

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка
Фізико-математичний факультет

ISSN 2413-1571 (print)
ISSN 2413-158X (online)

ФІЗИКО- МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА

Науковий журнал

Том 36, № 4

Суми – 2022

**Рекомендовано до видання вченою радою
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
(протокол №10 від 27.06.2022 р.)**

Редакційна колегія

М.П. Вовк	доктор педагогічних наук, старший науковий співробітник (Україна)
М.Гр. Воскоглу	доктор філософії, почесний професор математичних наук (Греція)
Т.Г. Дерека	доктор педагогічних наук, професор (Словацька республіка)
М.Г. Друшляк	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
Р.А. Зіатдінов	доктор педагогічних наук, професор (Південна Корея)
А.П. Кудін	доктор фізико-математичних наук, професор (Україна)
О.Ю. Кудріна	доктор економічних наук, професор (Україна)
О.О. Лаврентьева	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
Т.Ю. Осипова	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
М.В. Працьовитий	доктор фізико-математичних наук, професор (Україна)
Д.О. Сарфо	доктор педагогічних наук, професор (Гана)
О.В. Семеніхіна	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
О.М. Семенов	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
М.М. Солдатенко	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
В.І. Статівка	доктор педагогічних наук, професор (Китай)
І.Я. Субботін	доктор фізико-математичних наук, професор (США)
О.С. Чашечникова	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
О.В. Школьній	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
Т.Д. Лукашова	доктор фізико-математичних наук, доцент (Україна)
О.О. Пипка	доктор фізико-математичних наук, доцент (Україна)
В.О. Швець	кандидат педагогічних наук, професор (Україна)
А.М. Добровольська	кандидат фізико-математичних наук, доцент (Україна)
В.Г. Шамоня	кандидат фізико-математичних наук, доцент (Україна)

Ф45 Фізико-математична освіта : науковий журнал. Том 36, № 4. Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Фізико-математичний факультет ; редкол.: О.В. Семеніхіна (гол.ред.) [та ін.]. Суми : [СумДПУ ім. А.С. Макаренка], 2022. 80 с.

*Наказом МОН України №1412 від 18.12.2018 р. журнал
«Фізико-математична освіта» затверджено як **фахове
наукове видання категорії «Б»** у галузі педагогічних
наук (13.00.02 – математика, фізика, інформатика;
13.00.10) і за спеціальностями 011, 014, 015.*

Журнал індексуються наукометричною базою **Index Copernicus Journals Master List**

Автори статей несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Висловлені авторами думки можуть не співпадати з точкою зору редакції.

**УДК 53+51]:37(051)
DOI 10.31110/2413-1571**

© СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2022

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Makarenko Sumy State Pedagogical University
Physics and Mathematics Faculty**

**ISSN 2413-1571 (print)
ISSN 2413-158X (online)**

PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION

Scientific Journal

Vol. 36, № 4

Sumy – 2022

**Recommended for publication of the Academic Council
of Makarenko Sumy State Pedagogical University
(protocol №10 from 27.06.2022)**

Editorial Board

M.P. Vovk	Doctor of Pedagogical Sciences, Senior Research Fellow (Ukraine)
M.Gr. Voskoglou	Doctor of Philosophy, Professor Emeritus of Mathematical Sciences (Greece)
T.H. Dereka	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Slovak Republic)
M.G. Drushlyak	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
R.A. Ziatdinov	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (South Korea)
A.P. Kudin	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (Ukraine)
O.Yu. Kudrina	Doctor of Economic Sciences, Professor (Ukraine)
O.O. Lavrentjeva	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
T.Yu. Osyova	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
M.V. Pratsiovytyi	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (Ukraine)
J.O. Sarfo	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ghana)
O.V. Semenikhina	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
O.M. Semenog	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
M.M. Soldatenko	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
V.I. Stativka	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (China)
I.Ya. Subbotin	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (USA)
O.S. Chashechnykova	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
O.V. Shkolnyi	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
T.D. Lukashova	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor (Ukraine)
O.A. Pypka	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor (Ukraine)
V.O. Shvets	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Professor (Ukraine)
A.M. Dobrovol'ska	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Associate Professor (Ukraine)
V.G. Shamonia	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Associate Professor (Ukraine)

