекту формування прогностичної компетентності у майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти. У процесі наукового пошуку використано методи аналізу, синтезу, узагальнення, систематизацію для уточнення поняття «прогностична компетентність майбутніх вихователів», визначення її компонентів та обґрунтування змісту її формування.

На основі аналізу різних підходів учених до визначення сутності досліджуваного поняття та вимог нормативних документів прогностична компетентність майбутнього вихователя розглядається як складна полідетермінована, динамічна його здатність усвідомлено та цілеспрямовано планувати, передбачати (структуру, зміст, етапи, відхилення та виклики, результати) та коригувати освітній процес, власні педагогічні дії, переживання, проектувати та організовувати конструктивну педагогічну діяльність на підставі адекватного ймовірнісного прогнозу. Доведено, що в основі прогностичної компетентності лежать уміння здійснювати прогноз – прогностичні уміння, формування яких вимагає врахування їхніх особливостей: інтегрованості, опосередкованості, різноплановості.

Формування прогностичної компетентності у майбутніх вихователів визначається як цілеспрямований, керований, свідомий та творчий процес навчально-пізнавальної діяльності студентів, що містить взаємозалежні та взаємодоповнюючі ціннісно-мотиваційний, пізнавально-когнітивний, операційно-процесуальний та особистісно-рефлексивний компоненти, і спрямований на розв'язання проблемно-пошукових завдань, ситуацій, які передбачають розвиток основних прогностичних умінь студентів здійснювати як елементарні прогностичні операції й дії, так і реалізовувати цілісні методики педагогічного прогнозування. Доведено, що значний змістовий потенціал у формуванні прогностичної компетентності студентів містить навчальний курс «Основи дошкільної дидактики».

Ключові слова: компетентність, прогностична компетентність, майбутній вихователь, заклад дошкільної освіти, прогностичні уміння.

Актуальність проблеми. Досягнення високого рівня професійної діяльності сучасний вихователь зможе досягнути, організовуючи власну педагогічну діяльність на прогностичній основі як передбаченні позитивного результату, враховуючи суттєво нові обставини розвитку дошкільної освіти в умовах її модернізації. Сформовані у фахівця прогностичні знання, вміння й навички сприятимуть окресленню ним можливих змін у змісті, структурі й організації освітнього

процесу в закладах дошкільної освіти. Згідно з цим, особистість може досить легко вносити корективи у впровадження педагогічних інновацій і планувати власну професійно-педагогічну діяльність. На необхідності формування прогностичної компетентності у студентів наголошено в Професійному стандарті вихователя закладу дошкільної освіти, в якому серед професійних компетентностей майбутнього фахівця визначена і прогностична як «здатність планувати

та прогнозувати результати освітнього процесу, здатність до цілепокладання, самоорганізації та підготовки до здійснення освітнього процесу та здатності до його документування. Реалізація цієї компетентності, поряд з організаційною, оцінювально-аналітичною та предметно-методичною, уможливило виконання майбутнім вихователем такої трудової функції, як організація, забезпечення та реалізація освітнього процесу» [1]. Отже, зростання вимог суспільства до якості професійної підготовки майбутніх вихователів та їхніх особистісних характеристик актуалізують пошук і впровадження нових підходів до реалізації оновленого змісту професійної освіти, основним результатом якої є формування їхньої фахової компетентності загалом та прогностичної зокрема.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання формування прогностичної компетентності фахівців розглядається вченими різних галузей: прогностична компетентність майбутніх військових фахівців (І. Азаров), педагогів (Ю. Бунас), соціальних педагогів (Т. Веретенко), викладачів (А. Присяжна), майбутніх магістрів початкової освіти (Т. Постоян), учителів (Д. Пузіков) та ін. Тоді як проблема формування прогностичної компетентності у майбутніх вихователів не знайшла широкого відображення в поглядах науковців.

Мета статті полягає в обґрунтуванні дидактичного аспекту формування прогностичної компетентності у майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти (далі – ЗДО) (на прикладі курсу «Основи дошкільної дидактики»). Досягнення мети вимагає розв'язання низки взаємопов'язаних завдань: 1) уточнити сутність понять «прогностична компетентність майбутнього вихователя», «формування прогностичної компетентності майбутніх вихователів»; 2) визначити компоненти прогностичної компетентності майбутніх вихователів; 3) обґрунтувати змістовий потенціал курсу «Основи дошкільної дидактики» у формуванні прогностичної компетентності майбутніх вихователів.

Постановка проблеми. В Освітньо-професійній програмі підготовки фахівців за спеціальністю 012 «Дошкільна освіта» першого (бакалаврського) рівня у Волинському національному університеті імені Лесі Українки серед професійних компетентностей визначена прогностична і потрактована як «здатність прогнозувати результати освітнього процесу, планувати та коригувати освітній процес» [2]. Про-

гностична компетентність педагога – це «його складна й динамічна професійна здатність, що включає взаємопов'язані цінності, мотиви, знання, прогностичні вміння й навички, практичний досвід, які визначають його спроможність успішно здійснювати прогностичну діяльність, прогнозувати розвиток об'єктів, які належать до системи освіти» [3, с. 11]. Своєю чергою Д. Пузіков це поняття трактує значно ширше, розглядаючи його як «складну, полідетерміновану, динамічну здатність особистості, котра має вагоме професійне значення, поєднує цінності, мотиви, цілі, знання, прогностичні вміння й навички, практичний досвід, що визначають спроможність учителя успішно здійснювати прогностичну діяльність задля регуляції та оптимізації своєї освітньої і самоосвітньої діяльності...» [4, с. 362]. Характеризуючи прогностичну компетентність педагога, Ю. Бунас наголошує на її полідетермінованій властивості, що в методологічному плані може поєднувати у собі основні види детермінації, а значить, включає здатність людини передбачати хід подій, власних дій, переживань, вчинків оточуючих й, відповідно, будувати діяльність на підставі адекватного ймовірного прогнозу [5, с. 53]. Нам думка науковиці про те, що прогностична компетентність існує як властивість імпонує, але актуальною вона стає, коли розгортається як психічний процес; проявляється у вигляді довільної, усвідомленої та цілеспрямованої активності, має статус діяльності і може бути проаналізована з точки зору структури діяльності через опис її мотивів, завдань, цілей, дій. Саме прогноз є ланкою між оцінкою наявного стану об'єкта та організацією засобів і способів впливу на нього [5, с. 53].

З огляду на думки вчених та власний досвід викладання прогностичну компетентність майбутнього вихователя будемо розглядати як складну (включає компоненти), полідетерміновану (зумовлену низкою психологічних, фізіологічних, ситуативних, соціальних чинників), динамічну (постійно в розвитку) його здатність усвідомлено та цілеспрямовано планувати, передбачати (структуру, зміст, етапи, відхилення та виклики, результати) та коригувати освітній процес у ЗДО, власні педагогічні дії, переживання і проектувати та організовувати конструктивну педагогічну діяльність на підставі адекватного ймовірного прогнозу.

Учені (А. Антоненко, Ю. Бунас та ін.) зазначають, що в основі прогностичної компетентності лежать уміння здійснювати прогноз –прогнос-

тичні уміння. У нашому дослідженні спираємося на погляди А. Антонєць, який констатує, що серед прогностичних умінь особливої ваги набувають інтелектуальні, проєктивні, аналітичні уміння, моделювання, та формування прогностичних умінь розглядає як спеціально організовану навчально-пізнавальну діяльність студентів, спрямовану на виконання професійно орієнтованих завдань та розв'язування проблемно-пошукових ситуацій, які передбачають розвиток їхніх умінь здійснювати як елементарні прогностичні операції й дії, так і реалізовувати цілісні методики прогнозування [6, с. 8]. Резюмуємо, що лише досконале володіння вихователем прогностичними вміннями сприятиме успішному прояву його прогностичної компетентності у професійній діяльності.

Отже, взявши до уваги погляди А. Антонця [6], у процесі формування прогностичних умінь необхідно враховувати такі їхні особливості, як інтегрованість, опосередкованість та різноплановість, оскільки реалізуються на основі наявного досвіду і знань про стан наявних уявлень у дітей у різні вікові періоди розвитку. Формування прогностичних умінь студентів здійснюємо за компонентами, що характерні професійній компетентності: мотиваційно-ціннісним – включає позитивну мотивацію до оволодіння прогностичною компетентністю і визнання її як вагомій професійної цінності через залучення студентів до участі в мотиваційних тренінгах, розв'язання педагогічних ситуацій, творчих завдань тощо; когнітивно-пізнавальним – пізнання сутності та структури прогностичної компетентності на основі оволодіння теорією прогностичної діяльності через опрацювання різних педагогічних джерел, самостійної та групової роботи тощо; операційно-процесуальним – оволодіння компетенціями прогностичної діяльності та їх ефективне впровадження в освітній процес ЗДО через виконання різнопланових завдань, мінікейсів, мікрОВикладань, практичних задач, проєктів тощо; особистісно-рефлексивним – передбачає самоаналіз та рефлексію сформованої прогностичної компетентності та професійно важливих якостей для здійснення прогностичної діяльності через активну самоосвітню діяльність, реалізацію групових та індивідуальних проєктів, квестів тощо.

З огляду на це та доповнюючи думки Ю. Бунас [5], формування прогностичної компетентності у майбутніх вихователів розглядаємо як цілеспрямований (оскільки передбачає мету і результат –

здатність прогнозувати процес навчання в ЗДО), керований (керівництво пізнавальною діяльністю студентів з боку викладача і самокерівництво з боку студентів), свідомий (і викладач, і студенти усвідомлюють необхідність сформованості прогностичної компетентності у професійній діяльності вихователя ЗДО) та творчий (кожен студент індивідуально підходить до проєктування заняття в ЗДО) процес навчально-пізнавальної діяльності студентів, що містить взаємозалежні та взаємодовнюючі ціннісно-мотиваційний, пізнавально-когнітивний, операційно-процесуальний та особистісно-рефлексивний компоненти, і спрямований на розв'язання проблемно-пошукових завдань, ситуацій, які передбачають розвиток прогностичних умінь здійснювати прогностичні дії і реалізовувати методики педагогічного прогнозування.

Значний змістовий потенціал у формуванні прогностичної компетентності студентів містить навчальний курс «Основи дошкільної дидактики» [7], оскільки особливість цієї компетентності зумовлена конкретним змістом і відповідними знаннями для побудови прогнозу. А це потребує насамперед «розвитку мовленнєво-мисленнєвих процесів, які і становлять структуру вміння прогнозувати, а також розвитку професійних знань для прогнозування педагогічних явищ» [8, с. 121].

У процесі наповнення двох змістових модулів курсу нами врахована думка про те, що педагогічне прогнозування (від гр. «prognosis» у перекладі «передбачення») – це розробка прогнозів, тобто ймовірних суджень щодо стану функціонування об'єктів у найближчому і віддаленому майбутньому. Будь-яке прогнозування покликане відповісти на запитання: «Що буде, якщо...?» і «Що треба зробити, щоб...?» [9].

Навчальна дисципліна «Основи дошкільної дидактики» належить до циклу вибіркової дисциплін і має на меті узагальнення та систематизацію майбутніми фахівцями загальних та фахових компетентностей планування, організації та коригування процесу навчання дітей дошкільного віку в закладах дошкільної освіти [7, с. 4]. У процесі її вивчення у студентів формуються загальні та фахові компетентності як складники прогностичної компетентності. Поряд з цим у контексті сформованості прогностичної компетентності студенти мають володіти такими основними програмними результатами навчання: планувати освітній процес у закладах дошкільної освіти з урахуванням вікових та індивідуальних можливостей дітей раннього і дошкільного віку,

дітей з особливими освітніми потребами та скласти прогнози щодо його ефективності; будувати цілісний освітній процес з урахуванням основних закономірностей його перебігу та ін. [7, с. 5].

Відповідно до силабусу навчальної дисципліни [7] нами визначено зміст прогностичної компетентності у майбутніх вихователів (рис. 1).

Отже, як засвідчує аналіз рисунку 1, у ході вивчення курсу «Основи дошкільної дидактики» формуємо у студентів здатності прогнозувати мету навчання дітей дошкільного віку, відбирати ефективні зміст, методи/форми організації навчання, планувати зміст взаємодії суб'єктів навчання та передбачати його результати, а у разі потреби уміти вносити корективи в процес навчання відповідно до вікових та індивідуальних особливостей дітей дошкільного віку. Поряд з цим у майбутніх вихователів формуються здатності гіпотетично визначати методи/форми організації пізнавальної діяльності дітей на занятті, які забезпечуватимуть ефективність навчання.

Коротко проаналізуємо змістовий потенціал курсу у формуванні у студентів прогностичної компетентності. Під час вивчення теми «Процес навчання в ЗДО. Вимоги до його організації. Діагностичність мети навчальних занять у ЗДО» у студентів формуються прогностичні уміння визначати діагностичну мету різного за видами (предметного, інтегрованого чи комплексного) заняття. Діагностичність у формуванні мети сприятиме виокремленню конкретного кола уявлень, які мають бути сформовані в дітей дошкільного віку; відбору інструментарію для виявлення та діагностики цих елементарних знань; прогнозування можливостей впливу на формування в дітей дошкільного віку недостатніх уявлень і окресленню шкали вимірювання рівня їх сформованості. У цьому контексті сутність прогно-

сисних умінь характеризується оволодінням студентами комплексом розумових і практичних дій, спрямованих на формулювання діагностичної мети заняття (інтелектуальні і проєктивні прогностичні уміння, за А. Антонєць). Саме ці уміння визначають здатність студентів аналізувати, зіставляти і реалізовувати мету та ідеальним передбаченням результату.

Уже в процесі вивчення теми «Зміст освіти в ЗДО. Базовий компонент дошкільної освіти. Вимоги до відбору змісту занять у ЗДО. Наступність дошкільної та початкової освіти відповідно до вимог Концепції Нової української школи» у студентів формуємо здатності аналізувати, систематизувати, узагальнювати, класифікувати зміст пізнавального матеріалу до кожного навчального заняття. Відзначаємо, що сформованість аналітичних умінь зумовлюється когнітивними здібностями студентів. Майбутні вихователі, аналізуючи погляди науковців, відзначають, що зміст навчання дітей дошкільного віку є однією з найактуальніших проблем у дошкільній дидактиці, адже ефективність навчання залежить передусім від його змістового наповнення. У процесі наукового пошуку резюмують, що за змістом навчання дітей дошкільного віку є енциклопедичним, тобто програми знань орієнтовані на значний обсяг предметів і явищ дійсності [10]. Диференціація різних сфер дійсності у змісті навчання дошкільників необхідна для підготовки їх до подальшого предметного навчання у школі (аналітичні прогностичні уміння, за А. Антонєць).

Вивчення теми «Методи та форми навчання в ЗДО. Особливості навчання дітей дошкільного віку в умовах інклюзії» передбачає формування здатностей студентів здійснювати відбір методів та форм організації навчання (відповідно до теми заняття, його мети, підбраного змісту, віко-

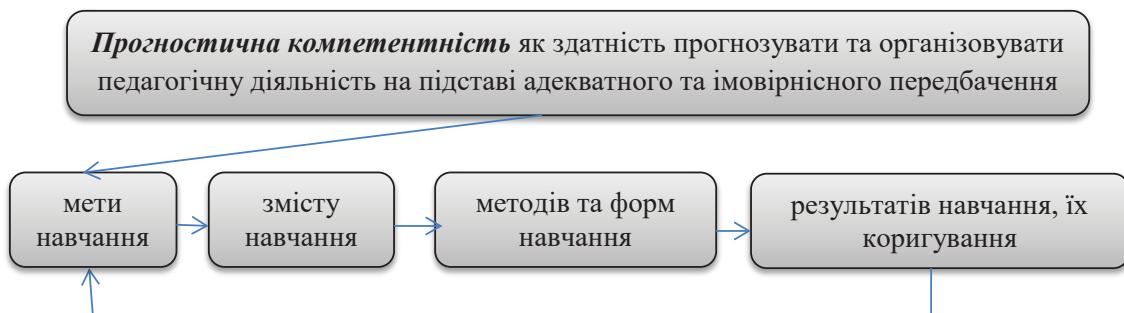


Рис. 1. Зміст прогностичної компетентності

вих особливостей дітей, кількості часу, матеріально-технічного забезпечення закладу дошкільної освіти тощо) та цілісно моделювати процес навчання дітей дошкільного віку (моделювання як уміння студентів до висування гіпотез, проведення експериментів, екстраполяції тощо (прогностичні уміння моделювання, за А. Антонець).

Отже, перший змістовий модуль «Дидактичні основи організації освітнього процесу в ЗДО» курсу «Основи дошкільної дидактики» спрямований на формування аналітичних, інтелектуальних, проєктивних прогностичних умінь та умінь прогностичного моделювання [7, с. 3].

У процесі вивчення другого змістового модулю «Інноваційні технології організації освітнього процесу в закладах дошкільної освіти» узагальнюються уміння моделювання процесу навчання дітей дошкільного віку з використанням інноваційних технологій (наприклад, «Організація процесу навчання дітей дошкільного віку із застосуванням технологій «Художнє слово і дитяче мовлення» (Н. Гавриш), «Казкові лабіринти гри» (В. Воскобович), «Вчитися фантазувати» (Н. Єгорова) та ін.) [7, с. 3]. Моделювання процесу оволодіння дітьми дошкільного віку елементарними знаннями сприяє формуванню у майбутніх фахівців цілісного бачення заняття через відбір ефективних змісту, форм, методів та засобів навчання відповідно до поставленої мети і очікуваних результатів; можливостей впливу на особистісний розвиток дитини на кожному його етапі та прояву власної здатності прогнозувати й організовувати майбутню освітню діяльність.

Висновки та перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Формування прогностичної компетентності у майбутніх вихователів є одним із провідних завдань у професійній підготовці фахівців дошкільної освіти. Вивчення курсу «Основи дошкільної дидактики» у майбутніх вихователів сприяє формуванню як загальної здатності до прогнозування (пов'язану з передбаченням майбутнього), так і спеціальної (пов'язану з ефективною реалізацією освітнього процесу в ЗДО). Формування прогностичної компетентності вихователя в процесі вивчення курсу «Основи дошкільної дидактики» передбачає відображення в його структурі компонентів зазначеної компетент-

ності, тобто розвиток мотивації, ціннісних ставлень щодо цілей, засобів, процесу та результатів освітнього процесу в ЗДО, а також оволодіння методиками прогностичної діяльності та рефлексію до застосованих змісту, методів та форм процесу навчання в ЗДО.

Проведене дослідження не претендує на вичерпний аналіз проблеми. Ґрунтовного дослідження потребує визначення ефективних форм та методів формування у майбутніх вихователів прогностичної компетентності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Професійний стандарт «Вихователь закладу дошкільної освіти», 2021. URL: <https://mon.gov.ua/ua/npra/pro-zatverdzhennya-profesijnogo-standartu-vihovatel-zakladu-doshkilnoyi-osviti>.
2. Освітньо-професійна програма «Дошкільна освіта» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. URL: https://eenu.edu.ua/sites/default/files/Files/osvitnya_programa_2020_new.pdf.
3. Педагогічне прогнозування розвитку загальної середньої освіти : практичний посібник / Л.А. Онищук, А.Д. Цимбалару, Д.О. Пузіков та ін. ; за наук. ред. Д.О. Пузікова. Київ : КОНВІ ПРІНТ, 2019. 160 с.
4. Пузіков Д.О. Навчально-методична література як засіб формування прогностичної компетентності сучасного вчителя. *Проблеми сучасного підручника*. Випуск 21. 2018. С. 359–371.
5. Бунас А.А. Прогностична компетентність як соціально значуща властивість особистості при прояві схильності до ризикованої поведінки. *Вісник ОНУ ім. І.І. Мечникова. Психологія*. 2014. Т. 19. Вип. 2 (32). URL: <http://journals.uran.ua/index.php/2304-1609/article/view/135082>.
6. Антонець А. Формування прогностичних умінь майбутніх менеджерів як педагогічна проблема. *Science and Education a New Dimension: Pedagogy and Psychology*. 2013, Vol. 7. С. 7–11.
7. Бартків О.С. Основи дошкільної дидактики: силабус вибіркової навчальної дисципліни. Луцьк, ВНУ ім. Лесі Українки, 2022. 22 с.
8. Халецька К. Інноваційні напрями у формуванні прогностичної компетентності майбутніх учителів природничо-математичних спеціальностей. *Інноваційна педагогіка*. Випуск 29. Т. 2. 2020. С. 120–123.
9. Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України ; голов. ред. В.Г. Кремень. Київ : Юрінком Інтер, 2008. 1040 с.
10. Поніманська Т. Дошкільна педагогіка : навчальний посібник. Київ : Академвидав, 2006. 456 с.

FORMATION OF PROGNOSTIC COMPETENCE IN FUTURE EDUCATORS: DIDACTIC ASPECT

Oksana Bartkiv

PhD in Pedagogy, Associate Professor, Senior Lecturer at the Department of General Pedagogy and Preschool Education,

Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-1301-2169

Evgeniya Durmanenko

PhD in Pedagogy, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Theory and Methods of Nursery Education

Municipal Higher Educational Institution “Lutsk Pedagogical College” of the Volyn Regional Council, 36 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43010

ORCID: 0000-0003-1993-5028

The relevance of the analysis and definition of the didactic principles of the formation of prognostic competence as an ability of the future educator purposefully plan, implement, predict the results of the educational process, document it, due to the requirements of normative documents in the field of preschool education. Implementation of this competence, near the organizational, evaluative-analytical and subject-methodical, makes it possible for the future educator to perform the main labor function – organization, provision and implementation of educational activities.

The purpose of the article consists in substantiating the didactic aspect of the formation of prognostic competence in future teachers of preschool education institutions.

In the process of scientific research, it was used methods of analysis, generalization, systematization to clarification of the concept of “prognostic competence of future educators”, determination of its components and justification of the content of its formation.

Based on the analysis of different approaches of scientists to the definition of the essence of the studied concept and the requirements of regulatory documents, the prognostic competence of the future educator is considered as a complex multi-determinant, his dynamic ability to consciously and purposefully plan, predict (structure, content, stages, deviations and challenges, results) and adjust the educational process, own pedagogical actions, experiences and design and organize constructive pedagogical activity based on an adequate probabilistic forecast. It has been proven that prognostic competence is based on the ability to make a forecast – prognostic skills, the formation of which requires taking into account their features: integration, indirectness, and diversity.

The formation of prognostic competence in future educators is defined as a purposeful, controlled, conscious and creative process of educational and cognitive activity of students, which contains interdependent and complementary value-motivational, cognitive-cognitive, operational-procedural and personal-reflective components, and is aimed at solving problem-searching tasks, situations that involve the development of basic prognostic skills of students to perform both elementary prognostic operations and actions, as well as to implement integral methods of pedagogical forecasting. It has been proven that the educational course “Fundamentals of Preschool Didactics” has significant content potential in the formation of prognostic competence of students.

Key words: competence, prognostic competence, future teacher, preschool education institution, prognostic skills.

REFERENCES

1. Profesiyni standart «Vykhovatel zakladu doshkilnoi osvity» (2021) [The professional standard “Pre-school teacher”]. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/npa/prozatverdzhennya-profesijnogo-standartu-vihovatel-zakladu-doshkilnoyi-osviti> [in Ukrainian].
2. Osvitno-profesiina prohrama «Doshkilna osvita» pershoho (bakalavrskoho) rivnia vyshchoi osvity (2020) [Pre-school education programme at the first (bachelor) level of higher education]. Retrieved from: https://eenu.edu.ua/sites/default/files/Files/osvitnya_programa_2020_new.pdf [in Ukrainian].
3. Pedahohichne prohnozuvannya rozvytku zahalnoi serednoi osvity (2019): praktychni posibnyk. Kyiv: KONVI PRINT. 160 p. [in Ukrainian].
4. Puzikov, D.O. (2018). Navchalno-metodychna literatura yak zasib formuvannya prohnostychnoi kompetentnosti suchasnoho vchytelia [Educational-methodological literature as a means of forming prognostic competence of the modern teacher]. *Problemy suchasnoho pidruchnyka*. Vypusk 21. Pp. 359–371 [in Ukrainian].
5. Bunas, A.A. (2014). Prohnostychna kompetentnist yak sotsialno znachushcha vlastyvist osobystosti pry proiavi skhylnosti do ryzykovanoi povedinky [Prognostic competence as a socially significant property of the individual when showing a tendency to risky behavior]. *Visnyk ONU im. I.I. Mechnykova. Psykholohiia*. T. 19. Vyp. 2 (32) [in Ukrainian].

6. Antonets, A. (2013). Formuvannia prohnostychnykh umin maibutnykh menedzheriv yak pedahohichna problema [Formation of prognostic skills of future managers as a pedagogical problem]. *Science and Education a New Dimension: Pedagogy and Psychology*. Vol. 7. Pp. 7–11 [in Ukrainian].

7. Bartkiv, O.S. (2022). Osnovy doshkilnoi dydaktyky [Basics of preschool didactics]: sylabus vybirkovoi navchalnoi dystsypliny. Lutsk, VNU im. Lesi Ukrainky, 22 p. [in Ukrainian].

8. Khaletska, K. (2020). Innovatsiini napriamy u formuvanni prohnostychnoi kompetentnosti

maibutnykh uchyteliv pryrodnycho-matematychnykh spetsialnostei [Innovative directions in the formation of prognostic competence of future teachers of natural-mathematical specialties]. *Innovatsiina pedahohika*. Vypusk 29. T. 2. Pp. 120–123 [in Ukrainian].

9. Entsyklopediia osvity (2008) [Encyclopedia of education]. Kyiv: Yurinkom Inter. 1040 p. [in Ukrainian].

10. Ponimanska, T. (2006.) Doshkilna pedahohika [Preschool pedagogy]: navchalnyi posibnyk. Kyiv: Akademvydav. 456 p. [in Ukrainian].

Стаття надійшла 26.05.2022

ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ У ВИЩІЙ ШКОЛІ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ЧИННИК ЇЇ РОЗВИТКУ

Світлана Гринюк

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземних мов математичних факультетів Навчально-наукового інституту філології

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 60, м. Київ, Україна, 01033, grynyuk.svetlana@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8019-759X

Ірина Зайцева

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземної філології та перекладу

Державний торговельно-економічний університет, вул. Кіото, 19, м. Київ, Україна, 02156, irenenazaruk8@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6556-0779

У статті досліджено проблему цифрової трансформації та цифровізації освіти України. Проаналізовано основні напрями та виклики цифровізації освітнього процесу в закладах вищої освіти в умовах трансформування системи освіти через поширення коронавірусної інфекції та у зв'язку із запровадженням на території України воєнного стану, спричиненого повномасштабним вторгненням Російської Федерації. З-поміж ключових напрямів цифровізації вищої освіти в Україні виокремлюємо такі як: створення освітянських ресурсів і цифрових платформ; розроблення та впровадження інноваційних комп'ютерних, мультимедійних і комп'ютерно орієнтованих засобів навчання та обладнання для створення цифрового навчального середовища; організація вільного доступу до Інтернету студентів у навчальних аудиторіях тощо.

Проаналізовано цифрові освітні ресурси, які використовуються в українських вишах у сучасних реаліях, а саме: відкриті освітні ресурси Prometheus Moodle, Zoom, Microsoft Teams; соціальні мережі та месенджери (Facebook, Twitter, My Space, Instagram, Viber, Telegram); телекомунікації, які включають у себе мережеві середовища Glogster Edu, Padlet, Scrumblr, Whiteboardfox. Розглянуто особливості використання цифрових освітніх ресурсів, їхні переваги та недоліки. Зроблено висновок, що в Україні на сьогодні є достатня кількість цифрових освітніх ресурсів для забезпечення якісної організації дистанційного та змішаного навчання та адаптації до нових умов епохи цифрової трансформації суспільства.

Ключові слова: цифровізація освіти, цифрові освітні ресурси, напрями та виклики цифровізації освітнього процесу, цифрова компетентність.

Постановка проблеми. Об'єктивні процеси становлення українського суспільства зумовлюють безперервне вдосконалення сфери освіти, пошук ефективних шляхів підвищення якості освітнього процесу, приведення її у відповідність до сучасних і перспективних потреб людини, суспільства, економіки, передусім забезпечення цифрових трансформацій та цифровізації національної освіти як визначального чинника її розвитку. Так, у Проекті Концепції цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року, зокрема, зазначається, що сучасна система освіти і науки має зазнати докорінних цифрових змін та відповідати світовим тенденціям цифрового розвитку для успішної реалізації кожною людиною свого потенціалу [1].