F 45 Physical and Mathematical Education : Scientific Journal. Vol. 36, № 4. Makarenko Sumy State Pedagogical University, Physics and Mathematics Faculty ; O.V. Semenikhina (chief editor). Sumy : [Makarenko Sumy State Pedagogical University], 2022. 80 p.

The authors of the articles are responsible for the authenticity of the information (the accuracy of the presented information in the article, quotations, statistical materials, etc.) and for the violation of intellectual property rights of others.

Opinions expressed by the authors may not reflect the views of the editors.

**UDC 53+51]:37(051)
DOI 10.31110/2413-1571**

ЗМІСТ

Биков В., Буров О., Лупаренко Л., Пінчук О., Яцишин А.	7
КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ «УКРАЇНСЬКОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ЕНЦИКЛОПЕДІЇ ОСВІТИ» .	7
Ботузова Ю., Нічишина В., Ріжняк Р.	16
НАСТУПНІСТЬ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ У ШКОЛІ	
ТА ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ: КОНТЕКСТ ІНТЕГРАТИВНОГО ПІДХОДУ	16
Глазунова О., Саяпіна Т., Корольчук В.	26
ПРОФЕСІЙНІ СЕРВІСИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ЕКОНОМІСТІВ:	
ДУМКА ЕКСПЕРТІВ	26
Гонгало Н.	32
РЕАЛІЗАЦІЯ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ	
З ВИКОРИСТАННЯМ MS EXCEL	32
Деордіца Т., Вороніна М., Єпіфанова О., Толмачов В.	38
СВІДОМА МНЕМІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ У НАВЧАННІ: ДОСВІД СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ПРИЙОМІВ	38
Кузьменков С.	46
БЕЗРОЗМІРНІ ФУНДАМЕНТАЛЬНІ КОНСТАНТИ ФІЗИКИ: ВИЗНАЧЕННЯ І АНАЛІЗ	46
Лобода В.	51
МОДЕЛЬ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ ДО ВИКОРИСТАННЯ	
BYOD-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	51
Лукашова Т., Друшляк М., Хворостіна Ю.	57
РОЗВИТОК SOFT SKILLS У МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ПРИ ВИВЧЕННІ ТЕМИ	
«ДІОФАНТОВІ РІВНЯННЯ»	57
Працьовитий М., Требенко О., Школьний О., Гончаренко Я.	64
ДУАЛЬНА ОСВІТА ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОЇ ЯКОСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ	
ВЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ В СУЧАСНІЙ УКРАЇНІ	64
Семеног О., Буртовий Р., Юрченко А.	70
РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ МОРСЬКИХ	
ОФІЦЕРІВ В УМОВАХ НЕФОРМАЛЬНОЇ ОСВІТИ: СУТНІСТЬ КЛЮЧОВИХ ПОНЯТЬ	70

CONTENTS

Bykov V., Burov O., Luparenko L., Pinchuk O., Iatsyshyn A.	7
CONCEPTUAL PRINCIPLES OF THE CREATION OF THE "UKRAINIAN ELECTRONIC ENCYCLOPEDIA OF EDUCATION"	7
Botuzova Yu., Nichyshyna V., Rizhniak R.....	16
CONTINUITY OF TEACHING METHODS FOR SOLVING MATHEMATICAL PROBLEMS IN SCHOOLS AND UNIVERSITY: THE CONTEXT OF THE INTEGRATIVE APPROACH	16
Glazunova O., Saiapina T., Korolchuk V.....	26
PROFESSIONAL SERVICES AND TOOLS FOR THE TRAINING OF THE FUTURE ECONOMICS: EXPERT OPINION.....	26
Honhalo N.	32
IMPLEMENTATION OF CROSS-DISCIPLINARY RELATIONS IN THE LEARNING PROCESS HIGHER MATHEMATICS USING MS EXCEL	32
Dieorditsa T., Voronina M., Yepifanova O., Tolmachov V.	38
CONSCIOUS MNEMIC ACTIVITY IN LEARNING: EXPERIENCE IN SYSTEMATIZING OF TECHNIQUES....	38
Kuzmenkov S.....	46
DIMENSIONLESS FUNDAMENTAL CONSTANTS OF PHYSICS: DEFINITION AND ANALYSIS	46
Loboda V.	51
MODEL OF TRAINING FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS TO USE THE BYOD-TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL ACTIVITY	51
Lukashova T., Drushlyak M., Khvorostina Yu.....	57
DEVELOPMENT OF PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS' SOFT SKILLS STUDYING THE TOPIC "DIOPHANTINE EQUATIONS"	57
Pratsiovytyi M., Trebenko O., Shkolnyi O., Goncharenko Ya.....	64
DUAL EDUCATION AS A MEAN OF ENSURING PROPER QUALITY OF PROFESSIONAL TRAINING OF MATHEMATICS TEACHERS IN MODERN UKRAINE	64
Semenog O., Burtovy R., Yurchenko A.	70
DEVELOPMENT OF INFORMATION AND DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE MARINE OFFICERS IN THE CONDITIONS OF INFORMAL EDUCATION: THE ESSENCE OF KEY CONCEPTS.....	70

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-001

УДК 004.738.5:34(477)(031.034.2):004.45

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ «УКРАЇНСЬКОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ЕНЦИКЛОПЕДІЇ ОСВІТИ»

Валерій БИКОВ

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
valbykov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5890-6783>

Олександр БУРОВ

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
burov.alexander@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0733-1120>

Лілія ЛУПАРЕНКО ✉

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
lisoln1@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4500-3155>

Ольга ПІНЧУК

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
opinchuk100@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2770-0838>

Анна ЯЦИШИН

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
anna13.00.10@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8011-5956>

CONCEPTUAL PRINCIPLES OF THE CREATION OF THE "UKRAINIAN ELECTRONIC ENCYCLOPEDIA OF EDUCATION"

Valeriy BYKOV

Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Ukraine
valbykov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5890-6783>

Oleksandr BUROV

Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Ukraine
burov.alexander@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0733-1120>

Liliya LUPARENKO ✉

Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Ukraine
lisoln1@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4500-3155>

Olga PINCHUK

Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Ukraine
opinchuk100@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2770-0838>

Anna IATSYSHYN

Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Ukraine
anna13.00.10@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8011-5956>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. У науково-освітньому просторі України досі не існує єдиної спеціалізованої галузевої цифрової науково-освітньої інформаційно-довідкової системи, що містила б у вільному доступі енциклопедичні науково достовірні й сучасні тлумачення термінології педагогіки й психології. З огляду на це, особливої актуальності набуває проектування та впровадження вітчизняної веборієнтованої енциклопедії освіти.

Матеріали і методи. Для досягнення мети статті було здійснено аналіз науково-методичної та науково-технічної літератури, нормативно-правової документації, чинних вітчизняних і міжнародних стандартів з досліджуваної проблематики; узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду використання веборієнтованих енциклопедій у науково-педагогічній діяльності.

Результати. У статті описано цілі, завдання, нормативно-правове підґрунтя створення відкритої «Української електронної енциклопедії освіти». Коротко описано потенційну цільову аудиторію, учасників, характеристики і принципи створення цифрового довідкового ресурсу, типи статей і вимоги до них, технічну та дизайн-концепції. Розглянуто структуру і функціонал сайту, характеристики засобів пошуку даних, ергономічні вимоги та етапи реалізації проекту.