Однак глобальні виклики XXI століття (пандемія COVID-19 і повномасштабна війна в Україні) внесли свої корективи у розвиток подій, зміс-

тили пріоритети та поставили перед науковою спільнотою інші завдання та запити. А отже, загострили проблему розвитку та опанування технологій у системі освіти задля забезпечення прав громадян на якісну освіту; прискорили процес цифрових трансформацій системи освіти та кинули виклик закладам освіти, зокрема сектору вищої освіти, поспіхом адаптуватися до нової реальності, ухвалюючи відповідні рішення для розв'язання організаційних та методичних проблем в умовах безперервного навчального процесу.

Як результат, цифрові освітні ресурси постали фундаментальним фактором ефективного забезпечення освітнього процесу в умовах дистанційної та онлайн-освіти; широке впровадження цифрових технологій, зміна методики навчання та викладання, модернізація педагогічних підходів зумовили нові вимоги до викладачів, зокрема

до формування цифрової компетентності, що зазначається у Наказі Міністерства освіти і науки України від 10.12.2021 р. № 1340 «Про затвердження Типової програми підвищення кваліфікації педагогічних працівників з розвитку цифрової компетентності» [2, с. 1].

Таким чином, розв'язання проблем цифрової трансформації та цифровізації освіти України визначально впливає на забезпечення рівного доступу до якісної освіти впродовж життя широких верств населення, людей з різними віковими ознаками й освітніми потребами і, відповідно, актуалізує потребу наукового пізнання питання.

Мета статті – вивчити проблему цифрової трансформації та цифровізації освіти України; проаналізувати основні напрями та виклики цифровізації освітнього процесу в закладах вищої освіти в умовах глобальних викликів (пандемії COVID-19, повномасштабної війни в Україні); дослідити цифрові освітні ресурси, які використовуються в українських вишах у сучасних реаліях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різні аспекти цифровізації освітнього процесу стали предметом дослідження зарубіжних і вітчизняних науковців, які досліджували особливості й переваги цифрових освітніх ресурсів (Р. Бхатія, К. Гере, П. Матюшко, О. Овчарук); роль цифрового навчання та його впровадження у вищій освіті (К. Бассет, В. Биков, Г. Грибер, М. Деузе); модель використання електронного навчання в освіті (Д. Галкін, М. Жалдак, Дж. Стоммел) та тенденції розвитку цифрового навчання (Л. Ванович, М. Хенд); особливості застосування цифрових освітніх ресурсів для творчого розвитку особистості (М.Й. Келер, П. Мішра, В. Каїн) тощо. Напрями цифровізації, сутність цифрової компетентності освітян були досліджені С. Толочко [3]. До того ж було запропоновано використання електронних підручників (В. Волинський, О. Гриценчук, І. Кузбит, В. Мадзігон) та обґрунтовано їхню структуру (І. Стромил).

Значний внесок у розвиток методології освіти в рамках інформаційного суспільства, обґрунтування сутності цифровізації у контексті освіти зроблено у працях В. Бикова, М. Жалдака, А. Гуржія, Н. Морзе, О. Спіріна, С. Литвинової та ін. Питання готовності цифрової інфраструктури українських вишів до забезпечення освітнього процесу в період пандемії та карантинних заходів розкривається у працях С. Гринюк, І. Зайцевої, О. Анісімової, М. Мар'єнко, А. Сухих [4; 5; 6].

Аналіз літературних джерел показав, що, незважаючи на значну кількість праць, багато питань залишаються невирішеними, зокрема, потребують дослідження особливості використання цифрових освітніх ресурсів у закладах вищої освіти в умовах пандемії та воєнного стану в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як зазначається в Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки, цифровізація освіти є сучасним етапом її інформатизації і передбачає насичення інформаційно-освітнього середовища електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронного комунікаційного обміну між ними, що фактично уможливило інтегральну взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний освітній простір [7]. Так, у Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2021–2031 роки «цифровізація» визнана глобальним мегатрендом [8]. Водночас у проекті Концепції цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року зазначено, що «створення єдиного цифрового середовища, яке об'єднує всіх суб'єктів освітньої та наукової діяльності, що забезпечує простір для комунікації та обміну даними, значно зменшить бюрократичне навантаження системи освіти і науки та спростить управлінські процеси, які відбуваються в них».

Відправні позиції і нинішні здобутки України в інформатизації освіти насамперед відображені у системі освітнього і наукового законодавства 1991–2021 рр., зокрема: у законах України «Про освіту» (1991, 1996, 2017 рр.), «Про наукову і науково-технічну діяльність» (1991, 1998, 2015 рр.) «Про вищу освіту» (2002 і 2014 рр.), «Про Концепцію Національної програми інформатизації» (1998 р.), «Про Національну програму інформатизації» (1998 р.), «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007–2015 роки» (2007 р.); у Розпорядженні Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації» (2018 р.); у Постанові Кабінету Міністрів України «Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року» (2021 р.).

Характер прискореної інтенсифікації і диверсифікації інформатизації суспільства з освітою включно останніми роками ілюструє також Дорожня карта інтеграції України до Європейського дослідницького простору (ERA-UA)

(2018 р.), яка визначила обмін і трансфер наукових знань, розвиток відкритої науки та відкритих інновацій пріоритетними положеннями.

Упродовж 2017–2021 рр. процеси цифрової трансформації освітньої галузі в Україні урегульовано новими нормативно-правовими документами, з-поміж них: укази Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України» (2021 р.), «Про Стратегію людського розвитку» (2021 р.). Законами України «Про освіту» (2017 р.), «Про повну загальну середню освіту» (2020 р.) інформаційно-комунікаційні компетентності визначено ключовими, а дистанційна форма здобуття освіти – однією з основних.

В умовах сьогодення цифрові трансформації освітньої галузі першочергово спрямовано на забезпечення безперервності процесу навчання, а також його індивідуалізації на основі технологій просунутого навчання. Тому цифровізація системи освіти передбачає впровадження в освітній процес на всіх рівнях сучасних інформаційно-комунікаційних технологій з метою розвитку у молоді навичок ХХІ століття, максимального використання в навчальних цілях різноманітного мультимедійного контенту, інтенсифікацію освітнього процесу за рахунок застосування інтерактивних методів навчання.

У Цифровій адженді України, зокрема, йдеться про те, що цифровізація є механізмом для економічного зростання завдяки приросту ефективності та збільшенню продуктивності від використання цифрових технологій [9]. Аналогічне буде стосуватися і сфери освіти, оскільки завдяки цифровізації освітній процес стає більш персоналізованим, доступним і гнучким. Це, своєю чергою, забезпечує комфортні умови для самонавчання, ефективного розвитку та кар'єрного зростання; проте також і суттєво впливає на зміст освіти, методи, засоби та технології навчання, організаційні форми навчання й управління навчально-пізнавальною діяльністю, що призводить до змін у діяльності студентів та викладачів загалом.

Ми також поділяємо думку Д. Лук'яненка, що поняття «цифровізація вищої освіти» набагато ширше за обсягом і змістом за просте «впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій» в освітній процес університетів. Сучасний цифровий університет – це докорінно змінений за структурою, змістом освіти, підходами до адміністрування, розвитку людського

капіталу, наукової діяльності, системою управління якістю освіти навчальний заклад [10].

Цифрове освітнє середовище закладу освіти – педагогічна підсистема здійснення освітньої діяльності у закладі освіти, яка базується на основі сучасних цифрових технологій. При цьому цифрові технології, що призначені для адаптації навчального процесу до сучасних реалій, інтегрують відповідні цифрові освітні ресурси (ЦОР) (Digital Learning Resources) (DLR). Важливу роль у цифровому освітньому середовищі відіграє система гнучкого навчання, що дозволяє здійснити перенесення частини навчального процесу в електронне середовище. Так, відбувається процес переформатування навчальних засобів у цифрові освітні ресурси. Завдяки ретельно організованому цифровому середовищу освіта стає більш доступною і комфортною, що вкрай важливо за умов мінімальних затрат – часових, фінансових, людських ресурсів [11]. Вирішення цього завдання полягає у підвищенні кваліфікації освітян щодо цифрової грамотності, орієнтованої не лише на розробку курсів, а й на застосування цифрового середовища в освітньому процесі [12]. Формування цифрової компетентності дозволяє викладачу бути конкурентоспроможним на ринку праці та ефективно навчати сучасне цифрове покоління студентів – digital natives [13].

Розглянемо основні напрями цифровізації освітнього процесу: використання доповненої, віртуальної і змішаної реальності, мобільних та інтернет-технологій, дистанційної освіти, хмарних технологій, масових відкритих онлайн-курсів, гейміфікацію освітнього процесу, розвиток цифрових бібліотек і кампусів університетів тощо.

Цифровий формат представляє інформацію, забезпечуючи її вільну циркуляцію, розміщення, обробку та використання в комп'ютерних мережах. Система цифрової освіти включає у себе інформаційні ресурси, телекомунікації, систему управління [12].

До інформаційних ресурсів належать: освітні портали; гіперколекції: відео; біблію; аудіо та фото; соціальні мережі; інформаційні масиви даних. Телекомунікації включають: мережеві середовища; мобільні середовища; телебачення; засоби масової інформації. Системи управління включають: авторизацію користувачів; тестування; контент; особистісний та колективний простір.

Розглянемо інформаційні ресурси, які використовуються в українських вишах у сучасних реаліях.

ліях. Зокрема, все більшого поширення в Україні набуває використання цифрових освітніх ресурсів (ЦОР), а саме відкритих ЦОР з різних галузей знань, які передбачають набуття знань та розвитку умінь з їх перевіркою всередині та/або наприкінці вивчення курсу у формі тестування чи виконання завдань. Відкриті освітні ресурси (англ. Open Educational Resources – OER) – це навчальні та наукові ресурси, які існують у відкритому доступі або випущені за відкритими ліцензіями престижних університетів, що дозволяє їх безкоштовне використання і модифікацію третіми особами [14]. Відкриті освітні ресурси включають повні онлайн-курси, матеріали курсу, модулі, підручники, потокове відео, тести, інструменти оцінки та програмне забезпечення.

Прикладами найбільш популярних відкритих освітніх ресурсів в Україні є платформи Coursera, Prometheus, edX, MIT OpenCourseWare, FutureLearn, Udacity, UoPeople, OpenLearn (масові відкриті онлайн-курси університетського рівня). Наприклад, на платформі Prometheus постійно доступний курс «Академічне письмо англійською» або «Ділова англійська», де студенти можуть поглибити свої знання.

До найбільш популярних спеціалізованих систем організації дистанційного навчання в Україні належать Moodle, Zoom, Microsoft Teams. Це пов'язано з тим, що в Україні напрацьовано певний досвід використання освітніх платформ, зазначених вище, а також наявні окремі методичні рекомендації щодо їх використання тощо [15].

Платформа Moodle дає можливість викладачам створювати авторські дистанційні курси, розміщувати навчальні матеріали (тексти лекцій, презентації, завдання для практичних та самостійних робіт студентів, підручники, навчально-методичні посібники тощо); зберігати портфоліо робіт студентів, вести журнал їхніх навчальних досягнень, а також відвідування й активності. Своєю чергою платформа Moodle забезпечує студентам створення індивідуальної траєкторії навчання, вибору темпу, часу й місця аудиторної та позааудиторної роботи. До того ж використання Moodle дає змогу користуватися електронним архівом українських університетів. Недоліками платформи Moodle є складний інтерфейс, який потребує певних навичок, відсутність можливості проводити онлайн-зустрічі, погана адаптація на смартфонах.

Платформа відеоконференцій Zoom не нова й існує з 2013 року, але під час пандемії та військового стану вона стала лідером серед інших

сервісів, збільшивши кількість користувачів із 10 до 300 мільйонів [16]. Платформа Zoom дає можливість проводити онлайн-конференції з відеозв'язком з великою кількістю студентів (100 учасників у безкоштовній версії, у платній версії збільшується кількість учасників та спікерів); організувати спільний чат для листування та обміну матеріалами; записати свої практичні заняття/лекції; зробити презентації тощо. Серед недоліків освітньої платформи Zoom: відсутність можливості проводити тестування, оцінювання та обмін матеріалами; відсутність електронного журналу.

Одна з найпопулярніших платформ в Україні для спільної роботи – Microsoft Teams, яка дозволяє академічній групі зустрічатися, працювати, створювати контент та обмінюватися файлами. До того ж система Microsoft Office 365 включає офісні додатки, які можна застосовувати для навчальної діяльності: Word, Excel, PowerPoint; корпоративна електронна пошта, календар для планування й організації заходів; хмарне сховище OneDrive; створення груп для організації спільного доступу до документів та їх колекцій; електронний записник (OneNote), в якому можна розміщувати записи тощо. Недоліками освітньої платформи Microsoft Teams є такі як: необхідність створювати пошту Microsoft; відсутність електронного журналу; необхідність певних навичок у роботі, наприклад, для використання Forms з метою створення тестів.

Варто виділити також соціальні мережі та месенджери (Facebook, Twitter, My Space, Instagram, Viber, Telegram), які дозволяють створювати закриті групи, чати, теми, завдання тощо. Популярність соціальних мереж та месенджерів в Україні пояснюють тим, що вони стали основним інструментом соціальної взаємодії та обміну інформацією. Але недоліком соціальних мереж є неможливість організувати повноцінний освітній процес з оцінюванням завдань та контролю успішності студентів.

Перейдемо до телекомунікацій, які включають у себе мережеві середовища, або соціальні ресурси. Мережеві середовища спрямовані на організацію спільної роботи зі створення й редагування зображень і документів, спілкування в реальному часі, а саме: GlogsterEdu, Padlet, Scrumbler, Whiteboardfox. Вони являють собою віртуальну інтерактивну дошку (онлайн-дошка, електронна дошка, стіна, whiteboard-проект).

Варто виділити, що соціальні мережі та месенджери дозволяють створювати закриті групи, чати, теми, завдання, проблеми, інформацію.

Використання ЦОР допомагає значно оптимізувати навчальний процес і створювати ефективні умови для підготовки студентів. Так, успішна цифровізація освіти залежить від якості засобів навчання, а саме ЦОР та їх ефективного використання.

Як бачимо, ЦОР використовуються для: 1) створення електронних документів та організації онлайн-заходів для спілкування зі здобувачами освіти та інформування про, наприклад, правила, зустрічі, заходи тощо; 2) інформування (індивідуально або колективно) здобувачів освіти та батьків, наприклад, про особистий прогрес у навчанні та з проблемних питань, що викликають стурбованість; 3) спілкування з колегами в освітній установі та за її межами; 4) спілкування з третіми особами, які мають відношення до освітнього процесу; 5) спілкування за допомогою вебсайту освітньої установи або через корпоративні соціальні мережі, платформи, інших цифрових сервісів; 6) вдосконалення цифрових професійних комунікаційних стратегій організації /закладу; 7) організації співпраці учасників освітнього процесу.

Проаналізувавши цифрові освітні ресурси, слідом за С. Карплюком, вважаємо, що ключовими напрямками цифровізації вищої освіти в Україні є такі як [12]: 1) створення освітніх ресурсів і цифрових платформ із підтримкою інтерактивного та мультимедійного контенту для загального доступу закладів вищої освіти та студентів, зокрема інструментів автоматизації головних процесів роботи вищів; 2) розроблення та впровадження інноваційних комп'ютерних, мультимедійних і комп'ютерно орієнтованих засобів навчання та обладнання для створення цифрового навчального середовища (мультимедійні класи, науково-дослідні STEM-центри, лабораторії, інклюзивні класи, класи змішаного навчання); 3) організація вільного доступу до Інтернету студентів у навчальних аудиторіях вищих шкіл; 4) розвиток дистанційної форми освіти із використанням когнітивних та мультимедійних технологій.

Таким чином, цифровізація є одним із ключових напрямів трансформації системи освіти і передбачає використання цифрових технологій в освітньому процесі з метою забезпечення якості та доступності освіти, посилення індивідуалізації та диференціації навчання, розвитку та погли-

блення цифрової компетентності особистості. Це зміна парадигми спілкування із зовнішнім світом та якісний внутрішній інструмент для оптимізації навчального та навчально-наукового середовища. Використання цифрових освітніх ресурсів дає можливість сучасному закладу вищої освіти відповідати ринковим запитам.

Цифровізацію сфери освіти необхідно здійснювати на основі досягнень науково-технічного прогресу та психолого-педагогічної науки, реалізації в освітніх системах парадигм людиноцентризму і рівного доступу до якісної освіти, принципів відкритої освіти, широкого застосування в освіті сучасних цифрових технологій, поглиблення співпраці освітніх закладів, наукових установ і компаній ІТ-сфери у забезпеченні якісної освіти, формуванні ефективних економічних механізмів реалізації та мотивації їхньої спільної діяльності.

Перспективами подальших досліджень вважаємо проектування окремих цифрових ресурсів для навчання конкретних дисциплін та опис методики їх використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Концепція цифрової трансформації освіти та науки на період до 2026 року (проект). URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/konceptsiya-cifrovoyi-transformaciyi-osviti-i-nauki-mon-zaprosnyue-do-gromadsk-ogo-obgovorennya>.
2. Наказ МОН України «Про затвердження Типової програми підвищення кваліфікації педагогічних працівників з розвитку цифрової компетентності». 2021. URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennyatipovoyi-programi-pid-vishennya-kvalifikaciyi-pedagogichnih-pracivnikiv-z-rozvitkucifrovoyi-kompetentnosti> (дата звернення: 14.05.2022).
3. Толочко С.В. Цифрова компетентність педагогів в умовах цифровізації закладів освіти та дистанційного навчання. *Вісник Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка*. 2021. № 13 (169), 28–35. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5077823>.
4. Grynyuk S., Zheludenko M., Zaytseva I. The readiness of Ukraine's digital infrastructure to mass distance learning. *Visnyk Kremenchyuzkogo natsionalnogo universytetu*. 2021. № 4/2021(129). Kremenchyuk, pp. 35–40.
5. Анісімова О.М., Ковальська Л.А., Лукаш Г.П., Пригунов О.В., Щербіна О.С., Яворська Т.М. Трансформаційні процеси у суспільній та соціокультурній сферах України : монографія / відпов. за вип. Т.М. Яворська. Вінниця : ДонНУ імені Василя Стуса, 2021. 176 с.
6. Мар'єнко М., Сухих А. Організація навчального процесу у ЗЗСО засобами цифрових технологій під час воєнного стану. *Український педагогічний журнал*. 2022. № 2. С. 31–37. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-20-22-2-31-37>.

7. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації : Розпорядження Кабінету Міністрів України; Концепція, План, Заходи від 17.01.2018 № 67-р. *Офіційний вісник України*. 2018. № 16, С. 70, ст. 560, код акта 89147/2018.

8. Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2021–2031. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvitku-vishchoi-osviti-v-ukraini-02-10-2020.pdf> (дата звернення: 20.08.2022).

9. Цифрова адженда України – 2020 («Цифровий порядок денний – 2020»). Концептуальні засади. Першочергові сфери, ініціативи, проекти «цифровізації» України до 2020 р. 2016. Грудень. 90 с. URL: <https://www.rada.gov.ua/uploads/documents/40009.pdf>.

10. Лук'яненко Д.Г., Степаненко О.П. Digital university: проект розбудови цифрового університету в ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана». *Цифрова економіка* : збірник матеріалів Національної науково-методичної конференції, 4–5 жовтня 2018 р. С. 245–249. Київ : КНЕУ. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/handle/2010/25986>.

11. Кучерак І.В. Цифровізація та її вплив на освітній простір у контексті формування ключових компетентностей. *Інноваційна педагогіка*. 2020. Вип. 22. Т. 2. С. 91–94.

12. Карплюк С.О. Особливості цифровізації освітнього процесу у вищій школі. *Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку* : матеріали методологічного семінару НАПН України. 4 квітня 2019 р. / За ред. В.Г. Кременя, О.І. Ляшенка; укл. А.В. Яцишин, О.М. Соколюк. Київ, 2019. С. 188–197.

13. Концептуально-референтна Рамка цифрової компетентності педагогічних і науково-педагогічних працівників, 2021. Проект. Дія. Цифрова освіта. URL: https://osvita.diiia.gov.ua/uploads/0/2629-frame_pedagogical.pdf (дата звернення: 18 вересня 2021).

14. UNESCO. The Recommendation on OER, adopted by UNESCO's General Conference at its 40th session on 25 November 2019. Open Educational Resources. URL: <https://www.unesco.org/en/communication-information/open-solutions/open-educational-resources>.

15. Grynyuk S., et al. Distance Learning During the COVID-19 Pandemic: The Experience of Ukraine's Higher Education System. *The Electronic Journal of e-Learning*. 2020. 20(3), pp. 242–256. URL: www.ejel.org.

16. Гладченко О., Ратушняк Т., Безпарточна О. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології для забезпечення якісного дистанційного навчання. *Теорія і практика управління соціальними системами*. 2022. С. 76–91.

FEATURES OF THE DIGITALIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER EDUCATION AS A DETERMINANT OF ITS DEVELOPMENT

Svetlana Grynyuk

PhD, Associate Professor of the Department of Foreign Languages for Mathematical Faculties

Taras Shevchenko National University of Kyiv, 60 Volodymyrska Street, City of Kyiv, Ukraine, 01033, grynyuk.svetlana@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8019-759X

Iryna Zaytseva

PhD, Associate Professor of the Department of Foreign Philology and Translation

State University of Trade and Economics, 19, Kyoto str., Kyiv, Ukraine, 02156, irenenazaruk8@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6556-0779

The article examines the problem of digital transformation and digitalization of education in Ukraine. The main directions and challenges of the digitalization of the educational process in higher education institutions in the context of transformation of the education system through the spread of coronavirus infection and in connection with the introduction of martial law in Ukraine caused by a full-scale invasion of the Russian Federation were analyzed. Among the key areas of digitalization of higher education in Ukraine, we highlight the following: creation of educational resources and digital platforms; development and implementation of innovative computer, multimedia and computer-oriented teaching tools and equipment to create a digital learning environment; organization of free access for students to the Internet in classrooms, etc.

Digital educational resources were studied that are currently used in Ukrainian universities, they are as follows: open educational resources Prometheus Moodle, Zoom, Microsoft Teams; social networks and messengers (Facebook, Twitter, My Space, Instagram, Viber, Telegram); telecommunications, which include network environments Glogster Edu, Padlet, Scrumblr, Whiteboardfox. The features of the use of digital educational resources, their advantages and disadvantages. It is concluded that today Ukraine has enough digital educational resources to provide quality distance and blended learning and adaptation to the new conditions of the era of digital transformation of society.

Key words: digitalization of education, digital educational resources, directions and challenges of digitalization of the educational process, digital competencies.

REFERENCES

1. Kontsepsiia tsyfrovoy transformatsii osvity ta nauky na period do 2026 roku (proiekt). Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/news/koncepciya-cifrovoyi-transformaciyi-osviti-i-nauki-mon-zaprosnye-do-gromadsk-ogoobgovorennya>.
2. Nakaz MON Ukrainy «Pro zatverdzhennia Typovoi prohramy pidvyshchennia kvalifikatsii pedahohichnykh pratsivnykiv z rozvytku tsyfrovoy kompetentnosti». 2021. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennyatipovoyi-programi-pidvishennya-kvalifikaciyi-pedagogichnih-pracivnikiv-z-rozvitkucifrovoyi-kompetentnosti> (Last accessed: 14.05.2022).
3. Tolochko, S.V. (2021). Tsyfrova kompetentnist pedahohiv v umovakh tsyfrovizatsii zakladiv osvity ta dystantsiinoho navchannia. *Visnyk Natsionalnogo universytetu «Chernihivskiy kolehium» imeni T.H. Shevchenka*. № 13 (169), 24.
4. Grynyuk, S., Zheludenko, M., Zaytseva, I. (2021). The readiness of Ukraine's digital infrastructure to mass distance learning. *Visnyk Kremenskyzskogo natsionalnogo universytetu*. 2021. № 4/2021(129). Kremenskyk, pp. 35–40.
5. Anisimova O.M., Kovalska L. A., Lukash H. P., Prihunov O.V., Shcherbina O.S., Yavorska T.M. (2021). Transformatsiini protsesy u suspilnii ta sotsiokulturnii sferakh Ukrainy: monohrafiia / vidpov. za vyp. T.M. Yavorska. Vinnytsia: DonNU imeni Vasylia Stusa. 176 s.
6. Marienko M., Sukhikh A. (2022). Orhanizatsiia navchalnogo protsesu u ZZSO zasobamy tsyfrovoykh tekhnolohii pid chas voiennoho stanu. *Ukrainskyi pedahohichnyi zhurnal*. № 2. S. 31–37. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2022-2-31-37>.
7. Pro skhvalennia Kontsepsiï rozvytku tsyfrovoy ekonomiky ta suspilstva Ukrainy na 2018–2020 roky ta zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo yii realizatsii : Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy; Kontsepsiia, Plan, Zakhody vid 17.01.2018 № 67-r. Ofitsiinyi visnyk Ukrainy. 2018. № 16, S.70, st. 560, kod akta 89147/2018.
8. Stratehii rozvytku vyshchoi osvity v Ukraini na 2021–2031. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvitku-vishchoi-osviti-v-ukraini-02-10-2020.pdf#8-35>. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5077823>.
9. Tsyfrova adzhenda Ukrainy – 2020 («Tsyfrovyy poriadok denniy – 2020»). Kontseptualni zasady. Pershocherhovi sfery, initsiatyvy, proekty «tsyfrovizatsii» Ukrainy do 2020 r. 2016. Hruden. 90 s. Retrieved from: <https://www.rada.gov.ua/uploads/documents/40009.pdf>.
10. Lukianenko, D.H., Stepanenko, O.P. (2018). Digital university: proiekt rozbudovy tsyfrovoho universytetu v DVNZ «Kyivskiy natsionalnyi ekonomichnyi universytet imeni Vadyma Hetmana». *Tsyfrova ekonomika: Zbirnyk materialiv Natsionalnoi naukovy-metodychnoi konferentsii, 4–5 zhovtnia 2018 r.* S. 245–249. Kyiv: KNEU. Retrieved from: <https://ir.kneu.edu.ua/handle/2010/25986>.
11. Kucherak, I.V. (2020). Tsyfrovizatsiia ta yii vplyv na osvitnii prostir u konteksti formuvannia kliuchovykh kompetentnosti. *Innovatsiina pedahohika*. Vyp. 22. T. 2. S. 91–94.
12. Karpliuk, S.O. (2019). Osoblyvosti tsyfrovizatsii osvitnogo protsesu u vyshchii shkoli. *Informatsiino-tsyfrovyy osvitnii prostir Ukrainy: transformatsiini protsesy i perspektyvy rozvytku. Materialy metodolohichnogo seminaru NAPN Ukrainy, 4 kvitnia 2019 r.* / Za red. V.H. Kremenia, O.I. Liashenka; ukl. A.V. Yatsyshyn, O.M. Sokoliuk. Kyiv. S. 188–197.
13. Kontseptualno-referentna Ramka tsyfrovoy kompetentnosti pedahohichnykh y naukovy-pedahohichnykh pratsivnykiv, 2021. Proiekt. Diia. Tsyfrova Osvita. Retrieved from: https://osvita.diia.gov.ua/uploads/0/2629-frame_pedagogical.pdf (Last accessed: 18 veresnia 2021).
14. UNESCO. The Recommendation on OER, adopted by UNESCO's General Conference at its 40th session on 25 November 2019. Open Educational Resources. Retrieved from: <https://www.unesco.org/en/communication-information/open-solutions/open-educational-resources>.
15. Grynyuk, S., et al. (2020). Distance Learning During the COVID-19 Pandemic: The Experience of Ukraine's Higher Education System. *The Electronic Journal of e-Learning*. 2020. 20(3), pp. 242–256. Retrieved from: www.ejel.org.
16. Hladchenko O., Ratushniak T., Bezpartochna O. (2022). Suchasni informatsiino-komunikatsiini tekhnolohii dlia zabezpechennia yakisnogo dystantsiinoho navchannia. *Teoriia i praktyka upravlinnia sotsialnymy systemamy*. S. 76–91.

Стаття надійшла 26.05.2022

ГРАМОТНІСТЬ У ПИТАННЯХ ЗДОРОВ'ЯЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ПРІОРИТЕТ СИСТЕМИ ОСВІТИ ШКОЛЯРІВ В УМОВАХ НОВИХ СОЦІАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ**Наталія Завидівська**

доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри теорії і методики фізичної культури

Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, вул. Костюшка, 11, Львів, Україна, 79000, znat1964@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9280-3887

Ольга Завидівська

доктор педагогічних наук, доцент, доцент кафедри економіки та менеджменту

Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, вул. Костюшка, 11, Львів, Україна, 79000, zoiggg@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1809-9972

Олена Ханікянц

кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент, доцент кафедри теорії і методики фізичної культури

Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, вул. Костюшка, 11, Львів, Україна, 79000, olena07lviv@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7518-3532

Обґрунтовано необхідність та особливості процесу формування грамотності учнів у питаннях здоров'язбереження на уроках фізичної культури в умовах нових соціальних викликів. Проаналізовано впливи пандемії COVID-19 і військової агресії Росії проти України на функціонування системи фізичної культури і спорту. Розкрито особливості проведення уроків фізичної культури у дистанційному режимі. Уточнено зміст дефініції «грамотність у питаннях збереження здоров'я». Сформовано ідею концепції та стратегії розвитку педагогічних фізкультурно-оздоровчих методик і технологій для використання в умовах дистанційного навчання.