Висновки. Проектована інтернет платформа дозволить зібрати на єдиному ресурсі значний за обсягом поняттєво-термінологічний апарат педагогіки і психології. Вона репрезентуватиме найсучасніші знання з наук про освіту в зручному для користування форматі, що відповідає розвитку цифрових технологій та враховує потреби різних категорій користувачів. У ній будуть представлені найвідатніші освітяни, педагоги та психологи; інтерпретовані явища, поняття та терміни; описано вплив різних інституцій, закладів вищої освіти та організацій на розвиток освіти і психології; відображено розвиток поглядів на освіту, виховання та психологію та динаміку наукових уявлень у цих галузях знань.

ABSTRACT

Formulation of the problem. In the scientific and educational space of Ukraine, there is still no single specialized branch digital scientific and educational information and reference system, which would contain freely available encyclopedic scientifically reliable and modern interpretations of the terminology of pedagogy and psychology. In view of this, the design and implementation of the national web-oriented educational encyclopedia becomes especially relevant.

Materials and methods. To achieve the goal of the article, an analysis of scientific-methodical and scientific-technical literature, regulatory and legal documentation, current national and international standards on the studied issues was carried out; generalization of domestic and foreign experience of using web-oriented encyclopedias in scientific and pedagogical activities.

Results. The article describes the goals, objectives, regulatory and legal basis for the creation of the open "Ukrainian electronic encyclopedia of education". The potential target audience, participants, characteristics, and principles of creating a digital reference resource, types of articles and requirements for them, technical and design concepts are briefly described. The structure and functionality of the site, characteristics of data search tools, ergonomic requirements and stages of project implementation are considered.

Conclusions. The designed Internet platform will allow collecting on a single resource a significant conceptual and terminological apparatus of pedagogy and psychology. It will represent the most modern knowledge of educational sciences in a user-friendly format that corresponds to the development of digital technologies and considers the needs of different categories of users. It will feature the most outstanding educators, pedagogues, and psychologists; interpreted phenomena, concepts, and terms; the influence of various institutions, institutions of higher education and organizations on the development of education and psychology is described; the development of views on education, upbringing and psychology and the dynamics of scientific ideas in these fields of knowledge are reflected.

Для цитування:

Биков В., Буров О., Лупаренко Л., Пінчук О., Яцишин А. Концептуальні засади створення «Української електронної енциклопедії освіти». *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 7-15. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-001

Bykov, V., Burov, O., Luparenko, L., Pinchuk, O., & Yatsyshyn, A. (2022). Conceptual principles of the creation of the "Ukrainian electronic encyclopedia of education". *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 7-15. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-001>

For citation:

Bykov, V., Burov, O., Luparenko, L., Pinchuk, O., & Iatsyshyn, A. (2022). Conceptual principles of the creation of the "Ukrainian electronic encyclopedia of education". *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 7-15. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-001>

Bykov, V., Burov, O., Luparenko, L., Pinchuk, O., & Iatsyshyn, A. (2022). Kontseptualni zasady stvorennia «Ukrainskoi elektronnoi entsyklopedii osvity» [Conceptual principles of the creation of the "Ukrainian electronic encyclopedia of education"]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 7-15. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-001>

✉ Corresponding author

© V. Bykov, O. Burov, L. Luparenko, O. Pinchuk, A. Iatsyshyn, 2022

КЛЮЧОВІ СЛОВА: енциклопедія; веборієнтована енциклопедія; концептуальні засади; поняттєво-термінологічний апарат; освіта.

KEYWORDS: encyclopedia; web-oriented encyclopedia; conceptual principles; conceptual and terminological apparatus; education.

ВСТУП

Постановка проблеми. Енциклопедичні видання – це результат прагнення людства до вичерпного та універсального викладу науково-філософського знання в системній і довговічній формі.