Зазначено, що грамотність школярів у питаннях збереження здоров'я виступає як предмет об'єктивного наукового вивчення і є складним явищем. Водночас грамотність у питаннях збереження здоров'я виступає і як об'єкт педагогічного управління на основі сукупності фіксованих принципів, форм, методів і засобів фізичної культури.

Грамотність у питаннях здоров'язбереження – це цілісний комплекс знань, умінь і навичок, психологічних особливостей (якостей), переконань у необхідності ведення здорового способу життя, рекреаційних і реабілітаційних позицій, акмеологічних інваріантів. Основною характеристикою і показником грамотності учнів у питаннях, що пов'язані зі збереженням здоров'я, є андрагогічна особливість, що дозволить їм підтримувати належний рівень здоров'я, працездатності впродовж усього життя.

Декларовано, що у переломні моменти, подібні до тих, що переживає зараз Україна, виховання грамотності у питаннях здоров'язбереження є тим важелем, який дасть змогу молодому поколінню відшукати нові джерела для продовження років здорового життя.

Ключові слова: грамотність, здоров'язбереження, школярі, фізична культура і спорт.

Актуальність. Пандемія коронавірусу COVID-19, а згодом і життя в умовах війни визначили нові вектори розвитку системи освіти школярів загалом та фізичної культури зокрема. Вплив пандемічної кризи і розв'язаної Росією війни проти України на розвиток системи фізичної культури і спорту не можна недооцінювати. Прямо чи опосередковано, але наслідки поширення вірусу COVID-19 і військової агресії Росії проти України відчує більшість країн світу. Не буде перебільшенням сказати, що в майбутньому

ми побачимо негативні впливи недостатньої фізичної активності на стан здоров'я учнівської молоді, що є наслідком війни і минулих локдаунів. Як зазначають науковці, важливим аспектом падіння рухової активності школярів є недостатня свідомість і відсутність переконань у необхідності фізичних навантажень [1; 2]. Очевидно, що знання про здоров'язберезувальні заходи в умовах сьогодення багато в чому визначають адекватність реагування на соціальні виклики. Йдеться про здатність до профілактичних і реабі-

літаційних заходів, а ймовірно, й про можливість віднайти в цій непростій ситуації нові механізми для саморозвитку і продовження років здорового життя [3].

Без сумніву можна зазначити, що пандемія коронавірусу і військові дії, що тривають на території нашої держави, стають справжніми випробуваннями для освітян сфери фізичної культури і спорту. Розуміючи всі масштаби проблеми, особливо із початком війни, освітяни досить швидко перебудувалися і у системі фізичної культури і спорту зараз панує дистанційна форма організації фізичної активності школярів. Однак такий стан справ загострив потребу у нових педагогічних технологіях, що сприятимуть адаптації нині наявних форм, методів і засобів фізичної культури до універсальних здоров'язбережувальних онлайн-методик підтримки життєздатності організму учнів. Дотепер нерозв'язаним залишається питання оптимізації системи фізичної культури і спорту у закладах загальної середньої освіти у форс-мажорних ситуаціях, тривають дискусії щодо вибору стратегії стосовно подальшого функціонування освітнього процесу в дистанційному режимі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання загальної теорії людської діяльності висвітлено в наукових працях І. Павлова, І. Сеченова, Г. Костюка; розв'язанню проблем модернізації сучасної освіти присвячені наукові розробки І. Зязюна, О. Падалки, О. Пехоти, А. Нісімчука; засоби вдосконалення навчальної діяльності і психолого-педагогічних впливів розкрито в публікаціях В. Моляко, В. Давидова, Д. Мазохи, В. Безпалько; питанням здоров'язбереження на основі теорії і методики фізичного виховання присвячені праці О. Дубогай, О. Тимошенка, Е. Вільчковського, Д. Давиденка, Є. Приступи, М. Носка, Т. Круцевич, Б. Шияна та ін. Виходячи із зазначеного, проблемі створення та впровадження у систему освіти дітей новітніх технологій здоров'язбереження присвячені численні дослідження, однак більшість із них фокусуються лише на окремих питаннях. Багатофункціональність системи фізичної культури і спорту, з одного боку, і потреба у формуванні в учнів відповідального ставлення до власного здоров'я – з іншого, зумовлюють актуальність пошуку сучасних методик формування їхньої грамотності у питаннях здоров'язбереження.

Мета – обґрунтувати необхідність та особливості процесу формування грамотності учнів у питаннях здоров'язбереження на уроках фізич-

ної культури в умовах нових соціальних викликів. Для досягнення мети вирішувалися **завдання**: проаналізувати впливи пандемії COVID-19 і військової агресії Росії проти України на систему фізичної культури і спорту у закладах загальної середньої освіти; розкрити особливості проведення уроків фізичної культури у дистанційному режимі; уточнити зміст дефініції «грамотність у питаннях збереження здоров'я»; сформулювати основи концепції та виявити сучасні дієві стратегії розвитку педагогічних фізкультурно-оздоровчих методик і технологій для використання в умовах дистанційного навчання.

Виклад основного матеріалу. Оптимізація процесу здоров'язбережувального навчання – це єдність розумового і фізичного навантаження у системі фізкультурно-оздоровчої освіти загальної середньої школи. Саме через це соціобіологічний і психофізіологічний аспекти мають визначати пріоритет у змісті занять фізичними вправами школярів. Досягнення конкретних наук про людину зараз мають слугувати джерелом фундаменталізації та інтеграції змісту формування грамотності школярів у питаннях здоров'язбереження [4].

Дистанційні заняття фізичною активністю в періоди локдаунів і війни засвідчили необхідність навчання кожного учня не лише самостійних профілактичних здоров'язбережувальних заходів, а й відновлювально-реабілітаційних. Уже зараз ми все частіше чуємо про дихальну гімнастику, але якщо зізнатися відверто, то до пандемії на заняттях фізичною культурою методиці дихальних вправ не завжди приділялося досить уваги. Те ж стосується і формування у школярів здатності слідкувати за інтенсивністю навантажень, вмінь здійснювати пульсометрію тощо. Ми опинилися не лише перед необхідністю проведення практичних занять з фізичної культури у дистанційному форматі, але і перед потребою вимушеного перегляду змісту навчання. Досягнення високих спортивних результатів у закладах загальної середньої освіти перетворюється зараз на єдиний процес оздоровчого спрямування, що передбачає підтримку фізичної активності. Причому в дистанційному режимі необхідно надати учням не просто комплекси необхідних вправ, а й навчити їх розуміти впливи виконання цих вправ, а також, у яких випадках які вправи виконувати. Життя учнівської молоді змінилося у всіх його проявах, від відвідування дискотек до відвідування басейнів і спортзалів. Викладачі фізичної культури змушені відмовитися від запланованих

позаурочних фізкультурно-оздоровчих заходів і спортивних змагань. Виникла необхідність переформатовувати події та програми, починати створювати антикризові стратегії спортивно-масової роботи у закладах загальної середньої освіти – і все це в умовах віддаленої роботи, обмеженого зворотного зв'язку та непрогнозованості.

Зараз кількісне накопичення практичних навичок не є пріоритетом у процесі уроків фізичної культури, значно важливіший факт якісної переробки знань і їх узагальнення з метою засвоєння [5]. Лише після засвоєння учнями певної інформації про здоров'язбереження засобами фізичної культури суб'єктивні практичні навички покращення фізичної підготовленості перетворюються на об'єктивні відомості, уміння, переконання, спосіб поведінки. Якість засвоєння практичних навичок у процесі занять фізичною культурою є вирішальним аспектом для вироблення здатностей і перетворення знань, умінь і навичок учасників освітнього процесу у їхню здоров'язбережувальну діяльність [4]. Знання, розумові і рухові дії є єдиним цілим, якщо ми хочемо домогтися виникнення нових розумових і на цій основі рухових дій. Водночас формування нової рухової дії неможливе без отримання нових знань хоча б для того, щоб знати, для чого цю дію потрібно виконувати. Ціль і потреба бути здоровим повинні стимулювати учня на дистанційних заняттях фізичною культурою думати, а не просто автоматично повторювати певні фізичні вправи.

Фактично зараз доводиться розраховувати на свідомість учнів, на їхнє розуміння корисності фізичних вправ і на самостійну ініціативу щодо підтримки стану здоров'я. Можна сказати, що на рівні кожного окремого учня пандемічна криза плюс війна, як це страшно не звучить, виконали функцію індикатора їхньої спроможності до фізичної активності, що виходить далеко за межі предмета «Фізична культура», навіть якщо йдеться про пріоритети Нової української школи. Так, якщо раніше до фізичного самовдосконалення учні ставилися дещо скептично, то зараз багато хто, особливо старших школярів, зрозумів важливість і необхідність системних фізкультурно-оздоровчих занять.

Авторитарні традиції минулого у системі освіти цілком і повністю зазнали краху [6]. Як наслідок, зараз переосмисленню та ревізії піддається сама ідеологія уроків фізичної культури у Новій українській школі. Йдеться не лише про отримання учнями теоретичних знань і практич-

них навичок, а й про формування вмінь застосовувати весь цей набір у повсякденному житті.

Вчителі фізичної культури стають основою активізації сучасної системи здоров'язбереження, а дистанційні уроки фізичної культури – процесом розвитку оздоровчих стратегій і особистої відповідальності учнів. Саме ерозія звичних засад ліберальної демократії є головним системним викликом для системи фізичної культури і спорту в умовах пандемії коронавірусної хвороби і військової агресії Росії. У цьому контексті чи не найпомітнішим на сьогодні фактом є посилений самоконтроль за власним фізичним розвитком, а не контроль з боку вчителя, чого навчити учнів в умовах дистанційного навчання надзвичайно складно. Сьогодні, як ніколи, вчителі мають дистанційно забезпечувати особливий підхід до участі школярів у фізкультурно-оздоровчих заходах, а учні повинні мати можливість брати участь у виробленні і впровадженні спеціальних здоров'язбережувальних заходів у домашніх умовах. Слід зазначити, що уже зараз, на нашу думку, необхідно думати про постпандемічні і післявоєнні уроки фізичної культури, що мають відрізнятися як інтенсивністю фізичних навантажень, так і змістом. Адже уже зрозуміло, що так, як було до пандемії і війни, вже не буде. Система фізичної культури і спорту має стати рівноправним та ефективним інструментом у побудові здоров'язбережувальних технологій і методик нового зразка [7]. Причому, на нашу думку, як безпосередньо у боротьбі з пандемією коронавірусу, так і на етапі боротьби з наслідками війни у посткризовому періоді.

Зараз гостро постає питання: чого навчати школярів на уроках фізичної культури – знань, умінь, практичних навичок чи розуміння цього всього? Педагогічний досвід і теперішні умови, куди нас «загнала» пандемія коронавірусної хвороби COVID-19, а тепер ще й війна, в черговий раз переконує, що навчати учнів, особливо старшої школи, необхідно розуміння змін в організмі під дією фізичних вправ. Знання зараз дуже легко отримати з Інтернету. Проблема полягає в тому, щоб упродовж фізичної активності подолати розрив між рівнем знань учнів і рівнем їхнього розуміння процесів, що відбуваються в організмі людини під дією фізичних вправ. Виключно таке розуміння перейде в усвідомлення і потребу самостійно здійснювати фізкультурно-оздоровчі заходи [8].

Однією з найважливіших проблем формування грамотності школярів у питаннях

здоров'язбереження є наступність у пізнанні. Найсуттєвішим є переосмислення самого процесу фізичної активності у закладах середньої освіти, а саме перехід певної сукупності вмінь фізичних, практичних у нову якість – грамотність у питаннях здоров'язбереження. Для цього у системі фізичної культури і спорту Нової української школи потрібен, на нашу думку, відкритий освітній простір, в якому для кожного учня існує можливість будувати індивідуально орієнтовану траєкторію. Навчити учнів мислити у процесі занять фізичними вправами – першочергове завдання вчителів в умовах сьогодення, адже саме мислення в такому просторі дозволить школярам створювати унікальні зразки поведінки і способу життя. Процес дистанційних уроків фізичної культури має стати для учнів новим навчальним здоров'язбережувальним простором. Організаційно такий здоров'язбережувальний простір є своєрідним дистанційно структурованим проектом повноцінних педагогічних умов, що даватимуть можливість становлення учнівської молоді, здатної до гнучкої трансформації притаманних їй індивідуальних можливостей у практичну площину і побудову власного способу продовження років здорового життя. Вчителі мають розуміти, що будь-які форми організації дистанційних уроків фізичної культури потребують педагогічного проектування через усвідомлення процесу здоров'язбережувального навчання.

Слід зазначити, що зміна освітнього контексту для оптимізації процесу формування грамотності учнів у питаннях здоров'язбереження, де змінюється головний тип мислення і способи діяльності, не передбачає негайного демонтажу освітніх структур системи фізичної культури і спорту [4]. Ці структури перейдуть в інноваційні функціональні зв'язки, які змінять їхню сутнісну природу, і процес розвитку системи фізичної культури і спорту у закладах середньої освіти триватиме на новій основі, на основі теоретичних і методичних аспектів формування у школярів здоров'язбережувальних знань, умінь і навичок. Виходячи з цього, можна говорити, що дистанційні уроки фізичної культури в умовах пандемії коронавірусу і війни є акумулятивним ретранслятором керованого впливу факторів соціалізуючого процесу, де за допомогою інтеракційних механізмів реалізуються функції освітнього процесу здоров'язбережувального навчання. За таких умов засоби фізичної культури стають важливим елементом зв'язку знань про людину. Умови сьогодення наполегливо

вимагають не лише всебічного пізнання людини, а й пізнання людиною самої себе і вчити цього потрібно уже зі школи. У шкільні роки потрібно, власне, навчити учнів вчитися бути здоровим. Постійне вдосконалення знань, умінь і навичок з приводу здоров'язбереження доповнюється у процесі життєдіяльності життєвим досвідом. Головне завдання держави полягає в тому, щоб створити умови для здорового самооновлення, розвитку і самовдосконалення молоді. Однак усі ми добре розуміємо, що в умовах війни держава не в змозі належним чином забезпечити ці умови. Як наслідок, створювати для себе дієві здоров'язбережувальні заходи учні повинні вміти самі. Ось чому «включеність» школярів у здоров'язбережувальний процес в умовах дистанційних уроків фізичної культури є важливим і необхідним явищем, причому йдеться про їхню свідому участь у цьому процесі, адже наш організм починає сповіщати нас про негаразди вже тоді, коли відбуваються доволі суттєві порушення, виникають хвороби.

У теперішніх умовах, маючи доступ до Інтернету, підлітки стикаються з різноманітним емпіричним даним, концепціям, ракурсам досліджень, гіпотез і теоретичних обґрунтувань, однак використати весь цей ресурс для збереження власного здоров'я не вміють. Таким чином, їхня грамотність у питаннях збереження здоров'я виступає як предмет об'єктивного наукового вивчення і є складним явищем. Вона розчленовується і відтворюється в теоретичних схемах і дидактичних моделях здоров'я-орієнтованої діяльності [4; 8]. Водночас грамотність у питаннях збереження здоров'я виступає і як об'єкт педагогічного управління на основі сукупності фіксованих принципів, форм, методів і засобів. Така логіка розвитку взаємозв'язків у процесі дистанційних уроків фізичної культури забезпечує підвищення ефективності здоров'язбережувального навчання, причому не лише в умовах безпосередніх педагогічних впливів, а й щодо організації самостійної оздоровчої діяльності. Саме такий концепт характеризує фізичну культуру і спорт як фундаментальну і суспільно необхідну освітню систему.

Висновки. У переломні моменти, подібні до тих, що переживає зараз Україна, виховання грамотності у питаннях здоров'язбереження є тим важелем, який дасть змогу молодому поколінню відшукати нові джерела для продовження років здорового життя. Фізична культура становить стрижень фізичного здоров'я учнівської молоді,

того стану їхніх думок і почуттів, які забезпечують їм повсякденну життєдіяльність, життєву активність і віру в майбутнє.

Не слід приховувати, що не лише коронавірус, а саме війна стала новим викликом для системи фізичної культури в умовах Нової української школи. Адже ніхто ніколи не задумувався, що доведеться проводити дистанційні уроки фізичної культури в умовах безперервних бомбардувань, сирен, тривоги. Упродовж переходу на дистанційну організацію фізичної активності учнів викладачі помітили у них недостатні методичні вміння. Якщо практичні навички дають змогу повною мірою виконувати в дистанційному режимі ті чи інші вправи, то недостатня методична підготовка школярів не дозволяє їм повною мірою організувати собі самостійні заняття.

Тоді як епідемія коронавірусної хвороби COVID-19 очікувано перейшла в пандемію, працівники сфери фізичної культури і спорту чітко зрозуміли, що виявилися не зовсім готовими до нових викликів, а саме масового закриття фізкультурно-оздоровчих комплексів на невизначений період і переходу до дистанційного навчання. Згодом додалася війна, що дало вчителям фізичної культури низку жорстких, але корисних уроків. Такі соціальні зміни висвітлили прірву між звиклими та інноваційними формами проведення занять, між активними сучасними педагогами і тими, хто відбуває нудну повинність у професії.

На нашу думку, основою сучасної концепції системи фізичної культури школярів має стати насамперед розвиток їхніх інтелектуальних можливостей, а вже потім реалізація практичних завдань, що декларує вчитель. Йдеться про стратегію залучення школярів у своєрідний здоров'язбережувальний процес, де потреба підтримувати належний стан здоров'я стане для них не лише засобом, інструментом досягнення якихось цілей, а й невід'ємним складником буття, елементом загальної культури. Підлітки стають, таким чином, грамотними в питаннях здоров'язбереження, що дозволяє їм самостійно моделювати свій спосіб життя і стан здоров'я.

Грамотність у питаннях здоров'язбереження – це цілісний комплекс знань, умінь і навичок, психологічних особливостей (якостей), переконань у необхідності ведення здорового способу життя, рекреаційних і реабілітаційних позицій, акмео-

логічних інваріантів. Основною характеристикою і показником грамотності учнів у питаннях, що пов'язані зі збереженням здоров'я, є андрагогічна особливість, що дозволить їм підтримувати належний рівень здоров'я, працездатності впродовж усього життя. Сучасний випускник закладу загальної середньої освіти повинен уміти самостійно «слухати» свій організм, відчувати і розуміти негаразди та знаходити шляхи і способи підтримки власного здоров'я.

Перспективу подальших досліджень вбачаємо у створенні фундаментальних технологій та методик формування фізичної культури школярів для формування у них грамотності у питаннях здоров'язбереження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дубогай О.Д., Завидівська Н.Н., Ханікянц О.В. Фізичне виховання і здоров'я : навчальний посібник. Київ : УБС НБУ, 2012. 271 с.
2. Завидівська Н. Особливості педагогічної технології формування фізичної культури учнів підліткового віку. *Спортивна наука України*. 2017. № 1 (77). С. 29–33.
3. Круцевич Т.Ю., Безверхня Г.В. Рекреація у фізичній культурі різних груп населення : навчальний посібник. Київ : Олімпійська література, 2010. 248 с.
4. Завидівська Н.Н. Фундаменталізація фізкультурно-оздоровчої освіти: аспект здоров'язбережувального навчання студентів : монографія. Київ : УБС НБУ, 2012. 402 с.
5. Zavydivska N.N., Rymar O.V., Khanikiants O.V., Malanchuk H.H., Solovey A.V. Using of game technologies on the lessons of physical culture of primary schoolchildren. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2021. Volume 5, Number 393. P. 222–229. DOI: 10.32014/2021.2518-1467.187.
6. Кремень В.Г. Якісна освіта в контексті загальноцивілізаційних змін. *Педагогіка і психологія*. 2007. № 2. С. 5–17.
7. Бойчук Ю.Д., Гринь Л.В. Еколого-валеологічна культура як основа здоров'язбезпечної та екологобезпечної поведінки особистості в навколишньому середовищі. Формування здоров'я особистості в умовах навчального закладу : навчальний посібник / за заг. ред. Єрмакова С.С. Харків : ХДАДМ, 2012. С. 74–114.
8. Zavydivska N., Zavydivska O., Khanikiants O., Rymar O. The paradigm of health maintenance at Higher Education Institutions as an Important Component of Human Development in Terms of Modernity. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*. 2017. Vol. 17, Supplement Issue 1, Art 9. P. 60–65. DOI: 10.7752/jpes.2017.s1009.

LITERACY IN HEALTH-PRESERVING ISSUES AS A PRIORITY OF THE EDUCATION SYSTEM OF SCHOOLCHILDREN IN THE CONDITIONS OF NEW SOCIAL CHALLENGES

Nataliia Zavydivska

Science Doctor in Pedagogy, Full Professor, Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture

Lviv State University of Physical Culture named after Ivan Boberskyi, 11 Kostyushka str., Lviv city, Ukraine, 79000, znat1964@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9280-3887

Olga Zavydivska

Science Doctor in Pedagogy, Associate Professor, Associate Professor of Economic and Management Department

Lviv State University of Physical Culture named after Ivan Boberskyi, 11 Kostyushka str., Lviv city, Ukraine, 79000, zoiggg@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1809-9972

Olena Khanikiants

PhD in Physical Education and Sport, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture

Lviv State University of Physical Culture named after Ivan Boberskyi, 11 Kostyushka str., Lviv city, Ukraine, 79000, olena07lviv@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7518-3532

The necessity and peculiarities of the process of forming the literacy of schoolchildren in health-preserving issues during physical culture lessons in the conditions of new social challenges are substantiated. The impact of the COVID-19 pandemic and Russia's military aggression against Ukraine on the functioning of the physical culture and sports system is analysed. The peculiarities of conducting physical culture lessons in distance mode are revealed. The content of the definition "literacy in health-preserving issues" is clarified. The idea of the concept and strategy for the development of pedagogical physical culture and health-improving methods and technologies for using in distance learning conditions was formed.

It is noted that the literacy of schoolchildren in health-preserving issues is a subject of objective scientific study and is a complex phenomenon. At the same time, literacy in health-preserving issues acts as an object of pedagogical management based on a set of fixed principles, forms, methods and means of physical culture.

Literacy in health-preserving issues is an integral complex of knowledge, abilities and skills, psychological features (qualities), beliefs in the neediness to lead a healthy lifestyle, recreational and rehabilitation positions, acmeological invariants. The main characteristic and indicator of schoolchildren's literacy in health-preserving issues is an andragogic feature, which will allow them to maintain an appropriate level of health and work capacity throughout their lives.

It is declared that in critical moments, similar to those that Ukraine is currently experiencing, training the literacy in health-preserving issues is that lever that will enable the young generation to find new sources for extending years of healthy life.

Key words: literacy, health-preserving, schoolchildren, physical culture and sports.

REFERENCES

1. Dubogay, O.D., Zavydivska, N.N. & Khanikiants, O.V. (2012). *Fizyczne vykhovannia i zdorovia* [Physical education and health]. An educational manual, Kyiv: UBS NBU, 271 p.

2. Zavydivska, N. (2017). *Osoblyvosti pedahohichnoi tekhnolohii formuvannia fizychnoi kultury uchniv pidlitkovoho viku* [The features of pedagogical technology of formation physical culture of schoolchildren in adolescence age]. *Sports science of Ukraine*, 1, pp. 29–33.

3. Krutsevych, T.Ju., Bezverhnia, H.V. (2010). *Rekreatsiia u fizychnii kulturi riznykh hrup naselennia*

[Recreation in physical culture of different population groups]. An educational manual. Kyiv: Olympic literature, 271 p.

4. Zavydivska, N.N. (2012). *Fundamentalizatsiia fizkulturno-ozdorovchoi osvity: aspekt zdoroviazberezhuvannia navchannia studentiv* [Fundamentalisation of health and physical education: an aspect health-preserving study of students]. A monograph, Kyiv: UBS NBU, 402 p.

5. Zavydivska, N.N., Rymar, O.V., Khanikiants, O.V., Malanchuk, H.H. & Solovey, A.V. (2021). *Using of game technologies on the lessons of physical culture of primary*

schoolchildren. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. Volume 5. Number 393, pp. 222–229. DOI: 10.32014/2021.2518-1467.187.

6. Kremen', V.H. (2007). Yakisna osvita v konteksti zahalnotsyvilizatsiinykh zmin [High-quality education in the context of general civilizational changes]. *Pedagogy and psychology*, 2, pp. 5–17.

7. Boychuk, Ju.D., Hryn', L.V. (2012). Ekoloho-valeolohichna kultura yak osnova zdoroviabezpechnoi ta ekolohobezpechnoi povedinky osobystosti v navkolyshnomu seredovyshchi [Ecological and valeological culture as

the basis of healthy and ecologically safe behavior of the individual in the environment]. *The formation of personal health in the conditions of an educational institution: an educational manual*, / S. Yermakov redaction. Kharkiv: HDADM, pp. 74 –114.

8. Zavydivska, N., Zavydivska, O., Khanikiants, O., Rymar, O. (2017). The paradigm of health maintenance at Higher Education Institutions as an Important Component of Human Development in Terms of Modernity. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*. Vol. 17. Supplement Issue 1. Art 9, pp. 60–65. DOI: 10.7752/jpes.2017.s1009.

Стаття надійшла 18.05.2022

ФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ ДИСТАНЦІЙНОГО ТА ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ

Анна Квятковська

аспірантка УМО НАПН України

викладач вищої категорії

Київського фахового коледжу зв'язку (Київ, Україна) sobolevanna29@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4977-5515

COVID-19 та війна в Україні змінили тенденції освітнього процесу. До 2020 року дистанційним навчанням користувалися лише 14% коледжів України. А після 2020 року дистанційне навчання стало 100%, хоча і були періоди очного навчання. Автором статті були розглянуті основні переваги та недоліки дистанційного навчання та змішаного навчання з опитуванням студентів Київського фахового коледжу зв'язку. Через анкетування визначається роль викладача в онлайн-процесі, адже якісне навчання цілком залежить від цифрових компетентностей викладача. Проаналізовані праці вітчизняних та зарубіжних учених, які порушували питання дистанційного навчання студентів у вищій та професійній освіті. Автором було проведено анкетування через Google Forms студентів-бакалаврів, адже ці студенти мали змогу повчитись і в змішаній, і в дистанційній, і в очній формі навчання. Таким чином, провівши дослідження, аналіз літератури та публікацій науковців, ми розуміємо, що як змішане навчання, так і дистанційне навчання можуть мати свої переваги. Однак, коли ми придивляємося ближче, щоб визначити різницю між ними, то розуміємо, що вони можуть мати свої недоліки.

Дослідження проблем дистанційного та змішаного навчання в українських закладах передвищої фахової освіти є надзвичайно важливим. Відповідно до результатів, порівнюючи дистанційне та змішане навчання за такими факторами, як адаптація до навчання та контроль успіхів навчання, середній бал 5-значної оцінки був приблизно однаковим, що свідчить про те, що готовність студентів і за змішаною, і за дистанційною формою до самого процесу навчання однакова. А от середній бал компетентності викладача, організація практичних занять та результативність самого навчання за середньою оцінкою були вищими в змішаному навчанні. Це можна пояснити тим, що для студентів дуже важлива соціалізація, спілкування з однолітками. Зважаючи на результати, автор підсумовує, що освіта зазнає і буде активно зазнавати трансформації, тому змішане навчання є найкращою перспективою.

Ключові слова: дистанційне навчання, змішане навчання, анкетування, заклади фахової передвищої освіти, мотивація.

Актуальність. Заклади фахової вищої та передвищої освіти різко перейшли до екстремного дистанційного навчання у 2020 році через пандемію COVID-19. У цій статті описується досвід дистанційного та змішаного навчання в закладах передвищої освіти та проводиться опитування студентів щодо порівняльних факторів у змішаному та дистанційному навчанні. Дистанційне навчання в ті важкі часи було складним, оскільки, окрім наявних проблем із доступом і доступністю, нові проблеми щодо фінансової стабільності та емоційної підтримки сприяли перериванню навчання. Тому на його зміну прийшло змішане навчання. Але війна Росії проти України в 2022 році теж внесе свої корективи.