Активні процеси цифрової трансформації освіти та експоненціальне зростання наукових даних у XXI ст. сприяли тенденції до суттєвих змін у тлумаченні ustalених дефініцій, їх періодичного уточнення та появи нової термінології. Як наслідок, постала потреба у вирішенні проблеми формування, систематизації, уніфікації й актуалізації поняттєво-термінологічного апарату всіх галузей знань, зокрема й психолого-педагогічних наук. Умови військового стану в Україні та передуючі їм події пандемії COVID-19 актуалізували проблему забезпечення здобувачів освіти та вчених якісною науковою, навчальною і довідковою продукцією, що дозволила б максимально задовольнити їхні освітні та дослідницькі потреби.

Інтернет-платформи з дистанційним доступом до освітнього контенту надають змогу забезпечення експертно вивіреною довідковою продукцією широкого кола користувачів, у першу чергу освітян, психологів та науковців, які в наслідок військових дій втратили доступ до традиційних джерел знань та енциклопедичних видань. У процесі активної інтеграції вітчизняної науки і освіти в європейський простір такий інструмент забезпечення цифрової культури суб'єктів науково-освітньої діяльності дозволить синхронізувати вітчизняну термінологічну базу із зарубіжними відповідниками дефініцій і тлумачень, принципово наблизити їх семантичний контекст.

З метою осучаснення ustalених наукових відомостей протягом останніх десятиліть вчені активно використовують цифрові технології для подання в електронній формі вже існуючих баз знань, створених початково як паперові. Веборієнтовані енциклопедії нині є потужним інформаційним ресурсом, покликаним забезпечити користувачів релевантними і актуальними відомостями. Ці відомості є не обмеженими в обсягах та за видами презентованої інформації, передбачають наявність гіперпосилань, як зовнішніх так і внутрішніх, використовують мультимедійний контент (віртуальні музеї, 3D-тури, аудіокниги), фотогалереї та іконографічні матеріали (фотодокументи, ілюстрації), відеоматеріали (документальні та і документально-постановочні фільми), біографічні документи листування, уможливають інтеграцію із соціальними мережами і календарем, підтримують стрічки новин, коментування і обговорення статей, та дозволяють редагувати застарілий контент.

До основних переваг, що надають такі ресурси освітянам, можна віднести безкоштовний доступ до науково-достовірних енциклопедичних знань, швидкий і зручний пошук по сайту й тексту завдяки системі навігації та гіперпосиланням, можливість цитування й обміну посиланнями на статті, копіювання та виведення на друк потрібного тексту, можливість створення власних підбірок та редагування статей інших авторів у енциклопедіях із відкритим доступом. Передбачається, що впровадження веборієнтованих енциклопедій матиме значний потенціал для підвищення ефективності проведення науково-педагогічних досліджень. Однак, попередньо здійснений аналіз теорії та наявних зразків електронних енциклопедій виявив, що у науково-освітньому просторі України досі не існує єдиної спеціалізованої галузевої цифрової науково-освітньої інформаційно-довідкової системи, що містила б у вільному доступі енциклопедичні науково достовірні й сучасні тлумачення термінології педагогіки й психології. З огляду на це, особливої актуальності набуває проектування та впровадження вітчизняної веборієнтованої освітянської енциклопедії.

Аналіз актуальних досліджень. У низці праць провідних вчених-енциклопедистів ґрунтовно висвітлено проблеми підготовки таких ресурсів, зокрема методичні й організаційні засади створення українських енциклопедій (Черниш, 2012; Железняк та ін., 2015), моделювання та розроблення електронних енциклопедичних видань (Жежнич & Гірняк, 2013) програмні та функціональні особливості цього процесу (Андон та ін., 2020), редакторська підготовка енциклопедичних текстів (Киридон та ін., 2017). Деякі питання проектування та використання веборієнтованих освітніх енциклопедій висвітлено також у зарубіжних наукових пацях (Tripathi et al., 2009; Limongelli et al., 2015; Ingawale, et al., 2009; Snyder, 2010).