До 2020 року дистанційним навчанням користувалися лише 14% коледжів України. Тому дослідження проблем дистанційного та змішаного навчання в українських закладах фахової передвищої освіти є надзвичайно важливим. Мета роботи – проаналізувати ставлення студентів до якості дистанційного навчання, зміша-

ного навчання, порівняти їх та надати рекомендації; також визначити фактори, що впливають на онлайн-навчання, на думку студентів, та провести факторний аналіз для досягнення цієї мети.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На думку А. Альварес [2], дистанційне або відкрите навчання – це метод навчання, у якому пряма фізична взаємодія між викладачем і студентом не відбувається у заздалегідь визначений час і місце, але може бути модифікована як техніка часу, місця та підтвердження без шкоди для суб'єктивного змісту.

Ф. Феррі, П. Гріфоні і Т. Гуццо вважають, що змішане навчання поєднує, здавалося б, протилежні підходи: формальне та неформальне навчання, особисте та онлайн-спілкування, керовані дії та самостійний вибір шляху, використання автоматизованих довідок та зв'язки з колегами для досягнення індивідуальних цілей і цілей організації [3]. Висвітлені питання використання активних й інтерактивних методів навчання в закладах вищої освіти, у тому числі у форматі

онлайн (Л. Карташова, О. Спірін, І. Дичківська, А. Стрюк, В. Ткачук та ін.). Розкриті особливості реалізації змішаного навчання в умовах карантинних обмежень такими науковцями, як: С. Волошинов, О. Курок, В. Круглик, В. Осадчий, К. Осадча, О. Спірін, Т. Сорочан. Отже, можна підсумувати, що вчені зробили вагомий внесок у вивчення проблем дистанційного та змішаного навчання у закладах вищої та передвищої освіти. Натомість огляд джерельної бази дослідження для закладів фахової передвищої освіти засвідчує недостатність аналізу думок студентів фахових спеціальностей коледжів.

Виклад основного тексту та результати досліджень. У березні 2020 року генеральний директор ЮНЕСКО Одрі Азуле заявила, що через пандемію коронавірусу COVID-19 понад 1,5 мільярда молодих людей у 165 країнах не можуть відвідувати заняття через закриття середніх шкіл [7]. Онлайн-навчання стало вимушеною формою, яка багато в чому успадковує методи аудиторного навчання.

Технології дають нам, як ніколи раніше, нові можливості скористатися перевагами розширення підтримки через онлайн, мобільну, гібридну та більш персоналізовану та адаптивну підтримку студентів. Але дистанційне навчання буквально через півроку після його масового впровадження викликало купу питань та зауважень. Багато науковців зазначали, що заклад освіти – це «місце зустрічі», а навчання в ньому – «етап життя колективу», під час якого між студентами встановлюються важливі дружні стосунки, вибудовується соціальна мережа. Університетська освіта, як сказано в листі, базується на «критичному, спільному та заснованому на довірі обміні між відповідальними людьми», і вимагає прямої розмови між присутніми. Крім того, «цифровий стрибок» у навчанні, який стався під час пандемії COVID-19, загрожує студентам втратою цих важливих елементів [3]. Хоча, беззаперечно, є переваги дистанційного навчання, про що вказує досвід таких українських учених, як В. Прибилова, Л. Карташова, О. Спірін, Г. Ткачук, А. Гуржій [4; 8].

Тому як альтернативу більшість закладів освіти почало застосовувати в навчальному процесі змішане навчання. Хоча чітких рекомендацій щодо його впровадження немає і натепер. У попередніх системах (очного та дистанційного) фокус був на двох кінцях спектра (звичайний режим і відстань режим), і було майже розсічення. Тоді як у сучасну епоху фокус змістився в бік цен-

тру з різними виникаючими варіантами. Терміни «гібридне навчання», «розмовне навчання» та *Conflex Learning* – це стилізовані назви практик змішування *face-to-face* або онлайн-навчання.

Три основні відмінності між змішаним навчанням та дистанційним навчанням, на думку авторів, є такими:

- це місце, де викладається предмет;
- мета методу навчання;
- взаємодія між викладачами та їх учнями.

Змішане навчання – це інтегрований метод навчання. Він поєднує у собі класичні методи навчання з навчанням за допомогою дистанційного навчання, наприклад, за допомогою відеоконференцій, віртуальних лабораторій та ін. Відзначається, що змішане навчання набагато ефективніше, ніж інші методи.

Метод навчання – це апробована і систематично використовувана система діяльності педагогів і учнів.

Методи засвоєння знань включають:

- чат
- обговорення
- лекцію
- роботу з книгами.

Але, беручи до уваги вищезазначене, автор зауважує, що саме заклади фахової передвищої освіти потребують ретельної уваги у разі дистанційного та змішаного навчання. Оскільки проведення практично-лабораторних комплексів досить важко поєднувати онлайн. Фаховий коледж – це заклад фахової передвищої освіти або структурний підрозділ закладу вищої освіти, іншої юридичної особи, що провадить освітню діяльність, пов'язану зі здобуттям фахової передвищої освіти, може проводити дослідницьку та/або творчу мистецьку та/або спортивну діяльність, забезпечувати поєднання теоретичного навчання з навчанням на робочих місцях. У процесі підготовки фахівців у закладах фахової передвищої освіти під час викладення дисциплін особливе місце посідає практична підготовка студентів у вигляді практичних та лабораторних робіт [5], на що варто зважати під час проведення досліджень.

Автором було проаналізовано та зібрано в порівняльну таблицю основні переваги та недоліки змішаного та дистанційного навчання.

Підтримка студентів є найпотужнішим способом залучити їх до навчання шляхом підвищення внутрішньої мотивації, сприяння інтеграції та утриманню, а також підвищення їхньої академічної успішності, задоволення та благопо-

Переваги та недоліки змішаного та дистанційного навчання

	Змішане навчання	Дистанційне навчання
Переваги	<ul style="list-style-type: none"> – включає приблизно від 30 до 80 відсотків онлайн-навчання, це все дозволить студентам брати участь особисто та віч-на-віч у лабораторіях – робота «віч на віч», контроль з боку викладача може мотивувати студентів – більше соціальної активності, можливості спілкування з однолітками – різні підходи, які можуть бути найбільш зручними для певних категорій студентів 	<ul style="list-style-type: none"> – приблизно 80 відсотків навчання, а іноді і 100 відсотків проводиться в режимі онлайн – студенти можуть жити в будь-якій точці світу та, маючи відповідні онлайн-можливості, отримувати доступ до деяких навчальних матеріалів – студентам, які працюють, дає більшу гнучкість у навчанні відповідно до свого робочого графіка, і часто знижує ймовірність того, що вони відстають у навчанні
Недоліки	<ul style="list-style-type: none"> – налаштування платформ для занять викладачами – «розслабленість» студентів, непродуктивно використаний час 	<ul style="list-style-type: none"> – недоброчесність студентів – недостатність самодисципліни, мотивації – зниження соціального спілкування

луччя. Задовільний досвід навчання сприяє сталості та безперервності освіти, тобто навчанню протягом усього життя. Щоб отримати відповіді на різні питання, які виникають у науковців, автором у 2022 році було ініційовано дослідження стану організації змішаного та дистанційного навчання у закладах фахової передвищої освіти України під час пандемії COVID-19 та воєнного стану в Україні. У дослідженні взяли участь 52 студенти бакалаврату. Опитування містило декілька факторів, які студенти повинні були оцінити за 5-бальною шкалою, аналізуючи свій досвід дистанційного та змішаного навчання, а саме:

- співпрацю студента та викладача
- контроль успіхів навчання
- цифрові компетентності викладача під час проведення занять
- адаптацію до навчання
- організацію практичних занять.

Відповідно до оцінювання було виведено середній бал та занесено до табл. 2.

Автор приводить до уваги інфографіку відповідей студентів на рис. 1 та рис. 2.

У результаті аналізу відповідей студентів на запитання запропонованої анкети було з'ясовано, що більшість студентів оцінювала вище за середнім балом змішане навчання. Як можемо зробити висновок з таблиці 2, найбільш велике розходження результатів у бальній середній оцінці є по таких категоріях:

- цифрові компетентності викладача під час проведення занять;
- організація практичних занять;
- співпраця студента та викладача.

А адаптація до навчання та контроль успіхів навчання має невелике розходження в балах.

Наступне питання анкети призначене для того, щоб студенти висловили свої думки щодо своїх уподобань до різних форм навчання (змішане, дистанційне, очне) (рис. 3).

Майже розділились відсотки щодо переваг між очним та змішаним навчанням. За змішане навчання голоси віддали 51% студентів, за очне – 44%, а за дистанційне всього 15%. Тобто дистанційним навчанням задоволена була лише 1/7 від усіх респондентів. Це дає підставу сказати, що студенти важко сприймають лише дистанційну форму, і більш якісною для них є традиційна (очна) або змішана освіта. Звісно, це може бути проблема, яка криється у самому навчальному процесі, його удосконаленні, формуванні, адаптивності під потреби студентів, але і рівнях свідомості, відкритості, самонавчання студентів. Проаналізувавши дослідження [6], можна дійти висновку, що саме компетентність викладача має найвищий ваговий коефіцієнт, тобто саме цифрова, фахова компетентність викладача мотивує, дає змогу створити інноваційне середовище для цікавого навчання, заохочує та стимулює студента. Тому авторами було проведено ще одне опитування з відкритим питанням: що саме, на їхню думку, повинен уміти робити викладач, щоб заняття в дистанційному вигляді були цікаві.

Думки респондентів розділились, але ми виділили основні шість, які були найбільш часто вживані:

- проведення занять за допомогою симуляторів, анімацій;
- залучення студентів у невеликі групи з пев-

Середній бал оцінки анкетування

	Дистанційне навчання (середній бал)	Змішане навчання (середній бал)
Співпраця студента та викладача	3,4	4,4
Контроль успіхів навчання студентів	4,1	4,8
Цифрові компетентності викладача під час проведення занять	3,8	4,7
Адаптація до навчання	4,1	4,75
Який тип навчання приносить найбільшу результативність, на ваш погляд	3,2	4,7
Організація практичних занять	3,3	4,6

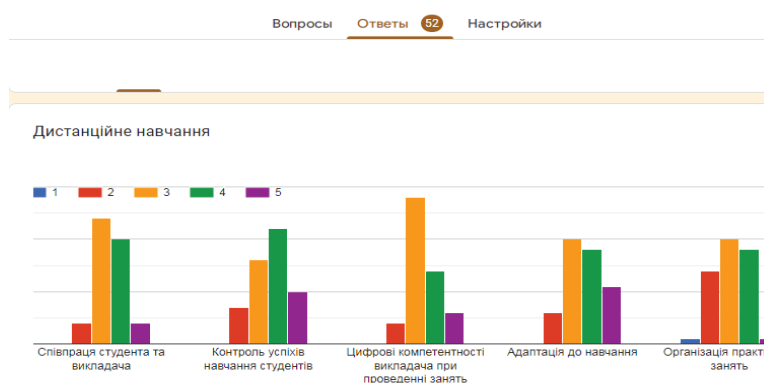


Рис. 1. Відповіді студентів на їхнє ставлення до дистанційного навчання

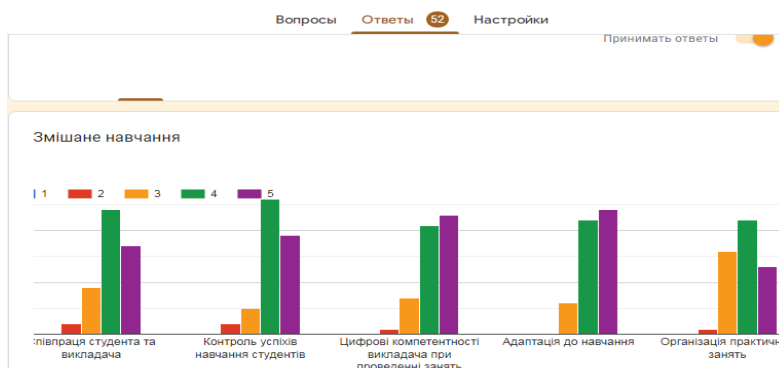


Рис. 2. Відповіді студентів на їхнє ставлення до змішаного навчання

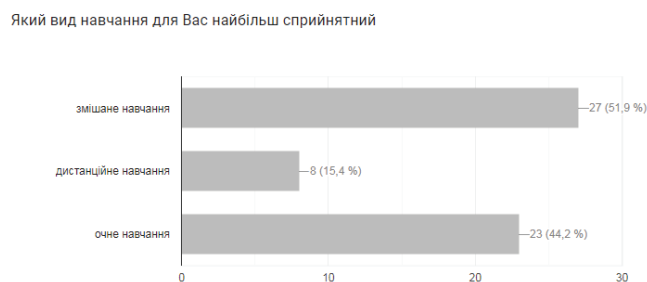


Рис. 3. Відповіді анкетування студентів

ним завданням, де можна обговорити, поспілкуватись, адже саме соціального спілкування завжди бракує в дистанційному форматі;

- демонструвати цікаві короткі по часу відео з конкретної теми, на думку студентів, більш доцільно, ніж читати суху лекцію на презентації;
- обов'язково залучення камери та контролю з боку викладача;
- проведення по можливості більше практичних завдань;
- більше живого спілкування між студентами та викладачем.

Проаналізувавши відповіді, автор відзначає, що на ці фактори може вплинути викладач за допомогою методів підвищення мотивації, створивши цікаве заняття, як лекційне, так і практичне. І внаслідок цього студенти отримають якісну професійну підготовку та вищу мотивацію до навчання.

Висновки та пропозиції. Зважаючи на сьогоднішнє, ми розуміємо, що освіта зазнає і буде активно зазнавати трансформації, тому змішане навчання є найкращою перспективою. Адже воно пропонує нові переваги, ціннісні пропозиції, які зосереджені на забезпеченні індивідуалізації; загального доступу, продуктивності та підвищення мотивації до навчання. З результатів відповідей автором зроблено висновок, що для забезпечення студентам умов для навчання необхідно підготувати всіх учасників освітнього процесу до змішаного навчання, створити для них відповідні методичні вказівки, покрокові інструкції; визначити ту форму взаємодії, яка не буде «сухою», а буде в постійному контакті зі студентами. На рівні організації закладів освіти використання змішаних технологій має бути пов'язане з основними та довгостроковими цілями навчального процесу. Необхідний відповідний розподіл ресурсів та інвестицій в інфраструктуру та підрозділи підтримки, що потребує процесів внутрішньої координації між всіма педагогічними працівниками закладів фахової передвищої освіти.

FACTOR ANALYSIS OF DISTANCE AND BLENDED LEARNING IN INSTITUTIONS OF PROFESSIONAL PREHIGHER EDUCATION

Anna Kviatkovska

NAES of Ukraine, Postgraduate Student,
teacher of higher qualifying category

Kyiv Professional College of Communication (Kyiv, Ukraine), sobolevanna29@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4977-5515

ЛІТЕРАТУРА

1. Альварес А. Феномен дистанційного навчання через екстрене дистанційне навчання в умовах пандемічної кризи. *Aziam Дж. Дистанційна освіта*. 2020. С. 144–153. URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1289949> (дата звернення: 07.07.2022).
2. Бахов І., Опольська Н., Богус М. Надзвичайна дистанційна освіта в умовах пандемії COVID-19: досвід українських університетів. 2021. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/11/7/364/htm#B14-education-11-00364> (дата звернення: 18.07.2022).
3. Завацкі-Ріхтер О. Поточний стан і вплив COVID-19 на цифрову вищу освіту в Німеччині. *Emerg.технол.* 2021.
4. Карташова Л., Гуржій А., Зайчук В. Цифровий близнюк закладу освіти як потреба в організації дистанційного навчання: інноваційні рішення. *Матеріали науково-практичної конференції*, Житомир. 2020.
5. Квятковська А. Особливості змішаної освіти в закладах передвищої фахової освіти. XIV Всеукраїнська науково-практична конференція «Інформаційні технології у професійній діяльності». Рівне. 2021.
6. Квятковська А.О., Дерка К.О. Аналіз факторів, які впливають на впровадження змішаного навчання в фахових коледжах за напрямом «Телекомунікації». *Актуальні питання гуманітарних наук : міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка*. № 47. С. 268–273, 2022 р. URL: <https://doi.org/10.24919/2308-4863/47-2-42>.
7. Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури. ЮНЕСКО об'єднує міжнародні організації, громадянське суспільство та партнерів з приватного сектору в широку коаліцію, щоб забезпечити #LearningNeverStops. 2020. URL: <https://en.unesco.org/news/unesco-rallies-international-organizations-civil-society-and-private-sector-partners-broad> (дата звернення 29.06.2022).
8. Прибилова В. Проблеми та переваги дистанційного навчання у вищих навчальних закладах України. 2019. URL: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/8791-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-17478-1-10-20170726pdf> (дата звернення: 05.07.2022).
9. Феррі Ф., Грифоні П., Гуццо Т. Онлайн-навчання та дистанційне навчання в надзвичайних ситуаціях: можливості та виклики в надзвичайних ситуаціях. *Societies*. 2020.

COVID-19 and the war in Ukraine changed the trends of the educational process. By 2020 only 14% of Ukrainian colleges used distance learning. And after 2020, distance learning became 100%, although there were periods of face-to-face learning. The author of the article considered the main advantages and disadvantages of distance learning and mixed learning with a survey of students of the Kyiv Professional College of Communication. Through the questionnaire, the role of the teacher in the online process is determined, because quality education depends entirely on the teacher's digital competencies. The works of domestic and foreign scientists who raised the issue of distance learning of students in higher and professional education were analyzed. The author conducted a questionnaire through Google Forms, with undergraduate students, because these students had the opportunity to study in blended, distance, and face-to-face education. Thus, after conducting research, analyzing the literature and publications of scientists, we understand that both blended learning and distance learning can have their advantages. However, when we take a closer look to tell the difference between them, we realize that they can have their drawbacks.

Studying the problems of distance and blended learning in Ukrainian institutions of advanced professional education is extremely important. The purpose of the work is to analyze the attitude of students to the quality of distance learning, mixed learning, compare them and provide recommendations. According to the results, comparing distance and mixed learning, on such factors as adaptation to learning and control of learning success – the average score of a 5-point assessment was approximately the same, which indicates the readiness of students in both mixed and distance learning for the learning process itself. But the competence of the teacher, the organization of practical classes and the effectiveness of the training itself, according to the average rating, was higher in mixed training. This can be explained by the fact that socialization and communication with peers is very important for students. Considering the results, the author concludes that education is undergoing and will actively undergo transformation, therefore mixed learning is the best prospect.

Key words: distance learning, blended learning, questionnaires, higher education institutions, motivation.

REFERENCES

- Alvares, A. (2020). Fenomen dystantsiinoho navchannia cherez ekstrene dystantsiine navchannia v umovakh pandemichnoi kryzy [The phenomenon of distance learning through emergency distance learning in conditions of a pandemic crisis], *Asiat J. Distance education*, 144–153. Retrieved from: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1289949> [in Ukrainian].
- Bakhov, I., Opolska, N., Bohus, M. (2021). Nadzvychna dystantsiina osvita v umovakh pandemii COVID-19: dosvid ukraïnskikh universytetiv [Emergency distance education in the conditions of the COVID-19 pandemic: the experience of Ukrainian universities] [in Ukrainian].
- Zavatski-Rikhter, O. (2021). Potochnyi stan i vplyv COVID-19 na tsyfrovu vyshchu osvitu v Nimechchyni [Current status and impact of Covid-19 on digital higher education in Germany], *Emerg. technol.* [in English].
- Kartashova, L., Hurzhii, A., Zaichuk, V. (2020). Tsyfrovyy blyzniuk zakladu osvity yak potreba v orhanizatsii dystantsiinoho navchannia: innovatsiini rishennia [The digital twin of an educational institution as a need for the organization of distance learning: innovative solutions], *Materials of the scientific and practical conference, Zhytomyr* [in Ukrainian].
- Kviatkovska, A. (2021). Osoblyvosti zmishanoi osvity v zakladakh peredvyshchoi fakhovoi osvity [Peculiarities of blended learning in institutions of pre-higher professional education], *XIV All-Ukrainian scientific and practical conference "Information technologies in professional activity"*, Rivne [in Ukrainian].
- Kviatkovska, A.O., Dereka, K.O. (2022). Analiz faktoriv, yaki vplyvaiut na vprovadzhennia zmishanoho navchannia v fakhovykh koledzhakh za napriamom "Telekomunikatsii" [Analysis of factors influencing the implementation of blended learning in professional colleges in the field of "Telecommunications"], *Current issues of humanitarian sciences: interuniversity collection of scientific works of young scientists of Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University*, No. 47, pp. 268–273. Retrieved from: <https://doi.org/10.24919/2308-4863/47-2-42> [in Ukrainian].
- Orhanizatsiia Obiednanykh Natsii z pytan osvity, nauky i kultury (2020) [UNESCO is bringing together international organizations, civil society and private sector partners in a broad coalition to ensure #LearningNeverStops] [in English].
- Prybylova, V. (2020). Problemy ta perevahy dystantsiinoho navchannia u vyshchykh navchalnykh zakladakh Ukrainy [Problems and advantages of distance learning in higher educational institutions of Ukraine]. Retrieved from: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/8791-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-17478-1-10-20170726.pdf> [in Ukrainian].
- Ferri, F., Hryfoni, P., Hutstso, T. (2020). Onlain-navchannia ta dystantsiine navchannia v nadzvychnykh sytuatsiakh: mozhlyvosti ta vyklyky v nadzvychnykh sytuatsiakh [Online and Distance Learning in Emergencies: Opportunities and Challenges in Emergencies], *Societies* [in English].

Стаття надійшла 26.05.2022

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ВЧЕНИХ НАПН УКРАЇНИ ДО ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ ДІТЕЙ ТА МОЛОДІ

Юрій Красильник

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри професійної освіти

Київський національний університет будівництва та архітектури, проспект Повітрофлотський, 31, Київ,
Україна, 03037, kyursem@ukr.net

ORCID: 0000-0003-0358-0066

Світлана Лапасенко

кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник,
завідувач відділу наукового інформаційно-аналітичного супроводу освіти,

Державна науково-педагогічна бібліотека України імені В. О. Сухомлинського, вул. М. Берлінського, Київ,
Україна, 04060, slapaenko@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0412-6618

У статті здійснено огляд досліджень з проблем формування культури здорового способу життя зростаючого покоління, необхідність якого детермінується як гострою потребою подолання кризових явищ сучасності (COVID-19, несприятливі екологічні фактори, поширення захворюваності, шкідливі звички та ін.), набуттям здоров'язберігувальних компетентностей (рухова активність, правильне харчування, загартовування, режим праці та відпочинку тощо), так і збагаченням досвіду забезпечення фізичного, соціального та психологічного благополуччя (розумова та фізична працездатність, психоемоційна стійкість, індивідуальний потенціал здоров'я тощо). Особливої ваги проблема формування культури здорового способу життя набуває в умовах постійного стресу, тривоги за своє життя, життя своїх близьких та співвітчизників під час воєнних дій РФ проти України. Цією проблемою займалися, зокрема, й вчені НАПН України та зробили важливий внесок у її вирішення. У науковому доробку науковців НАПН України виявлено методологічні підходи, врахування яких впливає на цілісність науково-педагогічного дослідження означеної проблеми, а саме: історико-педагогічний, людинознавчий, науково-педагогічний, суспільно-економічний, інформаційний, системний, структурний, цілісності, освітньо-управлінський, виховання смисложиттєвих цінностей, психолого-педагогічного супроводу духовно-культурного виховання особистості; медико-гігієнічний, персоналістично-біографічний, порівняльно-аналітичний, особистісно орієнтований, суб'єктний, культуровідповідний, природовідповідний, стимулювання життєвої творчої самодіяльності, соціально-педагогічного партнерства, міжсекторальної взаємодії, технологічний, євроінтеграційний. Констатовано, що більшість молодих людей фрагментарно володіють знаннями щодо збереження здоров'я, здорового способу життя, його компонентів. Але саме індивідуальний спосіб життя є визначальним чинником збереження і зміцнення здоров'я. Головною детермінантою недостатньої компетентності молоді в питаннях, що стосуються здоров'язберігальної діяльності, є її неефективність як складника цілісного освітнього процесу. Аналіз результатів проведених досліджень вказує на необхідність визначення основних чинників у формуванні здорового способу життя, а також розробки та впровадження в освітній процес здоров'язберігальних технологій. Доведено, що впровадження у заклади освіти відповідної організаційно-виховної роботи, педагогічних умов та інноваційних здоров'язберігальних технологій сприятиме самоорганізації здорового способу життя дітей та молоді, вихованню відповідальності за власне здоров'я, життя і здоров'я інших людей, досягненню стану гармонійної рівноваги в системі «людина-навколишнє середовище».

Ключові слова: методологічні підходи, вчені НАПН України, формування культури здорового способу життя, заклади освіти, здоров'язберігальні технології, здоров'язберігальні компетентності.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Необхідність формування культури здорового способу життя дітей та молоді детермінується як гострою потребою щодо подолання кризових явищ сучасності (COVID-19, несприятливі екологічні фактори, поширення захворюваності, шкідливі звички та ін.), набуття здоров'язберігувальних ком-

петентностей (рухова активність, правильне харчування, загартовування, режим праці та відпочинку тощо), так і збагаченням досвіду забезпечення фізичного, соціального та психологічного благополуччя (розумова та фізична працездатність, психоемоційна стійкість, індивідуальний потенціал здоров'я тощо). Особливої

ваги проблема формування культури здорового способу життя дітей та молоді набуває в умовах постійного стресу, тривоги за своє життя, життя своїх близьких та співвітчизників під час воєнних дій РФ проти України. На нашу думку, започаткована Національна програма психічного здоров'я та психосоціальної підтримки [15] сприятиме вирішенню означеної проблеми, стане дієвим фактором допомоги українцям в подоланні наслідків фізичних та психологічних травм. Особливо небезпечним за своїми наслідками є стрімке погіршення здоров'я дітей та молоді, а тому актуалізується необхідність системної діяльності закладів освіти щодо усвідомлення молоддю цінності власного здоров'я, розуміння визначальної ролі здорового способу життя для його збереження і зміцнення, створення здоров'язберігаючого освітнього середовища задля забезпечення якості професійної підготовки, ефективної реалізації набутих компетентностей та конкурентоздатності на ринку праці.

Проблеми збереження здоров'я та формування здорового способу життя молоді є об'єктом багатьох досліджень науковців як вітчизняних, так і зарубіжних. Важливий внесок у вирішення проблеми збереження здоров'я і в теоретичному, і в практичному плані зробили: О. Бабак, В. Войтенко, О. Кляпець, Л. Суценко, О. Яременко та ін. Складники здоров'я української молоді та чинники, які обумовлюють його сучасний стан, досліджено в працях О. Балакіревої, Ю. Саєнко, В. Мягих. Загальні підходи до визначення державної політики сприяння здоров'ю та забезпечення здорового способу життя української молоді вивчали вітчизняні науковці О. Вакулєнко, О. Яременко, Ю. Галустян. Ними проведено серію соціологічних досліджень щодо проблем, пов'язаних зі здоров'ям молоді (формування здорового способу життя; вживання тютюну, алкоголю, наркотиків у молодіжному середовищі; сексуальне та репродуктивне здоров'я молоді, проблеми ВІЛ-інфікування тощо). Плануванню багатосекторальної співпраці з метою формування здорового способу життя присвячені праці В. Оржеховської, О. Пилипенко, Г. Ковганич. Удосконаленням такої співпраці з питань профілактики ВІЛ/СНІДу та наркоманії займалися О. Шиян, О. Худоба. Сучасні науковці – Т. Ващенко, Д. Глазько, Р. Давиденко – наголошують на формуванні ціннісних орієнтацій молоді на здоровий спосіб життя. Е. Вільчковський, Т. Малярєнко, Л. Пахомова, Л. Поліщук, А. Щєдрина у своїх працях розглянули шляхи

удосконалення самостійних занять із фізичної культури та біології. Науковці наголошують на існуванні суспільної потреби проведення профілактичних заходів для усунення негативного впливу соціальних детермінант здоров'я, створення умов для збереження та зміцнення здоров'я здобувачів освіти, утвердження здорового способу життя, формування відповідального ставлення кожної молодої людини до особистого здоров'я. Успішною передумовою реалізації означених завдань, на наш погляд, є формування і запровадження комплексного міжсекторального підходу шляхом залучення фахівців медичної, юридичної, соціальної, освітньої сфери до профілактики захворювань і пропаганди здорового способу життя серед молоді. Проте єдиної моделі збереження і зміцнення здоров'я у сфері професійної освіти на сьогодні не існує. Наразі сучасна виховна практика актуалізує в системі науково-педагогічних досліджень постійний пошук відповідних меті та завданням формування культури здорового способу життя дітей та молоді таких методологічних підходів, які б забезпечували ефективність цього процесу. Л. Канішевська [6], на основі цілісного теоретико-прикладного аналізу науково-експериментальних досліджень Інституту проблем виховання Національної академії педагогічних наук України (далі – НАПН України), робить висновок про те, що тільки особистісно орієнтована модель виховання як альтернатива навчально-дисциплінарній розгортається в системі методологічних принципів (гуманізму, цілісності, альтруїзму, наступності, культуровідповідності, природовідповідності, стимулювання життєвої творчої самодіяльності, соціально-педагогічного партнерства, міжсекторальної взаємодії), сприяє становленню вихованця як різнобічної особистості. На нашу думку, в умовах необхідності постійного інтегрування виховних стратегій і тактик, як результату науково-педагогічних досліджень, в реальній виховній практиці існує потреба в сполученні різних методологічних підходів щодо їх здійснення в контексті цілісного виховного процесу. Зокрема, Є. Білозьоров [3] наголошує на тому, що протягом останнього століття методологія від класичної, побудованої на раціональних та об'єктивних підходах, через некласичну (з її свободою вибору й суб'єктивністю), перейшла до посткласичної (постмодерністської), яка характеризується визнанням нераціонального та плюралістичного підходів. Ми погоджуємося з точкою зору Г. Васяновича [5] на те, що педаго-

гічна методологія у своєму розвитку еволюціонувала від моністичної до плюралістичної системи (екзистенціалізм, антропологія, феноменологія, синергетика, герменевтика, раціоналізм, прагматизм, конструктивізм та ін.) та безпосередньо позначалося на організації наукових досліджень. Тому метою даної статті є аналіз змісту методологічних підходів вчених НАПН України щодо формування культури здорового способу життя дітей та молоді та їх втілення в конкретних науково-педагогічних дослідженнях.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Теоретико-методологічні та науково-прикладні результати, здобуті в процесі виконання дослідження «Бібліографічний та аналітичний супровід діяльності Національної академії педагогічних наук України щодо науково-методичного забезпечення модернізації та реформування освіти» (2020–2022 рр.; РК № 0120U002095; відділ наукового інформаційно-аналітичного супроводу освіти Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В. О. Сухомлинського), дають нам можливість сформулювати цілісне знання про діяльність вчених НАПН України щодо науково-методичного забезпечення модернізації й розвитку української освіти, педагогіки та психології, зокрема формування культури здорового способу життя дітей та молоді.

В. Кременем та В. Ільїним [10] у монографії «Людина у викликах цивілізації: від минулого – до майбутнього. Людина. Освіта. Соціум» показано еволюцію поглядів на людину в суспільстві в різні історичні епохи, здійснено розгляд її діяльності в соціально-культурних контекстах, проаналізовано становище людини в системі цивілізаційних цінностей, які обумовлюють мету та сенс її життя. І. Бех [1] у статті «Сучасна освіта на шляху досконалості» актуалізує проблеми, пов'язані зі створенням сучасної освіти, що відповідає гуманістичним запитам суспільства, акцентує увагу на сучасному освітньо-виховному процесі, у якому через зміст і технології має здійснюватися перетворення основних цінностей життя і культури на власні цінності особистості. В. Оржеховська [14] подальше вдосконалення основ формування здорового способу життя, культури здоров'я, підвищення їх виховних можливостей пов'язує з вихованням і формуванням ціннісного ставлення до здоров'я молоді, а саме з педагогікою здоров'я як науковим напрямом, що передбачає з'ясування закономірностей освітніх процесів, які відбуваються у процесі формування особистісної цінності – здоров'я і цін-

нісного ставлення до здоров'я та факторів, що впливають на ці процеси (включаючи педагогічні методи і засоби). І. Бехом та О. Остапенком [2] зроблено висновок про те, що сучасна ситуація вимагає впровадження цілісної системи соціальної підтримки фізичного виховання і здорового способу життя, яка б стимулювала молодь зберігати і зміцнювати власне здоров'я й дотримуватись здорового способу життя.

Беручи до уваги, що сучасне виховання ґрунтується на положеннях гуманістичної етики, моральних і культурних цінностях нації та має формувальний вплив як на духовне життя суспільства в цілому, так і на смисложиттєву сферу особистості, зокрема, науковцями Інституту проблем виховання НАПН України розроблено Програму виховання смисложиттєвих цінностей підлітків в умовах євроінтеграційного поступу України [17], яка спрямована на створення сприятливих умов для життєтворення та самореалізації зростаючої особистості та ґрунтується на усвідомленні людиною необхідності в особистісному зростанні, визначенні близьких, середніх і далеких перспектив, цілей, які б визначали її життєдіяльність та поведінку, а також духовно-моральне ставлення до соціуму, природи, до самої себе; усвідомлення власної унікальності та свого життєвого призначення; творчу самореалізацію та постійне самовдосконалення.

Е. Помиткін та Л. Помиткіна [16] актуалізують проблему розробки психолого-педагогічного супроводу духовно-культурного виховання особистості у XXI столітті, акцентують увагу на тому, що слідом за епохою домінантності інтелектуального розвитку людства настає час розвитку свідомості, духовно-культурних цінностей. Наразі цей процес має ініціювати зміни у сфері освіти, у процесі навчання та виховання молоді. Орієнтиром виховного процесу, спрямованого на духовно-культурний розвиток молоді, є розроблена науковцями психологічна модель особистості з високим духовним потенціалом, яку утворюють сто двадцять п'ять якостей, у т.ч. відповідальне ставлення до власного організму (удосконалення психофізіологічних властивостей, здоровий спосіб життя, почуття впевненості у своїх фізичних можливостях, гармонії Духа та тіла тощо).

В. Рибалка [18] наголошує на тому, що важливим видається методологічний розгляд особистості та її діяльності в контексті проблеми духовності, в якому вона усвідомлюється як ключова цінність і самоцінність людства і в цьому плані потребує дбайливого ставлення до своєї

честі та гідності з боку суспільства та інших особистостей.

Методологічні підходи, які означено в працях вчених НАПН України, засвідчують їх творчий характер та визначають їх провідну роль в побудові науковцями процедур досліджень актуальних проблем формування культури здорового способу життя дітей та молоді. Так, І. Кенсицька та М. Пальчук [7] також наголошують на тому, що сьогодні на перше місце у закладах освіти висувається необхідність турботи про здоров'я здобувачів освіти, а саме: формування в них навичок здорового способу життя, передумовою успішного оволодіння якими є освоєння теоретичних знань у процесі фізичного виховання. Адже більшість з них фрагментарно володіють знаннями щодо збереження здоров'я, здорового способу життя, його компонентів (раціонального режиму дня, загартування, харчування тощо); мають незначний руховий досвід, крім того, вони практично не беруть участі в здоров'язберігальній діяльності, що позначається на рівні загальної культури, стані здоров'я. Проте, як зазначають І. Кенсицька та М. Пальчук, серед опитаних студентів 26% хлопців ($n_1=54$) та 26,7% ($n_2=60$) дівчат розуміють взаємозв'язок між резервними можливостями організму, станом здоров'я та правильно і грамотно організованими заняттями фізичними вправами. Дещо більша кількість студентів, 39% хлопців і 20% дівчат, могли пояснити, у чому полягає позитивний вплив регулярних занять фізичними вправами на підвищення фізичної працездатності. Проведене анкетування дало змогу встановити, що лише 11% хлопців і 8,3% дівчат розуміють важливість дотримання режиму дня та вважають, що заміна одних видів діяльності іншими дозволяє підтримувати працездатність.

О. Левицький та В. Ковальчук [11] зазначають, що нині питання здорового способу життя набуло особливої актуальності з огляду на низькі функціональні показники у стані здоров'я та фізичного розвитку молоді: поширеними є хвороби нервової системи (невротичні розлади) та органів чуттів, проблеми, пов'язані із серцево-судинною та дихальною системами (фарингіти, хронічні тонзиліти), захворюваннями кишково-шлункового тракту (гастрити і холециститу) та опорно-рухового апарату. П. Оксьом та Л. Бережною [12] в результаті проведених досліджень отримано дуже різноманітні думки про поняття «здоровий спосіб життя» і його складові частини. Так, серед найважливіших складових частин здорового способу життя достатній руховий режим назвали

55,0% здобувачів освіти, 40,0% – раціональне харчування, 30,0% – відмову від шкідливих звичок, 10,0% – дотримання правил особистої гігієни, 10,0% – загартування, 5,0% – стресостійкість, 5,0% безпечна поведінка в побуті, на вулиці; 30,0% – здоровий спосіб життя взагалі не вважають для себе найважливішою цінністю. Таким чином, головною детермінантою недостатньої компетентності здобувачів освіти в питаннях, що стосуються здоров'язберігальної діяльності, є недостатня її ефективність як складника цілісного освітнього процесу. Аналіз результатів проведених досліджень вказує на необхідність визначення основних чинників у формуванні здорового способу життя молоді, а також розробки та запровадження в освітній процес здоров'язберігальних технологій.

Ю. Бойко [4, с. 266–278] визначає здоров'язберігальну технологію як педагогічну діяльність, яка трансформує виховання в життєзабезпечуючий процес, спрямований на збереження і примноження здоров'я. Під здоров'язберігальними технологіями пропонується розуміти: сприятливі умови навчання (без стресових ситуацій, адекватність вимог, методик навчання та виховання); оптимальну організацію навчального процесу (відповідно до вікових, статевих, індивідуальних особливостей та гігієнічних вимог); необхідний достатній та раціонально організований руховий режим. На думку М. Кошманюк [9], формування здорового способу життя молоді повинно виконуватися у двох напрямках: 1) оздоровча робота, створення сприятливого для здоров'я соціального, психологічного та санітарно-гігієнічного середовища як підґрунтя для формування свідомого ставлення молодої людини до власного здоров'я; 2) діяльність, спрямована на виховання позитивної мотивації до здоров'я, потреби у здоровому способі життя; прищеплення знань, умінь і навичок, необхідних для збереження, зміцнення, відновлення здоров'я.

О. Левицьким та В. Ковальчуком [11] розглянуто основні чинники у формуванні здорового способу життя, такі як залучення здобувачів освіти до занять фізичною культурою в позанавчальний час, втілення в повсякденний побут науково доведених рекомендацій щодо раціонального режиму праці, фізичної працездатності, відпочинку та харчування.

Авторами колективної монографії «Формування здорового способу життя молоді: проблеми і перспективи» [20] встановлено, що важливим аспектом пояснення розуміння збереження

здоров'я є його передумови, а саме: мир, дах над головою, соціальна справедливість, освіта, харчування, прибуток, стабільна екосистема, сталі ресурси. У цьому контексті Л. Омельченко [13] справедливо вважає, що підґрунтям повноцінного розвитку особистості є саме психологічне здоров'я як сукупність психічних властивостей особистості, що гармонізують потреби індивіда й соціуму та орієнтують людину на виконання власного життєвого плану.

Таку позицію підтверджують І. Коцан, Г. Ложкін та М. Мушкевич [8], які розглядають психічне здоров'я людини в системі таких критеріїв, як психічна рівновага (функціонування пізнавальної, емоційної, вольової сфер); гармонійність організації психіки; адаптаційні можливості психіки. Тому, на нашу думку, тільки цілеспрямована увага до неповторності та унікальності особистості кожного спроможна детермінувати ефективну здоров'язберігальну технологію.

Саме на такий підхід звертає увагу Л. Сливка [19], коли радить, на основі здобутих результатів наукового дослідження, здійснювати ґрунтовне змістове наповнення навчальних дисциплін, мета і завдання яких є дотичними формуванню у здобувачів освіти здоров'язберігальної компетентності. Зокрема, щодо посилення інформаційного блоку з питання психо-соціального здоров'я.

ВИСНОВКИ. Аналіз теоретичних та методичних розробок вчених НАПН України констатує конструктивний пошук шляхів дослідження проблем формування культури здорового способу життя дітей та молоді через призму філософії, освіти, педагогіки, психології, культурології, валеології. У науковому доробку вчених НАПН України виявлено методологічні підходи, врахування яких впливають на цілісність науково-педагогічного дослідження означеної проблеми: історико-педагогічний – з'ясування можливостей використання теоретичного, методичного, технологічного доробку в контексті трансформації змісту та організації виховного процесу (В. Оржеховська); людинознавчий – людина в системі цивілізаційних цінностей, які обумовлюють мету та сенс її життя (В. Ільїн, В. Кремень); науково-педагогічний – обґрунтування основ та технологій формування культури здорового способу життя особистості як цілісного й поетапного процесу її гармонійного розвитку (І. Бех, В. Оржеховська); суспільно-економічний – історично зумовлені способи матеріальної та духовної життєдіяльності людей (В. Ільїн, В. Кремень); інформаційний – задоволення інформаційних потреб особистості (І. Бех, К. Журба, О. Доукіна,

С. Федоренко, І. Шкільна); системний – інтеграція природних та соціальних умов формування культури здорового способу життя (І. Бех, В. Ільїн, В. Кремень); структурний – пізнавальна діяльність на рівні теоретичному, емпіричному та ціннісно-практичному, творча діяльність спрямована на взаємодію з навколишнім середовищем, технології задоволення актуальних потреб та потреб розвитку, комунікативна діяльність суб'єктів здоров'язберігального процесу, освітня (психолого-педагогічна) діяльність щодо фізичного, фізіологічного, психічного, соціального, культурного, інтелектуального, духовного розвитку людини (І. Бех, В. Кремень, В. Оржеховська, О. Остапенко); цілісності – система соціальної підтримки фізичного виховання і здорового способу життя, яка б стимулювала молодь зберігати і зміцнювати власне здоров'я й дотримуватись здорового способу життя (І. Бех, О. Остапенко); освітньо-управлінський – оцінка якості виховного (самовиховного) впливу, стратегії прийняття рішень, рівень зворотнього зв'язку (І. Бех, О. Остапенко); виховання смислоттєвих цінностей – духовно-моральне ставлення до соціуму, природи, до самої себе, усвідомлення власної унікальності та свого життєвого призначення (І. Бех, К. Журба, О. Доукіна, С. Федоренко, І. Шкільна); психолого-педагогічного супроводу духовно-культурного виховання особистості – центрація виховного процесу на духовно-культурному розвитку молоді (І. Бех, Е. Помиткін, Л. Помиткіна, В. Рибалка); медико-гігієнічний – організація допомоги в забезпеченні належних гігієнічних умов (Е. Помиткін, В. Рибалка); персоналістично-біографічний – аналіз життєвого шляху й діяльності людини (Е. Помиткін, В. Рибалка); порівняльно-аналітичний – аналіз джерельної бази, досвіду освітньо-виховної та фізкультурно-оздоровчої практики (І. Бех, К. Журба, О. Доукіна, С. Федоренко, І. Шкільна); особистісно орієнтований підхід – виховний процес, спрямований на розвиток особистості з урахуванням індивідуально-психологічних особливостей (І. Бех, Л. Канішевська, В. Оржеховська); суб'єктний – зміщення акцентів ініціативи від вихователя через партнерство до вихованця, коли набуває дієвості його власна активність і творчість (І. Бех); культуровідповідний, природовідповідний, стимулювання життєвої творчої самодіяльності, соціально-педагогічного партнерства, міжсекторальної взаємодії – сприяння становленню вихованця як різнобічної особистості (Л. Канішевська); технологічний – педагогічна діяльність, яка трансформує виховання в життєзабезпечуючий процес, спрямований на збереження

і примноження здоров'я (І. Бех, К. Журба, О. Докукіна, С. Федоренко, І. Шкільна); євроінтеграційний – досвід з виховання смисложиттєвих цінностей особистості на підґрунті теорії позитивного розвитку молоді та ухвалених міжнародних документів (І. Бех, К. Журба, О. Докукіна, С. Федоренко, І. Шкільна). Необхідність формування культури здорового способу життя молоді, що є складним інтегративним утворенням, основними компонентами якого виступають знання про збереження й зміцнення особистого здоров'я, ставлення до здоров'я як самоцінності, дотримання норм і правил здорового способу життя; об'єктивна потреба суспільства в підготовці фізично й психічно витривалих, конкурентоздатних особистостей детермінує урахування означених методологічних підходів при проведенні науково-педагогічних досліджень у даній галузі з метою обґрунтування інноваційних технологій щодо зміцнення та збереження здоров'я молоді.

Перспективами подальших розвідок у розглянутому питанні може стати актуалізація теоретико-методичного доробку вчених НАПН України в системі підготовки педагогічних (науково-педагогічних) працівників до проектування та впровадження здоров'язберігальних технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бех І. Сучасна освіта на шляху досконалості. *Рідна школа*. 2021. № 1-2(1072). С. 32–37.
2. Бех І.Д., Остапенко О.І. Здоровий спосіб життя як науково-практична проблема. *Директор школи, ліцею, гімназії*. 2018. № 1. С. 10–12.
3. Білозьоров Є.В. Методологічний підхід як інструмент пізнання права. URL: <http://apdp.onua.edu.ua/index.php/apdp/article/view/3204/3132> (дата звернення: 26.07.2022).
4. Бойко Ю. Вплив педагогічних умов на формування установок до здорового способу життя студентів закладів вищої освіти. Серія : *Педагогічні науки*. Бердянськ : БДПУ, 2020. Вип. 2. 420 с.
5. Васянович Г. Методологічні контексти педагогічної науки на сучасному етапі її розвитку. *Педагогіка і психологія професійної освіти*. 2013. № 3. С. 9–30.
6. Канішевська Л.В. Інститут проблем виховання НАПН України і сучасна виховна практика. *Вісник НАПН України*. 2022. 4(1). С. 1–9.
7. Кенсицька І.Л., Пальчук М.Б. Теоретична складова готовності студентської молоді до здоров'яформуючої діяльності. *Вісник Запорізького національного університету. Фізичне виховання та спорт*. 2016. № 1. С. 34–40.
8. Коцан І.Я., Ложкін Г.В., Мушкевич М.І. Психологія здоров'я людини / За ред. І.Я. Коцана. Луцьк:РВВ–ВежаВолин.нац.ун-туім.ЛесіУкраїнки,2011. 430 с.
9. Кошманюк М. Особливості формування здорового способу життя студентів в умовах вищого навчального закладу. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Педагогіка. Соціальна робота*. 2014. Вип. 30. С. 69–73.
10. Кремень В.Г., Ільїн В.В. Людина у викликах цивілізації: від минулого – до майбутнього. *Людина. Освіта. Соціум* : монографія. Київ : Грамота, 2020. 248 с.
11. Левицький О.І., Ковальчук В.В. Особливості формування здорового способу життя студентів в умовах навчального закладу. URL: <https://ps.journal.kspu.edu/index.php/ps/article/view/4359/3856> (дата звернення: 14.05.2021).
12. Оксьом П.М., Бережна Л.І. Проблеми формування здорового способу життя студентів у закладах вищої освіти України. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/79251/1/Oksom_sports.pdf (дата звернення: 12.07.2022).
13. Омельченко Л.М. Формування здорового способу життя студентів : психологічні чинники. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Гуманітарні студії*. 2017. № 274. С. 174–181.
14. Оржеховська В. Педагогіка здоров'я. *Педагогічні науки : теорія, історія, інноваційні технології*. 2010. № 3(5). С. 101–107.
15. Офіс першої леді, МОЗ та партнери запускають Національну програму психічного здоров'я та психосоціальної підтримки. URL: <https://moz.gov.ua/article/news/ofis-pershoi-ledi-moz-ta-partneri-zapuskajut-nacionalnu-programu-psihichnogo-zdorov'ja-ta-psihosocialnoi-pidtrimki> (дата звернення: 26.07.2022).
16. Помиткін Е.О., Помиткіна Л.В. Психолого-педагогічний супровід духовно-культурного виховання особистості у XXI столітті. *Духовність особистості : методологія, теорія і практика*. 2019. Вип. 2. С. 153–167.
17. Програма виховання смисложиттєвих цінностей підлітків в умовах євроінтеграційного поступу України / укл. Журба К.О., Бех І.Д., Докукіна О.М. та ін. Київ, 2022. 27 с.
18. Рибалка В. Методологічні проблеми наукової психології та їх вирішення шляхом центрації на категоріях особистості, психологічної діяльності та духовності. *Авіаційна та екстремальна психологія у контексті технологічних досягнень* : збірник наукових праць / за заг. ред. Л. В. Помиткіної, Т. В. Вашеки, О. В. Сечейко. Київ : Аграр Медіа Груп, 2017. URL: <https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/49040/1/Рибалка%20Валентин.pdf> (дата звернення: 12.07.2022).
19. Сливка Л. Використання досвіду польських науковців у моніторинговому дослідженні готовності майбутніх учителів до здоров'язберезувальної діяльності у школі. URL: <http://mir.dspu.edu.ua/article/view/179343/179409> (дата звернення: 19.07.2022).
20. Формування здорового способу життя молоді : проблеми і перспективи / О. Яременко, О. Балакірева, О. Вакуленко та ін. Київ : Український інститут соціальних досліджень, 2000. 207 с.

METHODOLOGICAL APPROACHES OF SCIENTISTS OF NAES OF UKRAINE REGARDING THE FORMATION OF A CULTURE OF A HEALTHY LIFESTYLE CHILDREN AND YOUNG PEOPLE

Yuri Krasyllyk

PhD (Pedagogical sciences), associate professor,
associate professor Department of Vocational Education

Kyiv National University of Construction and Architecture, Povitroflotskyi Avenue 31, Kyiv, Ukraine, 03037,
kyursesem@ukr.net

ORCID: 0000-0003-0358-0066

Svitlana Lapayenko

PhD (Pedagogical Sciences), Senior Researcher,
Head of the Department of scientific

Information and analytical support of education, V. O. Sukhomlynskyi state scientific and pedagogical library of
Ukraine, St. 9, M. Berlinskoho, Kyiv, Ukraine, 04060, slapaenko@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0412-6618

The article reviews research on the problems of forming a healthy lifestyle culture of the growing generation, the need for which is determined by the urgent need to overcome the crisis phenomena of our time (COVID-19, adverse environmental factors, the spread of disease, bad habits, etc.), the acquisition of health-preserving competencies (motor activity, proper nutrition, hardening, work and rest regime, etc.), as well as enriching the experience of ensuring physical, social and psychological well-being (mental and physical capacity, psycho-emotional stability, individual health potential, etc.). The problem of forming a culture of a healthy lifestyle takes on special importance in conditions of constant stress, anxiety for one's life, the life of one's loved ones and compatriots during the military actions of the Russian Federation against Ukraine. In particular, scientists of the National Academy of Sciences of Ukraine dealt with this problem and made an important contribution to its solution. In the scientific output of scientists of the National Academy of Sciences of Ukraine, methodological approaches were identified, the consideration of which affects the integrity of the scientific and pedagogical research of the specified problem, namely: historical-pedagogical, humanistic, scientific-pedagogical, socio-economic, informational, systemic, structural, integrity, educational-administrative, education of meaningful life values, psychological and pedagogical support of spiritual and cultural education of the individual; medical-hygienic, personalistic-biographical, comparative-analytical, personally oriented, subjective, culturally appropriate, nature-appropriate, stimulation of vital creative self-activity, socio-pedagogical partnership, intersectoral interaction, technological, European integration. It was established that the majority of young people have fragmented knowledge of health preservation, a healthy lifestyle, and its components. But it is the individual lifestyle that is the determining factor in preserving and strengthening health. The main determinant of insufficient competence of young people in matters related to health care activities is its ineffectiveness as a component of the holistic educational process. The analysis of the results of the conducted research points to the need to determine the main factors in the formation of a healthy lifestyle, as well as the development and implementation of health care technologies in the educational process. It has been proven that the introduction of appropriate organizational and educational work, pedagogical conditions and innovative health care technologies into educational institutions will contribute to the self-organization of a healthy lifestyle of children and youth, the education of responsibility for one's own health, the life and health of other people, and the achievement of a state of harmonious balance in the "man-environment" system.

Key words: methodological approaches, scientists of the National Academy of Sciences of Ukraine, formation of a healthy lifestyle culture, educational institutions, health care technologies, health care competencies.

REFERENCES

1. Bekh I. (2021). Suchasna osvita na shliakhu doskonalosti [Modern education is on the way to perfection]. *Ridna shkola*. № 1–2 (1072). S. 32–37. [in Ukrainian]
2. Bekh I. D., Ostapenko O. I. (2018). Zdorovyi sposib zhyttia yak naukovo-praktychna problema [Healthy lifestyle as a scientific and practical problem]. *Dyrektor shkoly, litseiu, himnazii*. № 1. S. 10–12. [in Ukrainian]
3. Bilozorov Ye. V. (2021). Metodolohichni pidkhid yak instrument piznannia prava [Methodological approach as a tool for learning law]. URL: <http://apdp.onua.edu.ua/index.php/apdp/article/view/3204/3132> [in Ukrainian]
4. Boiko Yu. (2020). Vplyv pedahohichnykh umov na formuvannia ustanovok do zdorovoho sposobu zhyttia studentiv zakladiv vyshchoi osvity [The influence of pedagogical conditions on the formation of attitudes towards a healthy lifestyle of students of higher education institutions]. *Seriia : Pedahohichni nauky*. Berdiansk : BDFU. Vyp. 2. 420 s. [in Ukrainian]
5. Vasianovych H. (2013). Metodolohichni konteksty

pedagogichnoi nauky na suchasnomu etapi yii rozvytku [Methodological contexts of pedagogical science at the current stage of its development]. *Pedahohika i psykholohiia profesiinoi osvity*. № 3. S. 9–30. [in Ukrainian]

6. Kanishevska L. V. (2022). Instytut problem vykhovannia NAPN Ukrainy i suchasna vykhovna praktyka [Institute of Educational Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine and modern educational practice]. *Visnyk NAPN Ukrainy*. 4 (1). S. 1–9. [in Ukrainian]

7. Kensytska I. L., Palchuk M. B. (2016). Teoretychna skladova hotovnosti studentskoi molodi do zdoroviaformuiuchoi diialnosti [Theoretical component of the readiness of student youth for health-forming activities]. *Visnyk Zaporizkoho natsionalnogo universytetu. Fizychno vykhovannia ta sport*. № 1. S. 34–40. [in Ukrainian]

8. Kotsan I. Ya., Lozhkin H. V., Mushkevych M. I. (2011). Psykholohiia zdorovia liudyny [Psychology of human health] / Za red. I. Ya. Kotsana. Luts'k : RVV–Vezha Volyn. nats. un-tu im. Lesi Ukrainky. 430 s. [in Ukrainian]

9. Koshmaniuk M. (2014). Osoblyvosti formuvannia zdorovoho sposobu zhyttia studentiv v umovakh vyshchoho navchalnogo zakladu [Peculiarities of the formation of a healthy lifestyle of students in the conditions of a higher educational institution]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnogo universytetu. Seriya : Pedahohika. Sotsialna robota*. Vyp. 30. S. 69–73. [in Ukrainian]

10. Kremen V. H., Ilin V. V. (2020). Liudyna u vyklykakh tsyvilizatsii: vid mynuloho – do maibutnogo [Man in the challenges of civilization: from the past to the future]. *Liudyna. Osvita. Sotsium : monohrafiia*. Kyiv : Hramota. 248 s. [in Ukrainian]

11. Levytskyi O. I., Kovalchuk V. V. (2020). Osoblyvosti formuvannia zdorovoho sposobu zhyttia studentiv v umovakh navchalnogo zakladu [Features of the formation of a healthy lifestyle of students in the conditions of an educational institution]. URL: <https://ps.journal.kspu.edu/index.php/ps/article/view/4359/3856> [in Ukrainian]

12. Oksom P. M., Berezna L. I. (2020). Problemy formuvannia zdorovoho sposobu zhyttia studentiv u zakladakh vyshchoi osvity Ukrainy [Problems of forming a healthy lifestyle of students in higher education institutions of Ukraine]. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/79251/1/Oksom_sports.pdf [in Ukrainian]

13. Omelchenko L. M. (2017). Formuvannia zdorovoho sposobu zhyttia studentiv : psykholohichni chynnyky [Formation of a healthy lifestyle of students: psychological factors]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriya: Humanitarni studii*. № 274. S. 174–181. [in Ukrainian]

14. Orzhekhovska V. (2010). Pedahohika zdorovia [Health pedagogy]. *Pedahohichni nauky : teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnolohii*. № 3(5). S. 101–107. [in Ukrainian]

15. Ofis pershoi ledi, MOZ ta partnery zapuskaiut Natsionalnu prohramu psykhichnoho zdorovia ta psykhosotsialnoi pidtrymky [The Office of the First Lady, the Ministry of Health, and partners are launching the National Mental Health and Psychosocial Support Program]. (2022). URL: <https://moz.gov.ua/article/news/ofis-pershoi-ledi-moz-ta-partneri-zapuskajut-nacionalnu-programu-psihichnogo-zdorovja-ta-psihsotsialnoi-pidtrimki> [in Ukrainian]

16. Pomytkin E. O., Pomytkina L. V. (2019). Psykholoho-pedahohichniy suprovid dukhovno-kulturnoho vykhovannia osobystosti u KhKhI stolitti [Psychological and pedagogical support of spiritual and cultural education of the individual in the 21st century]. *Dukhovnist osobystosti : metodolohiia, teoriia i praktyka*. Vyp. 2. S. 153–167. [in Ukrainian]

17. Prohrama vykhovannia smyslozhyttievkykh tsinnosti pidlitkiv v umovakh yevrointehratsiinoho postupu Ukrainy [The program of education of meaningful life values of teenagers in the conditions of progress of European integration of Ukraine]. (2022) / ukl. Zhurba K. O., Bekh I. D., Dokukina O. M., Fedorenko S. V., Shkilna I. M. Kyiv. 27 s. [in Ukrainian]

18. Rybalka V. (2017). Metodolohichni problemy naukoivoi psykholohii ta yikh vyrishennia shliakhom tsentratsii na katehoriakh osobystosti, psykholohichnoi diialnosti ta dukhovnosti [Methodological problems of scientific psychology and their solution by focusing on the categories of personality, psychological activity and spirituality]. *Aviatsiina ta ekstremalna psykholohiia u konteksti tekhnolohichnykh dosiahnen : zbirnyk naukovykh prats / za zah. red. L. V. Pomytkinoi, T. V. Vasheky, O. V. Secheiko*. Kyiv : Ahrar Media Hrup. URL: <https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/49040/1/Рибалка%20Валентин.pdf> [in Ukrainian]

19. Slyvka L. (2019). Vykorystannia dosvidu polskykh naukovtsiv u monitorynhovomu doslidzhenni hotovnosti maibutnykh uchyteliv do zdoroviazberezhuvalnoi diialnosti u shkoli [Using the experience of Polish scientists in the monitoring study of the readiness of future teachers for health-preserving activities at school]. URL: <http://mir.dspu.edu.ua/article/view/179343/179409> [in Ukrainian]

20. Formuvannia zdorovoho sposobu zhyttia molodi : problemy i perspektyvy [Formation of a healthy lifestyle for young people: problems and prospects]. (2000) / O. Yaremenko, O. Balakirieva, O. Vakulenko ta in. Kyiv : Ukrainskyi instytut sotsialnykh doslidzhen. 207 s. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 14.05.2022

СТАНОВЛЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ВИХОВАТЕЛІВ В УКРАЇНІ (У ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ХІХ – НА ПОЧАТКУ ХХ СТ.)