Метою статті є визначення попередніх умов проектування, базових сервісів і основних компонентів створення «Української електронної енциклопедії освіти» (УЕЕО), організаційних засад створення і адміністрування, а також основних підходів щодо формування її інформаційних ресурсів.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення мети статті було здійснено аналіз науково-методичної та науково-технічної літератури, нормативно-правової документації, чинних вітчизняних і міжнародних стандартів з досліджуваної проблематики; узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду використання веборієнтованих енциклопедій у науково-педагогічній діяльності.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Місія проекту полягає у розробленні інформаційної аналітично-пошукової довідкової системи «Українська електронна енциклопедія освіти» для формування, систематизації, уніфікації й підтримувannya в актуальному стані поняттєво-термінологічного апарату педагогіки і психології. Основне завдання полягає у проектуванні та розробленні впродовж 2021–2023 років інтернет платформи «Українська електронна енциклопедія освіти», що забезпечуватиме формування і підтримувannya в актуальному стані поняттєво-термінологічний апарат педагогіки і психології. Створення такого продукту дозволить:

- зберегти, узагальнити, систематизувати й поширити наукові знання про педагогіку і психологію;
- досягти якісно нового рівня релевантності, повноти й оперативності задоволення інформаційних потреб науковців і освітян з метою підвищення якості педагогічних і психологічних досліджень та освітнього процесу в цілому;

– оперативно і найбільш повно інформувати вітчизняну та світову наукову громадськість про результати наукових досліджень і розробок, що здійснені і здійснюються в установах НАПН України та закладах освіти України, а також про результати їх впровадження в освітню практику;

– найбільш ефективно використати можливості сучасних цифрових технологій для популяризації вітчизняної педагогічної і психологічної науки та її інтеграції у європейський простір.

Створення «Української електронної енциклопедії освіти» виконується відповідно до Пріоритетних напрямів (за тематикою) наукових досліджень та науково-технічних (експериментальних) розробок Національної академії педагогічних наук України (НАПН України), визначених на 2018–2022 рр., та Постанови Президії НАПН України «Про затвердження прикладного наукового дослідження за тематикою НАПН України та кадрове і фінансове забезпечення його виконання» від 01 лютого 2021 року № 1-2/2-14.

На законодавчому рівні актуальність розробки підтверджено п.2 ст.3 Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» від 01.02.22 № 2031-ІХ; Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 03.03.21 р. № 167 «Про схвалення Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації»; Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 09.12.21 р. № 1687 «Про затвердження плану заходів на 2021–2023 роки з реалізації Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року».

Використання УЕЕО передбачається з урахуванням комплексу нормативних документів, що визначатимуть порядок взаємодії різних категорій користувачів платформи УЕЕО, їх права та обов'язки, зокрема, регламентуватимуть порядок вирішення спірних питань щодо авторського права й інших форм інтелектуальної власності (Закон України «Про авторське право і суміжні права»), конфіденційності персональних даних користувачів (General Data Protection Regulation), ліцензування опублікованого контенту (ліцензії Creative Commons), його поширення у відкритому доступі (Budapest Open Access Initiative), конфлікту інтересів і попередження плагіату (Committee on Publication Ethics Guidelines) та ін.

Цільова аудиторія УЕЕО орієнтована на максимально широку вітчизняну та зарубіжну україномовну читацьку аудиторію, зокрема, можна виділити такі групи її користувачів:

- 1) наукові та науково-педагогічні працівники закладів освіти різних рівнів та наукових установ;
- 2) аспіранти, докторанти і здобувачі наукових ступенів у галузі знань 01 «Освіта/Педагогіка» та 05 «Соціальні та поведінкові науки» (053 «Психологія»);
- 3) науково-педагогічні і педагогічні (методисти) працівники системи післядипломної педагогічної освіти;
- 4) вихователі, вчителі;
- 5) керівні кадри закладів освіти та працівники органів управління освіти і науки;
- 6) студенти закладів вищої освіти (ЗВО) та коледжів педагогічних та психологічних спеціальностей;
- 7) практичні психологи.