Руслана Найда

кандидат педагогічних наук, доцент, голова циклової комісії,

ВСП «Дубенський педагогічний фаховий коледж Рівненського державного гуманітарного університету» м. Дубно, Україна nauda@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6521-8233

У статті визначено та обґрунтовано періоди та етапи становлення методичної системи підготовки майбутніх вихователів в Україні в кінці ХІХ ст. та початку ХХ ст. Проаналізовано наукові розвідки вчених С. Русової, Т. та Н. Лубенець щодо теоретико-методичних засад створення дитячих садків та підготовки майбутніх вихователів до роботи в них; нами з'ясовано, що на різних етапах становлення методичної системи підготовки майбутніх вихователів були різні підходи до організації навчання майбутніх вихователів, які забезпечували ефективний розвиток та навчання дітей дошкільного віку у дитячих садках. Представлено ретроспективний аналіз діяльності «Спілки народних дитячих садків» та особливості впровадження програми і методики роботи з дітьми дошкільного віку, розроблених Ф. Фребелем та М. Монтессорі; визначено умови розбудови системи методичної підготовки майбутніх вихователів дитячих садків в Україні, під впливом прогресивних ідей відомих педагогів і громадських діячів (С. Русової, Т. Лубенець, Н. Лубенець, А. Симонович та інших), які здійснили суттєвий вклад у теорію і методику дошкільного виховання; проаналізовано діяльність педагогічних товариств як осередків навчально-методичної допомоги у підготовці майбутніх вихователів; презентовано аналіз програмно-методичного забезпечення дитячих садків з орієнтацією на наступність у роботі дитячого садка і школи.

Визначено, що на початку ХХ ст. були наявні дві основні тенденції становлення системи методичної підготовки майбутніх вихователів дитячих садків. З'ясовано, що перша – це наукова діяльність учених та їхній доробок у становлення системи методичної підготовки майбутніх вихователів, а друга тенденція характеризувалася створенням педагогічних інститутів та організацією професійної підготовки майбутніх учителів та вихователів педагогічними товариствами.

Ключові слова: методична підготовка, майбутні вихователів закладів дошкільної освіти, історико-педагогічний огляд, С. Русова, Н. Лубенець, дитячий садок, дошкільне виховання.

Не можна достеменно схарактеризувати проблему методичної підготовки майбутніх вихователів у сучасних закладах, не занурюючись у її витoki, глибоке практико-спрямоване коріння, яке зійшло і розквітло на національному ґрунті методичної підготовки майбутніх фахівців дошкільної освіти в сучасній Україні.

Історико-педагогічний огляд проблеми методичної підготовки майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти в умовах педагогічних закладів у ХІХ-ХХІ століттях дає можливість виявити фундаментальні підходи та науково-методичні аспекти в організації освітньої діяльності зі спеціальності «Дошкільна освіта» та окреслити шляхи подальшого розвитку сучасної системи методичної підготовки фахівців дошкільної галузі.

Вивчення трансформації процесу розвитку методичної підготовки майбутніх вихователів слугуватиме орієнтиром для розроблення та оновлення системи підготовки здобувачів фахової передвищої освіти зі спеціальності 012 Дошкільна освіта.

Ретроспективний аналіз нормативно-правових документів, архівних матеріалів, статистичних даних та науково-педагогічних праць учених дозволив виокремити певні періоди становлення і розвитку вітчизняної системи методичної підготовки майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти.

У наукових дослідженнях приділяється увага методичній підготовці майбутніх вихователів дитячих садків, як-от: науковою основою теоретичних положень з проблем дошкільного виховання є праці М. Монтессорі, С. Русової, Т. та Н. Лубенець; історико-педагогічні аспекти розвитку системи підготовки фахівців суспільного дошкільного виховання в Україні, характеристика українського національного дошкілля знайшли своє відображення в працях А. Богущ, Н. Маліновської, Н. Лисенко, Г. Улюкаєвої, М. Ярмаченка; проблеми підготовки фахівців дошкільної галузі розкриті в працях Л. Артемова, А. Богущ, В. Бондаря, Н. Дем'яненко, О. Ковпак, Н. Гупан, С. Сірополко, Л. Березовська.

Глибоке вивчення педагогічної спадщини українських учених дало можливість виокремити й охарактеризувати певні послідовні історичні періоди зародження, розвитку, становлення, реформування та модернізації професійної дошкільної освіти, зокрема методичної підготовки майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти в Україні, зокрема, в педагогічних закладах фахової передвищої освіти.

У цьому зв'язку вважаємо за потрібне виокремити період, пов'язаний з історичною педагогічною спадщиною українських учених.

Період (1871–1916 рр.) – витоки української національної системи становлення методичної системи підготовки майбутніх вихователів для перших українських дитячих садків. У межах цього періоду виокремлюємо певні послідовні етапи:

1871–1889 роки – етап появи перших українських дитячих садків (Марія Ліндфорс та Софія Русова). Охарактеризуємо його. Зазначимо, що проблема методичної підготовки майбутніх вихователів для дитячих садків була зумовлена появою перших українських дитячих садків і притулків для дітей дошкільного віку, тобто витоки методичної підготовки майбутніх вихователів пов'язані з ім'ям відомої української вченої Софії Русової.

Перший український дитячий садок було відкрито в Києві в 1871 році Софією Русовою та її сестрою Марією Ліндфорс. Це був заклад з різновіковим складом дітей дошкільного віку. Зміст і методику роботи з дітьми в дитячому садку розробила С. Русова. Це був справжній центр національної української культури, в якому у вечірні години збиралися відомі діячі української культури.

С. Русова пов'язала своє життя з педагогікою та методикою навчання, виховання, викладання. Особливу увагу звертала вчена на підготовку майбутніх «садівниць» (термінологія С. Русової) до роботи з дітьми. Авторкою було розроблено не тільки зміст дошкільного виховання, а й методичну систему роботи з дітьми та методичну підготовку майбутніх вихователів. Вчена сама викладала фахові дисципліни в освітніх закладах різного рівня.

Методичним кредом у підготовці майбутніх педагогів Софії Русової було таке: «Бути гарним педагогом – це бути справжнім реформатором майбутнього життя України, бути апостолом Правди і Науки» [1]. Сама Софія Русова все своє свідоме педагогічне і викладацьке життя працю-

вала над удосконаленням методики навчання, виховання, викладання. Про це свідчать «Спомини Софії Русової», у тексті яких учена сповіщає, що її, як педагога, не задовольняла буденна (не творча) праця. Проілюструємо це словами С. Русової, яка писала таке: «У педагогіці я повсякчас шукала чогось мистецького, творчого, ухиляючись від усякої традиційності, формалізму: все, чого я навчала, я викладала на свій лад (*за своєю методикою – Р. Найда*), переводячи на практиці великі думки філософів, педагогів ... я всього навчала без підручників і захоплювала учнів (малих) у дитячих садках і дорослих (майбутніх вихователів) на вечірніх курсах недільних шкіл [1].

Вчена багато років віддала викладацькій діяльності з підготовки фахівців з дошкільної освіти. Куди б не закидала доля Софію Русову, вона організовувала курси, недільні школи, народні читальні з методичної підготовки майбутніх вихователів для дитячих садків.

Отже, з упевненістю можемо стверджувати, що саме С. Русова є засновницею системи методичної підготовки майбутніх вихователів для закладів дошкільної освіти.

1890–1899 роки – етап, на якому розпочато підготовку майбутніх педагогів дошкільного виховання педагогічними товариствами; створено «Спілку народних дитячих садків»; впроваджено програми і методики роботи з дітьми дошкільного віку, розроблені Ф. Фребелем та М. Монтесорі.

Витоками становлення і розвитку методичної системи підготовки майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти в кінці XIX століття став і суспільно-педагогічний рух. Активно розгорталася діяльність товариств, комітетів, комісій із питань народної освіти. За відсутності відповідних офіційно створених структур, які займалися б розробляти теорію та методику дошкільного виховання, цю роль узяли на себе деякі педагогічні товариства, об'єднавши педагогів, лікарів, психологів, батьків, філософів та прогресивних діячів того часу. У 1890 році у Києві, а потім і в інших містах були організовані фребелівські товариства, що відкривали приватні дитячі садки, в яких працювали кваліфіковані вихователі. Майбутні вихователки-садівниці навчалися на курсах, які тривали рік і включали як теоретичні, так і практичні заняття з таких предметів: педагогіка, людинознавство, релігія, історія, іноземні мови, малювання і співи. За Фребелівською концепцією, вихователі тепер були не наглядачами в закладах «для нагляду за дітьми», а професій-

ною педагогічною «силою, яка надавала справжнє виховання дитини та була порадицею для батьків у питаннях виховання дітей» [2]. У Західній Україні питання про організацію дошкільного виховання вперше порушила Н. Кобринська на жіночому вічі у Стрию 1891 року.

Особливо активним у цьому плані було Київське товариство народних дитячих садків (1899 р). Воно стало своєрідним науково-методичним центром, здійснивши значну роботу із визначення змісту, організації виховання в дитячому садку. У 1899 році її члени звернулися до Міністерства народної освіти із клопотанням про дозвіл заснувати Товариство народних дитячих садків. У той саме час у м. Києві було створено Раду із затвердження наявних дитячих садків і тих, що тільки проєктуються. Члени ради (М. Забело, Ю. Карпинська, М. Ланге, Т. Лубенець, М. Науменко, В. Шереметьєв, М. Шефтель, Б. Щербина) на зборах піднімали питання щодо мети і завдань діяльності народних дитячих садків [3]. За даними аналізу архівних матеріалів, у 1899 році в м. Києві було створено «Спілку народних дитячих садків» для облаштування, за прикладом інших освітніх держав, так званих дитячих садків, які «в Німеччині, Франції існують у кожному маленькому містечку під назвою «Kindergarten», де знаходять притулок і навіть харчування маленькі діти робітників у віці від 3 до 7 років, тобто до того часу, коли можна посилати їх до школи.» [3]. Вихователі, які пройшли підготовку на курсах, організованих педагогічними товариствами, здійснювали освітню діяльність за чинними на той час програмами і методиками роботи, розробленими Ф. Фребелем і М. Монтессорі, про що свідчить поступове утвердження системи методичної підготовки майбутніх педагогічних кадрів у дошкільній освіті.

Зауважимо, що за ініціативи Ю. Карпинської в 1899 році в м. Києві відбулося відкриття четвертого народного дитячого садка, метою якого було – «врятувати дітей дошкільного віку від розтлінного впливу вулиці, сприяти їхньому розвитку й підготувати їх до школи» [3].

Водночас зазначимо, що розробленої єдиної системи методичної підготовки до роботи вихователів у дитячих садках іще не було, тому питання змісту дошкільного виховання залишалося відкритим. Так, Ю. Карпинська в одному із листів до редакції журналу «Життя і Мистецтво» закликає співвітчизників згуртуватися міцно, прийти «на допомогу підростаючому поколінню, не задаючись хитрим запитанням, за якою сис-

темою вести дітей. Візьмемо за основний принцип слова: Любов, Любов, Любов. Любити дітей і навіювати їм любов до ближнього – ось дороговказна зірка, здатна вивести нас на справжню дорогу. Любов світла – вона проб'є темряву нещастя...» [3]. Таким чином, невизначеність змісту і методики дошкільного виховання загострювала проблему становлення системи методичної підготовки майбутніх вихователів та вимагала пришвидшити процес організації закладів, що готуватимуть майбутніх вихователів дитячих садків до роботи з дітьми.

1900–1912 роки – етап розбудови системи методичної підготовки майбутніх вихователів дитячих садків в Україні, під впливом прогресивних ідей відомих педагогів і громадських діячів (С. Русової, Т. Лубенця, Н. Лубенець, А. Симонович та інших), які здійснили суттєвий вклад у теорію і методику дошкільного виховання; активізувалася діяльність педагогічних товариств як осередків навчально-методичної допомоги у підготовці майбутніх вихователів.

Третій етап означеного періоду характеризується офіційним відкриттям освітніх закладів для підготовки вихователів, які б працювали з дітьми раннього та дошкільного віку.

Вагомий внесок у становлення системи методичної підготовки майбутніх вихователів дитячих садків на початку ХХ ст. здійснили Т. Лубенець і Н. Лубенець [4]. У 1900–1912 роках питання змісту організації дошкільного виховання дітей трудящих приділялася значна увага. «Починати виховання дитини зі школи, зазначав Т. Лубенець – це означає зводити будівлю на піску і без фундаменту» [5; 25].

У 1906 р. Т. Лубенець офіційно відкрив Київське товариство народних дитячих садків, де вихователі впроваджували ідеї суспільного виховання дітей дошкільного віку, а згодом у 1911 році за сприяння Т. Лубенця відкрилася школа виховательок. Автором науково-методичних та організаційних засад був Т. Лубенець [5]. Методичним порадицею для майбутніх вихователів став журнал «Дошкольное воспитание», заснований Товариством та містив методичні аспекти роботи з дітьми дошкільного віку з питань дошкільної педагогіки.

Зазначимо, що Т. Лубенець вперше розробив систему наступності дошкільної та початкової ланок освіти. Вважаємо, що досвід ученого у становленні системи методичної підготовки майбутніх вихователів є цінним, однак залишається не розкритим питання змістового та методичного аспекту дошкільного виховання.

У 1906 році Київське товариство народних дитячих садків ініціювало відкриття «школи нянь» – перший в Україні освітній заклад з підготовки помічників вихователів для дитячих садків. Школа нянь у 1907 році була перейменована на «школу фребелівок» і «мала за мету підготовку помічниць-садівниць». У перші два роки навчання вивчалися загальноосвітні предмети. Практико-методичні вміння учениці вдосконалювали, перебуваючи у дитячому садку, який знаходився в одному приміщенні зі «школою фребелівок». З третього курсу розпочиналася професійно-практична підготовка майбутніх «помічниць садівниць». Важливим методичним аспектом у підготовці майбутніх «помічниць садівниць» була практична підготовка учениць Школи. Натомість, випускниці школи не могли самостійно здійснювати освітню діяльність у дитячих садках, а лише працювали під керівництвом садівниць. Основним завданням «помічниць садівниць» було організація режимних процесів та ігор для дітей.

Важливу роль у розвитку системи методичної підготовки майбутніх вихователів відіграла голова Київського товариства народних дитячих садків

Н. Лубенець, яка здійснювали широку просвітницьку й організаційну роботу зі створення народних дитячих садків, вивчала зарубіжний досвід роботи з дітьми раннього та дошкільного віку. Під час викладання у Фребелівському жіночому педагогічному інституті, вчена знайомила учнів із системою Ф. Фребеля та М. Монтессорі, вивчала проблеми в галузі дошкільного виховання та пропонувала ідеї для удосконалення підготовки вихователів [6]. Зазначимо, педагогічні ідеї Н. Лубенець щодо цінності дошкільного дитинства, ставлення до маленької дитини як до вільної, самостійної особистості, зумовили переглянути підходи в окреслений період підготовки педагогічних кадрів [6, с. 283].

Становлення та розвиток системи методичної підготовки майбутніх вихователів вплинули й педагогічні ідеї А. Симонович (1844–1933). У 1907 році вченою було видано книгу «Дитячий садок. Практичне керівництво для дитячих садівниць» (1907 р.), у якій була спроба розробити зміст роботи з дітьми дошкільного віку. У підготовці педагогічних кадрів для дитячих садків наукові розроблення А. Симонович уважала важливим саме змістово-методичний аспект, який розкриває особливості підготовки дітей до навчання у школі. Вчена обґрунтувала значення навчаль-

них занять у «дитячих садках». Запропонована А. Симонович програма розвитку і навчання дітей дошкільного віку вперше об'єднала різні психолого-педагогічні ідеї щодо підготовки дітей до школи. Авторка називала дитячі садки «підготовчими закладами до школи» [2]. Погоджуємося з думкою вченої щодо вилучення шкільних методів навчання з освітньої діяльності вихователя у дитячому садку. Аналізуючи програму А. Симонович, з'ясували, що вчена пропонувала проводити заняття за напрямками: формування елементарних математичних уявлень у дітей дошкільного віку, підготовка руки до письма та розвиток психічних процесів. Водночас учена критикувала прагнення вихователів до ознайомлення їх з історією рідного краю та заперечувала використання книжок у роботі з дітьми.

А. Симонович, посилаючись на Ф. Фребеля, писала: «Дитячий садок не повинен мати жодного відношення до цієї книжкової кабали, спадку середньовікової схоластики. Ф. Фребель не вводив у свої дитячі садки мертвої букви; там усе життєве; там предмети, форми, лінії, картини, кольори. При цьому існує тісний зв'язок між дитячим садком і нормальною елементарною школою» [2, с. 37].

Натомість вважаємо, що з позиції сучасних підходів до методичної підготовки майбутніх вихователів в умовах педагогічних коледжів такі погляди є помилковими.

Аналіз праць А. Симонович, засвідчує, що вчена започаткувала розроблення змісту і форм організації передшкільної освіти. Це було вагомим кроком у системі методичного забезпечення підготовки педагогічних кадрів у галузі дошкільного виховання.

У межах дослідження важливим для розбудови системи методичної і підготовки майбутніх вихователів дитячих садків було видання «Плану бесід предметних уроків і занять у дитячому народному садку» (1907 р.). Вперше у підготовці вихователів використовувалися матеріали, які охоплювали і зміст виховної роботи в дитячому садку. Зауважимо, що цей план був першою, зафіксованою у друкованому виданні програмою дитячого садка. Його було складено за місяцями і поділено за видами діяльності. Поступово зміст методичної підготовки майбутніх вихователів було оформлено документально, натомість, іще не було розробленої методики навчання дітей дошкільного віку.

Підготовку вихователів дитячих садків у 1907 році було започатковано Київським фребелівським педагогічним інститутом [7, с. 177–179].

У ході розроблення системи методичної підготовки майбутніх вихователів для дитячих садків в інституті використовували досвід семінаріїв «з підготовки вчительок та дитячих садівниць» Німеччини. У системі методичної підготовки майбутніх вихователів дитячих садків важливе місце посідало вивчення психології дитини, особливостей її розвитку. Курс підготовки майбутніх вихователів розпочинався із вивчення загальноосвітніх предметів, а згодом переходили до вивчення спеціальних дисциплін. Обов'язковою умовою під час навчання в інституті було окрім теоретичного курсу, проходження практичної підготовки, яка відбувалася на базі дитячих садків та педагогічних амбулаторій, які діяли при інституті. Влітку майбутні вихователі проходили практику із відривом від навчання в дитячих садках, притулках або на літніх майданчиках [7, с. 181–185]. Навчальні плани та програми Фребелівського інституту передбачали три основні розділи: перший – фізичний: гігієна дитячого віку, дитячі хвороби, фізичні вправи для розвитку дітей, гімнастика та ігри для дітей з метою розвитку їхніх фізичних сил; другий – психологічний: загальні відомості про психічний розвиток дитини, основні психічні процеси, розвиток мовлення у дітей, особливості його формування відповідно до віку; третій – педагогічний: характеристика дошкільного закладу як у виховному, так і в освітньому значеннях, зміст методичної роботи з різних розділів знань: природознавство, образотворча діяльність дітей, математичні уявлення, розвиток мовлення, музичний розвиток тощо. Зазначимо, що в інституті слухачок знайомили з різними зарубіжними системами дошкільного виховання. [8, с. 286].

У цей період у Фребелівському інституті методичку навчання і виховання дітей дошкільного віку та молодших школярів викладала С. Русова, яка своє бачення методичної системи висвітлювала у педагогічних працях «Дошкільне виховання», «У дитячому садку», «Теорія і практика дошкільного виховання». Вченою було розроблено «Анкети: Програма дитячого садка» для «садівниць» (вихователів) дитячих садків». Програма започатковувалась словами авторки: «Хоча ні в якому дитячому садку не може бути і не потрібно сталої програми, бо всі заняття мають відповідати інтересові (сучасному) і настроєві дітей, але можна дати зразок одного дня в дитячому садку. Навчання в дитячому садку розкладається за добами року, в залежності від того матеріалу, що його дає природа» [9, с. 71].

Зазначимо, що С. Русова активно вживає у методичному обігу дефініції «навчання» та «програма», хоча не була прихильницею сталих програм та вбачала провідним принципом навчання дітей дошкільного віку – принцип сезонності.

У 1908 році педагоги Київського товариства народних садків було розроблено «Положення про дитячі садки» в якому визначено вимоги до освітнього рівня педагогічного персоналу. При цьому зазначалося, що до роботи з дітьми дошкільного віку допускаються особи із середньою освітою та спеціальною курсовою або здобутою підготовкою у відповідних навчальних закладах. Вперше з'являється кваліфікаційна характеристика посади «вихователька-садівниця», яка повинна була організовувати різні види діяльності з дітьми чотирьох-восьми років: ігри зі співом та гімнастикою; малювання, ліплення, ручну працю, навчати елементів читання, письма, рахунку, проводити бесіди та розповіді.

Водночас у 1910 році С. Русова опублікувала статтю «Дитячий садок на національному ґрунті», в якій виступила проти єдиної типової програми для всіх дитячих садків. Учена рекомендувала складати «план і програму» в кожному дитячому садку в залежності від національного складу села, природи, «пануючих заробітків», індивідуальних нахилів дітей, їхнього досвіду, з яким вони прийшли до дитячого садка [10].

Цінним, на нашу думку, у методичній підготовці майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти в сучасній Україні є досвід С. Русової щодо регіонального національного виховання. Окреслені підходи ученої пояснюють заперечення С. Русовою обов'язкових програм та стандартних планів. Оскільки вивчаючи спадщину дослідниці, було з'ясовано, що в 1910 році був відсутній зміст дошкільного виховання у сільських дитячих садках.

Особливого значення в методичній системі С. Русової набула її концепція навчання дітей рідної мови, що є актуальною і в сучасних умовах методичної підготовки майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти. Досліджуючи спадщину С. Русової, академік А. Богуш зазначає таке: «Розроблені засоби, форми, методи і прийоми навчання дітей рідної мови; індивідуалізації навчання дітей дошкільного віку, наголошуючи на тому, що українська дитина дуже вразлива, чуйна, тому до неї треба підходити з ласкою, повернути її до себе повагою до її індивідуальності, треба збудити її цікавість, тоді виявиться талановита вдача дитини й озветься її глибока чуливість», доповнюють зміст методичної підготовки май-

бутніх вихователів в сучасних умовах педагогічного коледжу [11, с. 167].

Робота над змістом методичної підготовки майбутніх вихователів дитячих садків продовжувалася і в подальші роки. У 1910 році Київським товариством народних садків було розроблено «Програму занять у дитячому садку», у змісті якої виховна робота була розподілена за видами діяльності, віковими групами, а також надавалися деякі методичні поради, перелік рекомендованих наочних матеріалів. Означену Програму використовували у процесі підготовки майбутніх вихователів у Фребелівському педагогічному інституті. Майбутні садівниці-виховательки вивчали зміст виховної роботи у дитячому садку, знайомились із плануванням різних видів діяльності, підходами до розподілу дітей у віковій групі, працювали із рекомендованим переліком наочних матеріалів для роботи з дітьми у дитячому садку.

Для активізації науково-методичної роботи із підготовки майбутніх вихователів Київське товариство народних дитячих садків у 1911 році створило «особливу педагогічну комісію», яка повинна була займатися «теоретичною і практичною розробкою проблем виховання». Діяльність комісії сприяла розвитку методичної підготовки майбутніх вихователів дитячих садків.

1913–1916 роки – етап розроблення програмно-методичного забезпечення дитячих садків з орієнтацією на наступність у роботі дитячого садка і школи.

У розробці методичного змісту підготовки майбутніх вихователів вагомий внесок на цьому етапі здійснили: у царині методики математики – М. Шарій, за авторства якої у 1913 р. опубліковано програму з арифметики; у царині методики образотворчої діяльності – М. Свентицька, розробниця занять з образотворчої діяльності (ліплення, аплікація, малювання (1914 р.); у царині методики розвитку мови дітей – Є. Тихеева, яка у 1914 році розробила програму з навчання грамоти та методичний інструментарій (програму, посібники тощо) для забезпечення наступності і перспективності в роботі дитячого садка і школи [12, с. 220].

Зауважимо, що до 1914 р. в Україні налічувалося 26 учительських семінарій і 6 учительських інститутів – Вінницький (1912 р.), Глухівський (1874 р.), Катеринославський (1910 р.), Київський (1909 р.), Миколаївський (1913 р.), Полтавський (1914 р.), у 1916 р. відкрили Чернігівський учительський інститут.

Свою позицію у визначенні змісту методичної підготовки майбутніх вихователів висловлювала

Л. Шлегер, яка у 1915 р. розробила теорію вільного виховання, створила перелік дидактичного матеріалу – «життєвий матеріал (глина, пісок, дерево і ін.), який давав би дітям можливість проявити творчу активність і самодіяльність». Луїза Шлегер запропонувала індивідуальний підхід у роботі з дітьми, як методологічний принцип, за яким виховання повинно здійснюватися за закономірностями розвитку природи дитини [8].

Орієнтацію на посилення практичної підготовки майбутніх вихователів передбачали методичні вказівки у книзі «Практична робота в дитячому саду» (Л. Шлегер, 1915), в якій було надано методичні вказівки з методики сенсорного виховання, розповідання, драматизації тощо.

Відзначимо, що до 1917 року в державі продовжувалося становлення системи методичної підготовки майбутніх вихователів. Оскільки цілісної методичної системи підготовки вихователів іще не було створено, то, конструювання змісту освіти відбувалося за принципом педагогічної еkleктики – поєднання ідей різних суспільних і педагогічних течій.

Отже, в означеному першому періоді становлення і розвитку методичної системи підготовки майбутніх вихователів дитячих садків було визначено три етапи його розвитку. *1871–1889 роки* – етап появи перших українських дитячих садків (Марія Ліндфорс та Софія Русова). *1890–1899 роки* – розпочато підготовку майбутніх педагогів дошкільного виховання педагогічними товариствами; створено Спільку народних дитячих садків; перші наявні спроби розробити програми і методики роботи з дітьми дошкільного віку за Ф. Фребелем та М. Монтессорі. *1900–1912 роки* – етап розбудови системи методичної підготовки майбутніх вихователів дитячих садків в Україні, яка відбувалася під впливом прогресивних ідей відомих педагогів і громадських діячів (С. Русової, Т. Лубенця, Н. Лубенець, А. Симонович та інших), які здійснили суттєвий вклад у теорію і методику дошкільного виховання; активізувалися педагогічні товариства як осередки навчально-методичної допомоги у підготовці майбутніх вихователів. *1913–1916 роки* – етап розроблення програмно-методичного забезпечення дитячих садків з орієнтацією на наступність у роботі дитячого садка і школи.

Таким чином, у процесі дослідження виявлено, що трансформаціям змісту системи методичної підготовки майбутніх вихователів, які відбуваються в результаті їхнього становлення та розвитку, притаманний довготривалий історичний досвід.

Кожний наступний етап становлення та розвитку передбачав критичне опанування ідей минулого, але не кожний із виокремлених періодів був для становлення системи методичної підготовки майбутніх вихователів однаковою мірою плідним. Подана в дослідженні періодизація розглядає площину проблеми трансформацій системи методичної підготовки майбутніх вихователів в умовах педагогічних училищ, що містилась у спадщині видатних вітчизняних науковців, педагогів-практиків періоду з кінця XIX – на початку XX століття, в архівних документах, статистичних даних.

Визначаючи періодизацію, хронологічні межі розвитку системи методичної підготовки майбутніх вихователів, зауважимо, що вони є відносними, оскільки знайти точки відліку є складним завданням через його залежність від об'єктивних (стан розвитку системи освіти, науки) і суб'єктивних (пооява педагогів-практиків, науковців) чинників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артемова Л.В. Історія педагогіки України : підручник. Київ : Либідь, 2006. 424 с.
2. Богуш А.М., Маліновська Н.В. Лінгводидактична спадщина С. Русової в сучасному дошкільному закладі : монографія. Одеса, 2006. 135 с.
3. Волошина В.Я. Педагогічна й освітня діяльність Т.Г. Лубенця. Київ : ВЦ «Академія», 1999. 128 с.
4. Державний архів Київської області (ДАКО). Фонд 347, опис 1, справа 2155. С. 1.
5. Маловідомі першоджерела української педагогіки (друга половина XIX – XX ст.): хрестоматія / упор. Л.Д. Березівська та ін. Київ : Наук. світ, 2003. 418 с.
6. Лубенец Т.Г. Педагогические беседы. Изд. 2-е, дополн. и перераб. Санкт-Петербург : Изд. П. В. Луковникова, 1913. С. 25, 552.
7. Лубенец Т.Г. До питання про школу для дорослих. *Вісті виконавчого Комітету Київської Ради Робітничих депутатів*. 15 березня, 1919. С. 2.
8. Лубенец Т.Г. Педагогические беседы. Изд. 2-е, дополн. и перераб. Санкт-Петербург : Изд. П. В. Луковникова, 1913. С. 33, 25.
9. Підкурманна Г.О. Теоретико-методологічні та методичні основи художньо-педагогічної підготовки студентів факультету дошкільного виховання педагогічного університету : автореф. дис. д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 «Теорія і методика професійної освіти» ; Ін-т педагогіки АПН України. Київ, 2003. 40 с.
10. Русова С. Теорія і практика дошкільного виховання. Прага, 1924. 123 с.
11. Русова С. Вибрані твори / Упоряд. О.В. Проскура. Київ : Освіта, 1996.
12. Симонович А.С. Детский сад. Практическое руководство для детских садовниц. Москва : Типография И.Д. Сытина, 1907. 303 с.
13. Степанова Т.М. Трансформація змісту передшкільної освіти в історії розвитку вітчизняної дошкільної педагогіки: методологія, теорія, практика (кінець XIX – XX століття) : дис. докт. пед. наук : 13.00.01 ; Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського». Одеса, 2011. 608 с.
14. Улюкаєва І. Історія суспільного дошкільного виховання в Україні : навчальний посібник / вид. друге, доповнене. Донецьк : Юго-Восток, 2008. 231 с.
15. Центральний державний історичний архів Києва (ЦДАК), Фонд 707, оп. 150, 1899 р. дело 41. Об учреждении в г. Киеве общества народных детских садов. 70 л.
16. Хрестоматія з історії дошкільної педагогіки : навч. посібник / від упорядників, вступні нариси та упорядкув. З.Н. Борисової, В.У. Кузьменко ; за заг. ред. З.Н. Борисової. Київ : Вища школа, 2004. 511 с.
17. Шлегер Л.К. Практическая работа в детском саду. Москва, 1915. 80 с.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGICAL SYSTEM FOR TRAINING FUTURE EDUCATORS IN UKRAINE (IN THE SECOND HALF OF THE 19TH – AT THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY)

Ruslana Naida

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Chairman of the cycle committee,

Separate structural Unit «Dubno Teacher Training College of Rivne State University of the Humanities» Dubno,
Ukrainian nauda@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6521-8233

The article defines and substantiates the periods and stages of the formation of the methodical system of training future educators in Ukraine at the end of the 19th century. And the beginning of the 20th century. The scientific investigations of scientists S. Rusova, T. and N. Lubenets regarding the theoretical and methodological foundations of creating kindergartens and training future educators to work in them were analyzed; we found out that at different stages of the formation of the methodical system for the training of future educators, there were different approaches to the organization of the training of future educators, which ensured the effective development and education of preschool children in kindergartens.

A retrospective analysis of the activities of the 'Union of People's Kindergartens' and the peculiarities of the implementation of the program and methods of working with preschool children, developed by F. Froebel and M. Montessori, are presented; the conditions for developing a system of methodical training of future kindergarten teachers in Ukraine under the influence of progressive ideas of well-known teachers and public figures (S. Rusova, T. Lubentsia, N. Lubenets, A. Simonovych and others) who made a significant contribution to theory and methodology are determined preschool education; the activities of pedagogical associations as centers of educational and methodological assistance in the training of future educators were analyzed; an analysis of the software and methodological support of kindergartens with an orientation to continuity in the work of the kindergarten and school is presented.

It was determined that at the beginning of the XX century there were two main trends in the formation of the methodical training system for future kindergarten teachers. It was found that the first is the scientific activity of scientists and their work in the formation of a system of methodical training of future educators, and the second trend was characterized by the creation of pedagogical institutes and the organization of professional training of future teachers and educators by pedagogical societies.

Key words: methodical training, future teachers of preschool education institutions, historical and pedagogical review, S. Rusova, N. Lubenets, kindergarten, preschool education

REFERENCES

1. Artemova L.V. (2006). *Istoriia pedahohiky Ukrainy: Pidruchnyk [History of pedagogy of Ukraine]*. Kyiv: Lybid. [in Ukrainian].
2. Bohush A. M., Malinovska N.V.(2006). *Linhvodydaktychna spadshchyna S. Rusovoi v suchasnomu doshkilnomu zakladi: monohrafiia [The linguistic and didactic legacy of S. Rusova in a modern preschool institution]*. Odesa. [in Ukrainian].
3. Voloshyna V. Ya. (1999). *Pedahohichna y osvniia diialnist T. H. Lubentsia [Pedagogical and educational activity of T. G. Lubenets]*. Kyiv: VTs «Akademii». [in Ukrainian].
4. *Derzhavnyi arkhiv Kyivskoi oblasti (DAKO) [State Archive of the Kyiv Region (DAKO). Fund 347, description 1, file 2155. P. 1.]*. Fond 347, opys 1, sprava 2155. S. 1. [in Ukrainian].
5. Berezivska L. D. (2003). *Malovidomi pershodzherela ukrainskoi pedahohiky (druha polovyna KhIKh – KhKh st.): khrestomatiia (2003). [Little-known primary sources of Ukrainian pedagogy (second half of the 19th-20th centuries)]*. Kyiv.: Nauk. Svit.[in Ukrainian].
6. Lubenets T. H. (1913). *Pedahohycheskye besedy [Pedagogical talks]*. Yzd. 2-e, dopoln. y pererab. S.–Pb.: Yzd. P. V. Lukovnykova. [in Russian].
7. Lubenets T. H.(1919). *Do pytannia pro shkolu dlia doroslykh. Visti vykonavchoho Komitetu Kyivskoi Rady Robitnychyykh deputativ [To the question about the school for adults]*. [in Russian].
8. Lubenets T. H. (1913). *Pedahohycheskye besedy [Pedagogical talks]*. Yzd. 2-e, dopoln. y pererab. S.–Pb.: Yzd. P. V. Lukovnykova. [in Russian].
9. Pidkurhanna H. O. (2003). *Teoretyko-metodolohichni ta metodychni osnovy khudozhno-pedahohichnoi pidhotovky studentiv fakultetu doshkilnoho vykhovannia pedahohichnoho universytetu [Theoretical-methodological and methodical bases of artistic and pedagogical training of students of the Faculty of Preschool Education of the Pedagogical University]*: avtoref. dys. d-ra ped. nauk : spets. 13.00.04 «Teoriia i metodyka profesiinnoi osvity»; In-t pedahohiky APN Ukrainy. Kyiv. [in Ukrainian].
10. Rusova S. (1924). *Teoriia i praktyka doshkilnoho vykhovannia [Theory and practice of preschool education.]*. Praha.[in Czech]
11. Rusova S. (1996). *Vybrani tvory [Selected works]*. Uporiad. O.V. Proskura. Kyiv: Osvita. [in Ukrainian].
12. Symonovych A. S.(1907). *Detskyi sad. Praktycheskoe rukovodstvo dlia detskykh sadovnyts [Kindergarten. A practical guide for kindergarten teachers]*. M.: Tipohrafiya Y.D. Sьtyna. [in Russian].
13. Stepanova T.M. (2011). *Transformatsiia zmistu peredshkilnoi osvity v istorii rozvytku vitchyznanoi doshkilnoi pedahohiky: metodolohiia, teoriia, praktyka (kinets KhIKh – KhKh stolittia)[Transformation of the content of preschool education in the history of the development of domestic preschool pedagogy: methodology, theory, practice (late 19th - 20th centuries)]*. Dyser. dokt. ped. nauk: 13.00.01, Derzhavnyi zaklad «Pivdenoukrainskyi natsionalnyi pedahohichnyi universytet imeni K.D. Ushynskoho». Odesa. [in Ukrainian].
14. Uliukaieva I. (2008). *Istoriia suspilnoho doshkilnoho vykhovannia v Ukraini: navchalnyi posibnyk [History of public preschool education in Ukraine]*; vyd. druhe, dopovnene. Donetsk: Yuho-Vostok. [in Ukrainian].
15. *Tsentralnyi derzhavnyi istorychnyi arkhiv Kyieva (TsDIAK), Fond 707, op. 150, 1899 r. delo 41. Ob uchrezhdeny v h. Kyeve obshchestva narodnykh detskykh sadov. 701 [Central State Historical Archive of Kyiv (CDIAK), Fund 707, op. 150, 1899, delo 41. About the establishment of the Society of People's Kindergartens in Kyiv. 70 liters]*. [in Ukrainian].
16. Borysovoi Z. N., Kuzmenko V.U.(2004). *Khrestomatiia z istorii doshkilnoi pedahohiky : navch. Posibnyk [Textbook on the history of preschool pedagogy]*: za zah. red. Z. N. Borysovoi. K.: Vyshcha shkola. [in Ukrainian].
17. Shleher L. K. (1915). *Praktycheskaia rabota v detskom sadu [Practical work in kindergarten]*. Moscow. [in Russian].

УДК 378.091.31.042:573(045)

ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИЙ ПІДХІД У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ БІОЛОГІВ ЯК УМОВА РЕАЛІЗАЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ

Ірина Упатова

доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри природничих дисциплін

Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія», Харківської обласної ради, провул.
Руставелі, 7, Харків, Україна, 61001, e-mail: handiy63@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0060-1186

Олена Дехтярєва

кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри природничих дисциплін

Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія», Харківської обласної ради, провул.
Руставелі, 7, Харків, Україна, 61001, elena.dekhtiarova@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9617-3333

Віталій Москальов

викладач кафедри природничих дисциплін

Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія», Харківської обласної ради, провул.
Руставелі, 7, Харків, Україна, 61001, elena.dekhtiarova@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9617-3333

Актуальність проблеми дослідження зумовлена суперечністю між необхідністю реалізації студентоцентрованої освіти, яка є особистісно орієнтованою на здобувача і забезпечує індивідуалізацію процесу навчання, його адаптацію до реальних власних потреб особистості здобувача, та недостатньою розробкою методик реалізації диференційованого підходу до навчання бакалаврів біології у закладах вищої освіти.

Метою роботи є поглиблення наукових засад диференційованого підходу до організації фахової підготовки бакалаврів біології, обґрунтування способів реалізації та напрямів диференційованого підходу в дидактиці вищої школи й широких конструктивних можливостей використання ідеї диференціації під час реалізації індивідуальної освітньої траєкторії здобувачів в умовах закладу вищої освіти.

Методами дослідження було обрано анкетування, бесіди, ранжування, аналіз продуктів діяльності студентів, спостереження за роботою здобувачів, самооцінка, рефлексія.

Результати дослідження засвідчили, що рівень навчальних досягнень здобувачів позитивно змінюється, якщо перевірені роботи включають завдання репродуктивного, реконструктивного і творчого рівнів, а система диференційованих дидактичних завдань має передбачати планомірне опанування здобувачами професійними навичками та вміннями, урахування рівня самостійності бакалаврів, рівень проблемності завдань; під час опрацювання диференційованих завдань важливо залишити право вибору питань і завдань за студентом, запропонувавши йому кілька варіантів завдань на кожному із зазначених рівнів.

Ключові слова: індивідуалізація освітнього процесу, диференційовані завдання, індивідуальний план, студентоцентрована освіта, вибіркові освітні компоненти.

Актуальність проблеми дослідження зумовлена суперечністю між необхідністю реалізації студентоцентрованої освіти, яка є особистісно орієнтованою на здобувача і забезпечує індивідуалізацію процесу навчання, його адаптацію до реальних власних потреб особистості та недостатньою розробкою методик реалізації диференційованого підходу до навчання бакалаврів біології у закладах вищої освіти.

Аналіз останніх досліджень. Окремі аспекти використання диференційованого підходу

в освітньому процесі закладу вищої освіти розкрито в дослідженнях О. Горіної, П. Сікорського, В. Очеретного, В. Риндюк, В. Ковальського та ін. [1, 2].

Так у працях А. Цьось диференційований підхід розглядається як компонент управління навчанням, де в процесі розподілу студентів на групи пропонується враховувати вік, стать, стан здоров'я, ступінь біологічної зрілості та психологічні особливості (типологічні властивості нер-

вової системи). О. Панчук, С. Макаров, І. Сергета досліджують особливості взаємозв'язку між показниками навчальної успішності за професійно-орієнтованими дисциплінами та характеристиками рівня розвитку психофізіологічних функцій та особливостей особистості здобувача тощо.

Аналіз праць науковців засвідчив, що для успішної реалізації диференційованого підходу у ЗВО є необхідним урахування індивідуальних психолого-фізичних можливостей здобувачів вищої освіти, рівня їхньої підготовки до засвоєння знань, змістової складової освітнього компонента, організаційно-процесуальної складової освітнього процесу.

Метою роботи є поглиблення наукових засад диференційованого підходу до організації фахової підготовки бакалаврів біології, обґрунтування способів реалізації та напрямів диференційованого підходу в дидактиці вищої освіти й конструктивних можливостей впровадження диференційованого підходу з метою реалізації індивідуальної освітньої траєкторії здобувачів в умовах ЗВО.

Методами дослідження було обрано анкетування, бесіди, ранжування, аналіз продуктів діяльності студентів, спостереження за роботою здобувачів, самооцінка, рефлексія.

Основна частина. Суть «диференційованого навчання» полягає у всебічному фаховому розвитку кожного здобувача, розширенні його інтересів, світогляду, наданні можливостей розвивати фахову зацікавленість до вивчення окремих галузей знань тощо.

Диференційований підхід до навчання майбутніх біологів розглядається нами як складова загальнодидактичної системи, яка забезпечує його ефективність для груп здобувачів із різним рівнем навчальних можливостей шляхом організації освітньої діяльності, яка передбачає врахування їх індивідуальних відмінностей, рівнів навчальних досягнень, темпів працездатності, створення різноманітних навчально-методичних комплексів, упровадження організаційно-управлінських заходів. Цілком зрозуміло, що впровадження диференційованого підходу передбачає структурування змісту навчального матеріалу, добір форм, прийомів і методів навчання відповідно, розробку диференційованих завдань, які враховують типологічні особливості здобувачів.

На нашу думку, успішна реалізація диференційованого підходу до навчання бакалаврів біології залежить від фасилітаційної позиції педа-

гога, яка забезпечує дотримання певних умов, конкретних напрямів і способів диференціації навчання, а саме: засвоєння бакалаврами біології освітнього компонента в індивідуально різному темпі, створення постійних або тимчасових гомогенних (однорідних) груп здобувачів під час вивчення будь-якого освітнього компонента чи його розділу, розробка педагогом диференційованих завдань (від репродуктивного до творчого) із кожного освітнього компонента, вибір здобувачами альтернативних освітніх компонентів за фахом, створення ними індивідуальної освітньої траєкторії.

Упровадження диференційованого підходу під час опанування освітньою програмою 091 Біологія сприяє ефективному формуванню в бакалаврів програмних результатів навчання (ПРН), зазначених Стандартом вищої освіти України за спеціальністю «Біологія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти [3]. Цілком зрозуміло, що засвоєння змісту освітніх компонентів і формування визначених стандартом ПРН відбувається на різних рівнях (початковому, середньому, достатньому, високому). Саме тому для формування ПРН найголовніше визначити такий зміст освіти та методи реалізації професійного навчання, що найефективніше відповідали б індивідуальним можливостям, нахилам та фаховим інтересам здобувачів, сприяли розвитку обдарованих студентів, зводили до мінімуму кількість здобувачів з низьким рівнем фахової підготовки, створювали можливості розвивати свої здібності, формувати фахові компетентності.

Аналізуючи способи реалізації диференційованого підходу в освітньому процесі ЗВО, зазначимо, що їх упровадження можливе як під час аудиторних занять, так і під час консультацій, організації самостійної роботи, позаурочної діяльності, але за умови врахування рівнів навчальних можливостей здобувачів, рівнів їх навчальних досягнень із певного освітнього компонента, пізнавальної спрямованості, яка відображає потреби особистості у фахових знаннях, працездатності та здібностей щодо обраної професії. Диференційоване навчання майбутніх біологів залежить і від форм організації освітньої діяльності : індивідуальної, парної, групової. Наприклад, організація групової форми роботи бакалаврів біології при виконанні диференційованого завдання припускає спільну діяльність із планування, виконання й обговорення результатів, що вимагає від них ґрунтовних знань щодо будови організмів у взаємозв'язку з їхніми функ-

ціями та процесами життєдіяльності, розвитком в процесі філогенезу та онтогенезу на основі сучасних досягнень біологічної науки, систематики, структурних та функціональних характеристик біологічних систем на різних рівнях організації.

Наведемо приклад формування фахових компетентностей через упровадження системи диференційованих завдань освітніх компонентів біологічного спрямування, що перевірялась шляхом аналізу якості їх виконання. Наприклад, під час вивчення ОК «Анатомія людини», «Фізіологія людини і тварин» при розгляді тем «Будова скелета», «Будова м'язів», «Опора та рух», «Будова травної системи», «Травлення», «Будова дихальної системи», «Дихання», «Будова кровоносної системи», «Транспорт речовин» здобувачам систематично пропонувалося виконання різномірних завдань (дидактичні завдання, які складені з урахуванням навчальних можливостей здобувачів визначеної типологічної групи). Мета впровадження цих завдань полягала в стимулюванні здобувачів до активного навчання, розвитку їх фахових навичок і вмінь. Оволодіння визначеним запасом біологічних знань та умінь їх відтворити вважалося важливим показником засвоєння й, у деякій мірі, характеризувало успішність здобувача. Однак важливим вважалося не тільки отримання знань студентом, але й уміння їх самостійно застосовувати на різних рівнях: репродуктивному, реконструктивному, творчому. Тому для ефективною реалізації диференційованого навчання через упровадження диференційованих завдань педагогу необхідно було знати про загальну підготовку здобувачів, їхні індивідуально-психологічні та інші особливості. Діяльність педагога передбачала визначення часу виконання завдань, керування перебігом роботи, підбиття підсумків за результатами виконання завдань, оцінювання навчальних досягнень здобувачів відповідно до вимог програми з освітнього компонента. Готуючись до навчального заняття, викладач визначав, коли і як буде здійснюватися диференціація, чи доцільна вона на даному етапі навчання. Упровадження диференційованих завдань на різних етапах засвоєння біологічних освітніх компонентів дозволяло здобувачам задовольняти свої потреби, інтереси, у повній мірі самореалізуватися. Це такі завдання, як: скласти конспект-схему/ментальну карту, інфографіку, заповнити таблицю, зробити підпис до біологічного малюнка, виконати тест, розв'язати/скласти біологічний кросворд, задачу на розвиток логічного мислення, написати рецен-

зію, підготувати реферат, доповідь тощо. Для реалізації диференційованого підходу доцільним є впровадження розроблених дидактичних матеріалів (робочих зошитів із друкованою основою, різномірних біологічних завдань, задач, вправ тощо).

Дослідженням доведено, що систематичне використання різномірних завдань під час навчання здобувачів сприяло реалізації індивідуального, диференційованого та діяльнісного підходів, формуванню вмінь самоорганізації, самооцінки, здійснення рефлексії, забезпечувало розвиток відповідальності за результати власної освіти, оволодіння професійними навичками та вміннями, як наслідок, відбувалися самозміни особистості, індивідуальний рух до фахової самостійності, професійного саморозвитку. Під час опрацювання диференційованих завдань важливо залишити право вибору питань і завдань за студентом. Аналіз результатів виконання диференційованих завдань засвідчив, що 26 % студентів, які навчаються на ОП 091 Біологія, мають високий рівень навчальних досягнень з біологічних освітніх компонентів, 33 % – достатній, 23 % – середній, 18 – початковий.

Під час дослідження оцінювання рівня засвоєння змісту освітнього компоненту здобувачами здійснювалося за такими *критеріями та показниками: характеристика відповіді*- правильність, логічність, обґрунтованість; *якість знань*- повнота, глибина, гнучкість, системність, міцність; *сформованість предметних і фахових умінь*- вміння аналізувати, синтезувати, порівнювати, абстрагувати, класифікувати, узагальнювати, робити, висновки; *досвід фахової діяльності* - вміння виявляти проблеми та розв'язувати їх, формулювати гіпотези, доводити чи спростовувати.

Зазначені критерії та показники покладено в основу виокремлення рівнів фахових компетентностей бакалаврів біології, а саме: початковий, базовий, діяльнісний, рівень майстерності.

Початковий рівень (60 – 63 бали) – фахові знання, розуміння й осмислення здобувача фрагментарні, характеризується початковими уявленнями про предмет фахової діяльності, володіння елементарними вміннями професійної діяльності.

Базовий (64 – 73 бали) – рівень наявності основоположних теоретичних і практичних навичок за фахом; здобувач відтворює основний матеріал за фахом, має сформовані окремі практичні навички й уміння щодо вибраної професії, однак діє переважно за зразком.

Діяльнісний (74 – 81; 82 – 89 балів) – рівень володіння фаховими знаннями, які використовуються в змінених умовах; здобувач знає істотні ознаки понять, явищ, зв'язки між ними, вміє пояснити основні закономірності, а також самостійно застосовує знання в стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями (аналізом, абстрагуванням, узагальненням тощо), вміє робити висновки, виправляти допущені помилки; мова логічна, обґрунтована, хоча бракує власних суджень.

Рівень майстерності (90 – 100 балів) – рівень конкурентноздатного спеціаліста, який усвідомлює важливість формування професійних компетентностей під час професійного становлення; фахові знання здобувача є глибокими, міцними, системними; здобувач вміє застосовувати їх для виконання творчих завдань, його фахова діяльність позначена вмінням самостійно оцінювати різноманітні ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію; притаманний креативний менталітет і вміння аналізувати діяльність, пов'язану з розв'язанням професійних завдань у будь-яких ситуаціях, здійснювати фахову рефлексію та самовдосконалення.

Цілком зрозуміло, що диференціюванню підлягають цілі і завдання, зміст і навчально-методичне забезпечення освітніх компонентів, організаційні форми навчання, методики навчання, результати оволодіння студентами вимогами ОП. А. Цьось наголошує, що ці компоненти сприяють формуванню індивідуальної освітньої траєкторії (ІОТ) здобувача вищої освіти, що передбачає реалізацію індивідуальної освітньої програми [4].

Проаналізуємо деякі шляхи реалізації ІОТ в умовах ЗВО. Специфіка побудови індивідуального навчального плану (ІНП) здобувачів полягає у виборі освітніх компонентів при самостійному формуванні певної частини (ІНП); специфіці визначення результатів навчання, отриманих у неформальній освіті (проходження сертифікаційних курсів для формування додаткових професійних компетентностей) та академічній мобільності [5].

Слід зазначити, що провідне місце в структурі ІОТ належить навчальним дисциплінам за вибором здобувачів, які вводяться кафедрами для ефективного використання можливостей ЗВО з метою задоволення освітніх і кваліфікаційних потреб здобувачів, підвищення їх конкурентоспроможності та затребуваності на ринку праці з урахуванням регіональних потреб тощо. Якщо розглядати напрям диференціації за

циклами навчальних дисциплін у навчальному плані за ОП 091 Біологія, то нормативна частина передбачає вивчення двох циклів: загальної підготовки та професійної підготовки. Серед дисциплін вільного вибору циклу професійної підготовки можна зазначити «Першу допомогу при невідкладних станах», «Основи раціонального харчування», «Соціальну поведінку тварин», «Рослини у пробірці (in vitro): одержання та можливості використання», «Квітникарство», «Емерджентні інфекційні хвороби – виклик ХХІ століття», «Вступ до біоніки», «Садово-парковий дизайн», «Стовбурові клітини: сучасна регенеративна медицина», «Цілющі рослини та гриби, що культивуються», «Біологічні лабораторні об'єкти», «Основи інтродукції та акліматизації рослин», «Психогенетика», «Образотворче мистецтво. Малювання біологічних об'єктів», «Психологія особистості» тощо.

О. Панчук, С. Макаров, І. Сергета наголошують на взаємозв'язку між показниками навчальної успішності за професійно-орієнтованими дисциплінами та характеристиками рівня розвитку психофізіологічних функцій та особливостей особистості студентів, пов'язаних із функціональним станом ВНД [6].

Отже, диференційований підхід у процесі професійної підготовки бакалаврів біології як умова реалізації їх індивідуальної освітньої траєкторії спрямований на задоволення різнобічних професійних інтересів відповідно до розвитку розумових сил особистості, сприяє формуванню навичок самостійної навчальної праці та професійному самовдосконаленню.

Висновки. У статті обґрунтовано такі способи реалізації диференційованого підходу, як: упродовження диференційованих завдань, самостійний вибір освітніх компонентів, серед напрямів реалізації диференційованого підходу виокремлено *змістовий* (через зміст освітньої програми) та *діяльнісний* (через аудиторну та позааудиторну діяльність, різні види практик), визначено критерії оцінювання рівня засвоєння змісту освітнього компоненту майбутніми біологами, запропоновано рівні фахових компетентностей, встановлено елементи, необхідні для розробки і реалізації індивідуальної освітньої траєкторії здобувача в умовах ЗВО.

Перспективи подальших розробок убачаємо в реалізації диференційованого підходу під час позааудиторних заходів біологічного спрямування з метою оптимізації фахової освіти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горіна О., Сікорський П. Сутність та принципи диференційованого підходу в навчанні студентів. Вища школа. 2007. № 5. С. 55 – 63.
2. Роль диференційованого підходу у процесі підготовки майбутніх фахівців. В. Очеретний, В. Риндюк, В. Ковальський, А. Бондар. URL : http://conf.vntu.edu.ua/humed/2010/txt/Ocheretniy_Ryndyuk_Kovalskiy_Bondar.php
3. Наказ Міністерства освіти і науки України № 1457 від 21 листопада 2019 року. https://osvita.ua/legislation/Vishya_osvita/68363/
4. Цьось А. В. Диференційований підхід в процесі підготовки майбутнього вчителя фізичної культури: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 – теорія та історія педагогіки / Київ. Нац. пед. ун-т імені М. П. Драгоманова, 1994 р. 16 с.
5. Литвин В. Індивідуальна освітня траєкторія здобувачів вищої освіти: контент-аналіз поняття, принципи побудови, форми та методи реалізації. URL : <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2021.243899>
6. Панчук О. Ю., Макаров С. Ю., Сергета І. В. Особливості взаємозв'язку між показниками навчальної успішності за професійно-орієнтованими дисциплінами та характеристиками рівня розвитку психофізіологічних функцій та особливостей особистості студентів стоматологічного і медичного факультетів. *Вісник морфології*. Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова. Вінниця. 2017. Т.23. №1. С. 65–70. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vismorf_2017_23_1_18

A DIFFERENTIATED APPROACH IN THE PROCESS OF PROFESSIONAL TRAINING OF BIOLOGISTS AS A CONDITION FOR THE IMPLEMENTATION OF AN INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY

Iryna Upatova

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Professor of Natural Sciences

Municipal Establishment «Kharkiv Humanitarian-Pedagogical Academy» of Kharkiv Regional Council, 7, Rustaveli lane, Kharkiv, Ukraine. 61001, e-mail: handiy63@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0060-1186

Olena Dekhtiarova

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Natural Sciences

Municipal Establishment «Kharkiv Humanitarian-Pedagogical Academy» of Kharkiv Regional Council, 7, Rustaveli lane, Kharkiv, Ukraine. 61001 elena.dekhtiarova@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9617-3333

Vitalii Moskalov

Teacher of the Department of Natural Sciences

Municipal Establishment «Kharkiv Humanitarian-Pedagogical Academy» of Kharkiv Regional Council, 7, Rustaveli lane, Kharkiv, Ukraine. 61001 mosrus93@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9831-3173

The relevance of the research is due to the contradiction between the need to implement student-centered education, which is personally oriented to the student and ensures the individualization of the learning process, its adaptation to the real needs of the student's personality, and the insufficient development of methods for implementing a differentiated approach to teaching biology bachelors in higher education institutions.

The purpose of the research is to strengthen the scientific underpinnings of a differentiated approach for organizing the professional training of biology bachelor's degree holders; substantiation of the implementation strategies and guidelines for a differentiated approach in a higher school's didactics; wide-ranging constructive opportunities for applying the concept of differentiation when implementing the applicants' unique educational trajectories under the conditions of the higher education institution.

The following research methodologies were selected: surveys, interviews, evaluation, analysis of student activity products, applicant work observation, self-evaluation, and reflection.

The study's findings proved that if tasks from the reproductive, reconstructive, and creative levels are included in the verification works, students' educational achievements improve. It is important to give students the freedom to choose their own questions and tasks during the processing of differentiated tasks, providing them with a variety of options for tasks at each of the specified levels and ensuring that the system of differentiated didactic tasks allows for the systematic

acquisition of professional skills and abilities by students while also taking into account the level of independence of bachelors and task difficulty.

Key words: individualization of the educational process, differentiated tasks, individual plan, student-centered education, elective educational components.

REFERENCES

1. Horina, O., & Sikorskyi, P. (2007) Sutnist ta pryntsyipy dyferentsiiovanoho pidkhodu v navchanni studentiv [The essence and principles of a differentiated approach in student education]. *High school*, 5, 55-63 [in Ukrainian].
2. Ocheretny, V., Ryndyuk, V., Kovalskyi, V., & Bondar, A. (2008) *Rol dyferentsiiovanoho pidkhodu u protsesi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv [The role of a differentiated approach in the process of training future specialists]. Humanism and education.* http://conf.vntu.edu.ua/humed/2010/txt/Ocheretnyi_Ryndyuk_Kovalskyi_Bondar.php [in Ukrainian].
3. Nakaz Ministerstva osvity i nauky Ukrainy № 1457. (2019). [Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine, 1457]. Retrieved from https://osvita.ua/legislation/Vishya_osvita/68363/ [in Ukrainian].
4. Tsyos, A. (1994) Dyferentsiiovanyi pidkhid v protsesi pidhotovky maibutnoho vchytelia fizychnoi kultury [Differentiated approach in the process of training a future teacher of physical education]. *Abstract of Ph. D's thesis.* National Pedagogical Dragomanov University, Kyiv [in Ukrainian].
5. Lytvyn, V. (2021) Indyvidualna osvithnia traiektoriia zdobuvachiv vyshchoi osvity: kontent-analiz poniattia, pryntsyipy pobudovy, formy ta metody realizatsii [Individual educational trajectory of students of higher education: a content analysis of the concept, principles of construction, forms and methods of implementation]. *Youth & Market*, 9/195. doi: 10.24919/2308-4634.2021.243899 [in Ukrainian].
6. Panchuk, O., Makarov, S., & Sergeta, I. (2017) Osoblyvosti vzaiemozviazku mizh pokaznykamy navchalnoi uspishnosti za profesiino-oriietovanyamy dystsyplinamy ta kharakterystykamy rivnia rozvytku psykhofiziolohichnykh funktsii ta osoblyvostei osobystosti studentiv stomatolohichnoho i medychnoho fakultetiv [Peculiarities of the relationship between indicators of academic success in professionally oriented disciplines and characteristics of the level of development of psychophysiological functions and personality traits of students of dental and medical faculties]. *Herald of morphology*. 23(1). Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vismorf_2017_23_1_18 [in Ukrainian].

Стаття надійшла 12.05.2022

АЛГОРИТМИ РЕАЛІЗАЦІЇ КЕЙС-ТЕХНОЛОГІЇ В МЕЖАХ ФОРМУВАННЯ У МАЙБУТНІХ МАРКЕТОЛОГІВ АНГЛОМОВНОЇ ЛЕКСИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ В ДІЛОВОМУ ПИСЬМІ

Ірина Чорна-Климовець

кандидат педагогічних наук,

доцент кафедри іноземних мов для природничих факультетів

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, Україна, 79000, iren.ch31262@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0348-7462

Стаття присвячена вивченню технологій формування англomовної лексичної компетентності у діловому письмі майбутніх фахівців з маркетингу. Засобом формування досліджуваної нами компетентності вибрано кейс-технологію навчання, цінність якої полягає у можливості запровадження під час навчального процесу тренувальних комунікативних ситуацій професійного характеру. Висвітлено поняття кейс-технології формування англomовної лексичної компетентності в діловому письмі майбутніх маркетологів, а саме: як засіб моделювання максимально наближених до реальних професійних комунікативних писемних ситуацій з відповідними пропозиціями щодо їх вирішення та залученням індивідуальних способів вирішення поставлених комунікативних завдань, запропонованих студентами. Визначено, що кейс-технологія навчання є креативним засобом формування вищезазначеної компетентності, що сприяє розвитку критичного та аналітичного аналізу комунікативних ситуацій, зокрема ділового письма. Окреслено, що під час застосування кейс-технології допускається максимальна автономність виконання студентами певних завдань. Тому запропоновано розглядати таку технологію у контексті самостійної роботи студентів, а саме в межах гнучкого та жорсткого типів управління викладачем навчальною діяльністю студентів. Під час дослідження нами були розроблені алгоритми реалізації кейс-технології в умовах жорсткого та гнучкого управління викладачем навчальною діяльністю студентів. Гнучке управління викладачем застосовується у разі максимально індивідуальної роботи студентів із запропонованими кейсами певної тематики. Викладач проводить загальний інструктаж, забезпечує підказки (за проханням), м'яко контролює (за потреби) процес виконання поставленого перед студентами завдання. Жорстке управління викладачем передбачає покрокове контрольоване виконання студентами завдання та безперервну «присутність» викладача під час процесу виконання завдання.

Ключові слова: лексична компетентність, майбутні маркетологи, кейс-технологія, жорстке та гнучке управління, алгоритми реалізації.

Актуальність роботи. Зважаючи на вимушену форму дистанційної освіти, педагогічному колективу доводиться застосовувати не лише технічну підтримку, а й максимальну кількість допоміжних методів, засобів та технологій навчання. Такі технології повинні передавати інформацію від викладача, сприяти індивідуальній роботі та самостійному засвоєнню навчальних матеріалів студентами. А отже, дослідження ефективних технологій навчання для самостійної роботи студентів за межами їхніх «віртуальних аудиторій» набуває ще більшої актуальності. Першочергово під час вивчення іноземної мови постає потреба у формуванні іншомовної комунікативної компетентності студентів таким чином, щоб їхні знання, навички та вміння дозволяли їм комунікативно вирішувати завдання.

Глобальному вивченню проблематики формування іншомовної комунікативної компетент-

ності присвячені роботи О. Бігич, С. Ніколаєвої [7] та ін. Зокрема, для нелінгвістичних спеціальностей такі дослідження здійснені Н. Микитенко [8], у тому числі наукові розвідки І. Чорної представляють окреслення кейс-технології як засобу формування лексичної компетентності ділового писемного спілкування майбутніх маркетологів [14]; [15]. Г. Бурденюк [1], Л. Каменська [5], Т. Тамбовкіна [13] присвятили свої праці вивченню типів управління викладачем навчальною діяльністю студентів. Дослідженнями питань щодо кейс-технології та зокрема особливостей кейсів займалися О. Долгоруков [2], Л. Желізняк [3], Є. Михайлова [9], А. Смолкін [12], Ю. Сурмін [13]. Визначення активних методів навчання висвітлені у працях Г. Ковальчук [6], Я. Омельченко [10], І. Рябець [11]. Попри значний доробок учених-методистів, питання щодо застосування кейс-технології як засобу формування англomов-

ної лексичної компетентності в діловому письмі майбутніх фахівців з маркетингу в межах певних типів управління викладачем навчальною діяльністю студентів досі не було чітко сформульовано. Тому вважаємо актуальним висвітлення запропонованої нами реалізації кейс-технології.

Метою статті є висвітлення розроблених алгоритмів реалізації кейс-технології в межах певних типів управління викладачем навчальною діяльністю студентів. Для виконання мети дослідження необхідно виконати такі завдання: 1) окреслити поняття «кейс-технології» як засобу формування досліджуваної компетентності; 2) здійснити аналіз типів управління викладачем самостійною роботою студентів; 3) презентувати розроблені алгоритми реалізації кейс-технології.

Матеріал і результати досліджень. Кейс-технологія навчання є досить гнучким засобом формування іншомовної комунікативної компетентності, оскільки її основи можна адаптувати до багатьох аспектів вивчення іноземних мов. Щодо формування у майбутніх маркетологів англomовної лексичної компетентності в діловому писемному спілкуванні засобом кейс-технології (Чорна, 2017), пропонуємо розглядати кейс-технологію як максимально адаптовані до природних писемні комунікативні ситуації професійного спрямування, а тому така технологія масштабно тренує у студентів навички та вміння англomовного ділового спілкування, розвиває креативний підхід до вирішення конфліктних ситуацій та сприяє підвищенню кваліфікації майбутніх маркетологів [15]. Основними компонентами кейс-технології є сукупність активних методів навчання (ділова і рольова гра, метод аналізу ситуацій, вирішення проблем та ін.) [16]. За одиницю такої технології навчання («кейс») може бути вибрана фактично будь-яка комунікативна ситуація. Отже, студенти отримують максимальну користь у процесі вивчення тематики фахово орієнтованого ділового спілкування засобом кейс-технології [2; 15; 16].

Спираючись на той факт, що кейс-технологія сприяє розвитку аналітичного та критичного мислення, креативності рішень, автономної роботи із вирішення поставленого завдання, пропонуємо розглянути її в межах самостійної роботи студентів. Отже, вважаємо необхідним здійснити аналіз типів управління викладачем навчальною діяльністю студентів [15]. Згідно із висновками Г. Бурденюк, Л. Каменської, Т. Тамбовкіної, є три основних типи управління самостійною роботою студентів, а саме: жорстке, відносно жорстке та гнучке [1; 5; 14].

Жорстке управління: заздалегідь підготовані навчальні матеріали з кінцевими відповідями до вправ чи завдань; поетапність затверджених операцій студентів, узгоджених з викладачем, в умовах прямого втручання (контролю) викладача.

Відносно жорстке управління: затверджені навчальні матеріали з ключами, ухвалені викладачем дії студентів та додаткові незарегламентовані операції під час самостійної роботи на заняттях.

Гнучке управління: мета і цілі заняття визначені викладачем, навчальні матеріали, способи вирішення забезпечені викладачем, вирішення певного завдання покладається виключно на студентів за умов максимального невтручання викладача [1, с. 19; 4; 5; 14, с. 84–85].

Отже, спираючись на проаналізовані джерела, очевидно, що суттєво відрізняється жорсткий та гнучкий типи управління викладачем навчальною діяльністю студентів. Тому пропонуємо розглянути алгоритми реалізації кейс-технології у контексті вищезазначених типів управління:

1. Алгоритм реалізації кейс-технології в умовах жорсткого управління викладачем навчальною діяльністю студентів застосовується таким чином, що тематика кейсу визначається викладачем, спираючись на жанр ділового письма, відповідний активний метод навчання (ділова/рольова гра), певний розмір кейсу (стислого чи міні-кейсу). Як результат, створення кейсу із додатковим завданням на підготовчому етапі, де викладач залучається до процесу обговорення кейсу, виконання завдань, для додаткового інформування на ознайомлювальному етапі та контролю над процесом вибору найбільш доцільного способу вирішення кейсу однією з визначених форм ділового письма із застосуванням відповідних лексичних одиниць на основному етапі роботи з кейсом [1; 2; 4; 5; 14; 15; 16].

2. Алгоритм реалізації кейс-технології в умовах гнучкого управління викладачем навчальною діяльністю студентів втілюється шляхом вибору викладачем тематики кейсу відповідно до типу ділового письма, методу випадків/аналізу ситуацій/методу інциденту, орієнтуючись на відповідний розмір (стислий чи мінікейс). Результат: на підготовчому етапі – створення кейсу та формування додаткових завдань, на ознайомлювальному – презентація розробленого викладачем кейсу студентам для самостійної роботи із попереднім поясненням завдання (за потреби). Контрольна перевірка викладачем на основному

етапі індивідуально виконаного студентами кейсу певною формою ділового письма із вживанням коректних лексичних одиниць [1; 2; 4; 5; 14; 15; 16].

Лаконічно окреслимо, що основні відмінності вищезазначених алгоритмів в межах таких типів управління викладачем самостійною роботою студентів полягають у тому, що робота над кейсом в умовах жорсткого контролю відбувається в упорядкованих викладачем умовах навчального заняття (чітке виконання інструкцій, покрокове виконання тематичних завдань тощо). У процесі опрацювання кейсу в умовах гнучкого управління викладач зазначає мету та відповідні тематичні завдання (щодо розв'язання кейсу) та дає необмеженість дій студентів під час виконання завдання.

Отже, на основі здійсненого аналізу наукової літератури з проблематики дослідження нами була запропонована структура поетапної реалізації кейс-технології у процесі формування нашої компетентності, а саме:

- застосування компонентів кейс-технології (метод аналізу ситуацій, інциденту, рольової гри тощо);
- вибір кейсу за структурою (структурований, «першовідкривач» тощо) та розміром (стислий чи мінікейс);
- поетапна робота викладача і студентів з кейсом (підготовчий, ознайомчий, основний);

– вибір типу (жорсткого чи гнучкого) управління викладачем навчальною діяльністю студентів [15; 16].

Детальніше з алгоритмами реалізації кейс-технології в умовах жорсткого та гнучкого управління викладачем навчальною діяльністю студентів під час формування досліджуваної нами компетентності пропонуємо ознайомитись у запропонованих нижче таблицях (табл. 1, табл. 2).

Висновки. Відповідно до поставленої мети та супровідних завдань у статті розглянуто кейс-технологію навчання як ефективний засіб формування досліджуваної компетентності в межах самостійної роботи студентів. Розглянуто та виокремлено ключові типи управління навчальною діяльністю студентів та зазначено, що у контексті дослідження доцільно використовувати жорсткий та гнучкий типи управління викладачем навчальною діяльністю студентів. На основі сформованого співвідношення етапів реалізації кейс-технології та завдань викладача і студентів в умовах жорсткого та гнучкого управління викладачем самостійною роботою студентів запропоновано відповідні алгоритми реалізації кейс-технології під час формування у майбутніх маркетологів англійської мовної лексичної компетентності в діловому письмі. Подальші перспективи наукових розвідок вбачаємо у детальному дослідженні кейсової технології як засобу підвищення рівня вмотивованості студентів під час їхньої самостійної роботи.

Таблиця 1

Алгоритм реалізації кейс-технології в умовах жорсткого управління викладачем

Етапи реалізації кейс-технології	Викладач	Студенти
Підготовчий етап	1) вибирає тематику кейсу відповідно до жанру ділового письма; 2) вибирає метод (аналіз ситуацій, вирішення проблеми, ділова/рольова гра) та розмір кейсу (стислий або мінікейс); 3) розробляє кейс та додаткові завдання для вирішення кейсу.	1) отримують інструкції від викладача щодо тематики кейсу; 2) отримують вказівки щодо застосування методу активного навчання (аналіз ситуацій, вирішення проблем, ділова/рольова гра, метод аналізу ситуацій, вирішення проблем); 3) обговорюють додаткові завдання з викладачем.
Ознайомлювальний етап	1) обговорює кейс зі студентами; 2) забезпечує студентів підказками; 3) надає студентам роз'яснення щодо додаткових завдань.	1) обговорюють кейс із викладачем; 2) формулюють запитання для отримання підказок та додаткової інформації; 3) уточнюють спосіб виконання додаткових завдань.
Основний етап	1) здійснює безпосередній контроль за аналізом ситуацій, вирішенням проблеми, веденням ділової/ рольової гри для забезпечення оптимального виконання кейсу із вживанням коректних ЛО відповідно до комунікативної ситуації та типу ділового документа.	1) вибирають тип ділового документа, ЛО відповідно до тематики кейсу та продукують власний зразок ділового письма.

Алгоритм реалізації кейс-технології в умовах гнучкого управління викладачем

Етапи реалізації кейс-технології	Викладач	Студенти
Підготовчий етап	1) вибирає тематику кейсу відповідно до жанру ДП; 2) вибирає метод (аналіз ситуацій/ вирішення проблем) і розмір кейсу (стилий, мінікейс); в) створює кейс та додаткові завдання.	–
Ознайомлювальний етап	1) роз'яснює студентам виконання завдань та можливі способи вирішення кейсу; 2) подає розроблений кейс студентам для самостійного вирішення його проблем.	1) ознайомлюються з проблематикою кейсу; 2) за необхідності ставлять викладачеві додаткові запитання щодо способів вирішення кейсу.
Основний етап	1) здійснює контроль за виконанням студентами кейсу (використання ЛО у певному зразку ДП).	1) самостійно вибирають тип ділового документа, добирають відповідні ЛО та продукують власний зразок ділового письма.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурденюк Г.М. Управление самостоятельной учебной деятельностью при обучении иностранным языкам взрослых : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01. Кишинев, 1992. 558 с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения. URL: <http://evolkov.net/case/case.study.html> (дата звернення: 10.09.2017).

3. Желізняк Л.Д. URL: http://osvita.ua/school/lessons_summary/edu_technology/31951/ (дата звернення: 3.07.2020).

4. Задорожна І.П. Розвиток автономії студентів мовних спеціальностей у процесі вивчення фахових дисциплін. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія «Педагогічні науки»*. 2015. Вип. 131. С. 60–64. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2015_131_16 (дата звернення: 12.07.2022).

5. Каменская Л.С. Некоторые вопросы организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов при коммуникативном обучении иностранному языку в неязыковом вузе. *Сборник научных трудов МГЛУ*. 1999. Вып. 437. С. 33–42.

6. Ковальчук Г.О. Активізація навчання в економічній освіті : навчальний посібник. 2-ге вид., допов. Київ : КНЕУ, 2003. 298 с.

7. Методика навчання іноземних мов і культур: теорія і практика : підручник для студентів класичних, педагогічних і лінгвістичних університетів / уклад.: О.Б. Бігич, Н.Ф. Бориско, Г.Е. Борецька та ін. ; за заг. ред. С.Ю. Ніколаєвої. Київ : Ленвіт, 2013. 590 с.

8. Микитенко Н.О. Теорія і технології формування іншомовної професійної компетентності майбут-

ніх фахівців природничого профілю : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02; 13.00.04. Тернопіль : Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2012. 534 с.

9. Михайлова Э.А. Кейс и кейс-метод. Москва : Центр марк. исслед. и менедж., 1999. 59 с.

10. Омельченко Я.Є. Інтерактивні методи навчання у викладанні англійської мови студентам гуманітарних дисциплін. URL: http://virtkafedra.ucoz.ua/el_gurnal/pages/vyp11/1/Omelchenko.pdf (дата звернення: 20.12.2021).

11. Рябець І.В. Використання кейс-технології в процесі підготовки майбутніх фахівців із зв'язків з громадськістю у ВНЗ України. 2014. С. 116–118. URL: http://kafedra-psy.at.ua/materialy_konferencii_2014-maket.pdf (дата звернення: 16.02.2020).

12. Смолкин А.М. Методы активного обучения. Москва : Высшая школа, 1991. 176 с.

13. Сурмін Ю.П. Метод аналізу ситуацій (Case study) та його навчальні можливості. Глобалізація і Болонський процес: проблеми і технології : колективна монографія. Київ : МАУП, 2005. С. 71–82.

14. Тамбовкина Т.Ю. К проблеме автономии обучающихся иностранному языку в педвузе. *Иностранные языки в школе*. 1998. С. 82.

15. Чорна І.Ю. Формування у майбутніх маркетологів англomовної лексичної компетентності в письмі засобом кейс-технології : автореф. дис. ... канд. педагог. наук : 13.00.02. Тернопіль, 2017. 20 с.

16. Чорна І.Ю. Формування у майбутніх маркетологів англomовної лексичної компетентності в письмі засобом кейс-технології : дис. ... канд. педагог. наук : 13.00.02. Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка. Тернопіль, 2017. 268 с.

ALGORITHMS OF CASE-TECHNOLOGY REALIZATION WHILE FORMING OF ENGLISH LEXICAL COMPETENCE IN BUSINESS WRITTEN COMMUNICATION OF PROSPECTIVE MARKETERS

Iryna Chorna-Klymovets

Candidate of Pedagogical Sciences,

Associate Professor of the Department of Foreign Languages for Natural Sciences of Faculty of Foreign Languages

Ivan Franco National University of Lviv, Universytetska str.,1, 79000, Lviv, Ukraine, iren.ch31262@gmail.com

ORCID:0000-0002-0348-7462

The article is devoted to the research of technologies for the formation of English lexical competence in business writing communication of prospective marketing specialists. As a means for the formation of investigated competence has been chosen case-technology. The significance of that technology lies in the possibility of introducing of training communicative situations of a professional nature during the educational process. The concept of case technology for the formation of English lexical competence in business writing of prospective marketers has been highlighted, namely: as a means of modeling as close as possible to real professional written communicative situations with appropriate options for their solution and the involvement of individual ways of solving the communicative tasks proposed by students. It was determined that the case-technology of studying is a creative means of forming the above-mentioned competence, which contributes to the development of critical and analytical analysis of communicative situations, in particular of business writing. It is outlined that during the application of the case technology, the maximum autonomy of the students in the performance of certain tasks is allowed. Therefore, it is proposed to consider such technology in the context of independent work of students, namely within the limits of direct and indirect teacher's intervention into students' educational activities. During the research, we developed algorithms for the implementation of case-technology while teachers' direct and indirect intervention into the students' educational activities with cases solving. The teacher's flexible management (indirect teachers' intervention) is used in measures of maximally individual work of students with the provided cases of a certain topic. The teacher conducts general instruction, provides hints (upon request), gently monitors (if necessary) the process of completing the task assigned to the students. The strict management (direct teacher's intervention) of the teacher involves the step-by-step controlled performance of the task by the students and the continuous "presence" of the teacher during the working process with tasks and assignment.

Key words: lexical competence, prospective marketers, case-technology, direct and indirect intervention of teacher, algorithms implementation.

REFERENCES

1. Burdeniuk, H.M. (1992). *Upravlenye samostoiatelnoi uchebnoi deiatelnosti pri obuchenii inostrannym yazykam vzroslykh* [Management of self-directed learning activities in the study of foreign languages of adults]. (Doctor's Thesis), Kyshynev. [in Russian]
2. Dolhorukov, A. *Metod case-study kak sovremennaiia tekhnolohyia professyonalno-oryentirovannoho obucheniya* [The case-study method as a modern technology of professionally oriented training]. Retrieved from: <http://evolgov.net/case/case.study.html> (Last accessed: 10.09.2017).
3. Zhelizniak L.D. Retrieved from: http://osvita.ua/school/lessons_summary/edu_technology/31951/ (Last accessed: 03.07.2020).
4. Zadorozhna, I.P. (2015). *Rozvytok avtonomii studentiv movnykh spetsialnostei u protsesi vyvchenniia fakhovykh dystsyplin* [Development of autonomy of students of linguistic specialties in the process of professional disciplines studying]. Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriiia «Pedahohichni nauky». Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2015_131_16 (Last accessed: 12.07.2022).
5. Kamenskaia, L.S. (1999). *Nekotorye voprosy organizatsyi vneaudytornoii samostoiatelnoi roboty studentov pri kommunikativnom obuchenii inostrannomu yazyku v neiazikovom vuze* [Some questions of the organization of non-auditory independent work of students during communicative foreign language training in a non-language university]. *Sbornyk nauchnykh trudov MHLU* [Collection of the Scientific Papers of MHLU], vol. 437, pp. 33–42.
6. Kovalchuk, H.O. (2003). *Aktivizatsiia navchannia v ekonomichnii osviti: navchalnyi posibnyk. 2-he vyd., dopov.* [Activation of learning in economic education], 2-nd ed. Kyiv: KNEU. Pp. 298 s.
7. Nikolaieva, S.Yu. (ed.) (2013). *Metodyka navchannia inozemnykh mov i kultur: teoriia i praktyka: pidruchnyk dlia studentiv klasychnykh, pedahohichnykh i linhvistychnykh universytetiv* [Methodology of Teaching Foreign Languages and Cultures: Theory and Practice: a Textbook for Students of Classical, Pedagogical and Linguistic universities]. Kyiv: Lenvit, pp. 590 [in Ukrainian].
8. Mykytenko, N.O. (2012). *Teoriia i tekhnolohii formuvanniia inshomovnoi profesiinoi kompetentnosti maibutnikh fakhivtsiv pryrodnychoho profiliiu* [Theory and Technologies of Formation of Foreign Language Professional

Competence of Prospective Specialists of Natural Profile]. (Doctor's Thesis), Ternopil: Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University [in Ukrainian].

9. Mykhailova, E.A. (1999). *Keis y keis-metod* [Case and case method]. Moscow: Tsentr Mark. issled. i menezhd., p. 59.

10. Omelchenko, Ya.Ye. *Interaktyvni metody navchannia u vykladanni anhliiskoi movy studentamy humanitarnykh dystsyplin* [Interactive learning methods in teaching English by students of humanitarian disciplines]. Retrieved from: http://virtkafedra.ucoz.ua/el_gurnal/pages/vyp11/1/Omelchenko.pdf (Last accessed: 20.12.2021).

11. Riabets, I.V. (2014). *Vykorystannia keis-tekhnologii v protsesi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv iz zviazkiv z hromadskistiu u VNZ Ukrainy* [Use of case technology in the process of training of future specialists of public relations at higher educational institutions of Ukraine]. S. 116–118. Retrieved from: http://kafedra-psy.at.ua/materialy_konferencii_2014-maket.pdf (Last accessed: 16.02.2020).

12. Smolkin, A.M. (1991). *Metody aktivnogo obuchenia*. [Methods of active studying]. Moscow: Higher school, p. 176.

13. Surmin, Yu.P. (2005). *Metod analizu sytuatsii (Case study) ta yoho navchalni mozhlyvosti* [Method of analyzing

of situations (Case study) and its educational possibilities]. *Hlobalizatsiia i Bolonskyi protses: problemy i tekhnologii* [Globalization and the Bologna Process: problems and technologies]. Kyiv: MAUP, pp.71–82.

14. Tambovkyna, T.Yu. (1998). *K probleme avtonomii obuchaiuchikhsia inostrannomu yazyku v pedvuze* [To the problem of the autonomy of foreign language learners in a pedagogical university]. *Inostrannye yazyki v shkole*, p. 82.

15. Chorna, I.Yu. (2017). *Formuvannia u maibutnikh marketolohiv anhlovnoi leksychnoi kompetentnosti v pysmi zasobom keis-tekhnologii* [Formation of English lexical competence in written communication of prospective marketers by means of case-technology]. (PhD Thesis). Ternopil: Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University [in Ukrainian].

16. Chorna, I.Yu. (2017). *Formuvannia u maibutnikh marketolohiv anhlovnoi leksychnoi kompetentnosti v pysmi zasobom keis-tekhnologii* [Formation of English lexical competence in written communication of prospective marketers by means of case-technology]. (Extended abstract of PhD Thesis). Ternopil: Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University [in Ukrainian].

Стаття надійшла 10.05.2022

ВІСНИК

Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Випуск 2/2022 (133)

Коректура • Ірина Миколаївна Чудеснова

Комп'ютерна верстка • Олена Сергіївна Данильченко

Формат 60x84/8. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсет. Цифровий друк. Ум.-друк. арк. 26,04. Замов. № 0822/327. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.