Відповідальним виконавцем проекту є *Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України* (ІЦО НАПН України) (<https://iitlt.gov.ua>) – провідна установа з науково-методичного забезпечення інформатизації освіти та педагогічної й психологічної науки в Україні, діяльність якої спрямована на проведення фундаментальних і прикладних досліджень щодо розв'язання актуальних теоретико-методологічних і науково-методичних проблем створення, впровадження та застосування програмних і технічних засобів навчання та інформаційно-комунікаційних технологій в освіті. До участі в проєкті на договірних засадах можуть бути залучені інші наукові інституції НАПН та ЗВО України, Національної академії наук України, фірми і компанії бізнесу.

Основу авторського колективу УЕЕО складатимуть фахівці Національної академії педагогічних наук України. До написання статей, редагування і наповнення новим контентом залучатимуться провідні фахівці в галузі педагогіки та психології, члени спільних науково-дослідних лабораторій Інституту цифровізації освіти, наукові та науково-педагогічні працівники закладів вищої педагогічної освіти України. У перспективі, передбачається залучити потенціал вчених, що працюють поза межами України, зокрема іноземних фахівців у галузі педагогіки і психології з європейських університетів та дослідних установ.

Оскільки УЕЕО міститиме широкий спектр даних та ідей в галузях освіти і психології, а також достовірну інформацію, необхідну для проєктування і виконання різноманітних програм освітнього напрямку, вона може стати потужним джерелом відомостей для прийняття державних рішень. З огляду на це, можлива співпраця із законотворчими та виконавчими структурами різних рівнів, органами державної виконавчої влади та місцевого самоврядування, засобами масової інформації, іноземними та вітчизняними фондами фінансування наукових досліджень, освітянськими об'єднаннями та дослідницькими асоціаціями, національними галузевими академіями наук та ЗВО.

Ґрунтуючись на ознаках, наведених у ДСТУ 3017–95 «Видання. Основні види. Терміни та визначення», УЕЕО можна вважати:

- за характером інформації – спеціалізованою галузевою;
- за цільовим призначенням – науковою;
- за читачьким призначенням – адресованою фаховому читачу;
- за структурою основного тексту – змішаного типу (алфавітно-систематичною);
- за обсягом – великою;
- за форматом – цифровою, веборієнтованою.

Проєктування галузевих енциклопедичних видань вимагають ґрунтовного вивчення світового історичного досвіду їх творення, врахування традицій і сучасних концептів розвитку. Підґрунтям розроблення УЕЕО є значний досвід роботи науковців НАПН України над друкованим виданням «Енциклопедії освіти» 2008 р. та 2021 р. років, матеріали якої можуть бути критично використані. Підготовка УЕЕО відбувається з урахуванням кращих практик енциклопедичної справи, методичних рекомендацій фахівців Державної наукової установи «Енциклопедичне видавництво» та Інституту енциклопедичних досліджень НАН України, а також досвіду створення вітчизняних універсальних і галузевих

енциклопедій, серед яких «Велика українська енциклопедія», «Енциклопедія Сучасної України», «Українська бібліотечна енциклопедія», «Енциклопедія історії України» та ін.

У процесі створення «Української електронної енциклопедії освіти» мають бути враховані наступні принципи, що відображають специфіку системи та її функціональне призначення:

- *адаптивність* – властивість автоматизованої системи змінюватися для збереження свого функціонального призначення;

- *масштабованість* – легкість підключення до неї додаткових розподілених ресурсів, простота в управлінні та забезпечення їх функціонування без втрати продуктивності.

- *демократичність* – забезпечення рівних можливостей читачів УЕЕО до отримання довідкових відомостей і даних;

- *доступність* – забезпечення безкоштовного безперебійного онлайн доступу до платформи і ресурсів для всіх користувачів 24/7;

- *науковість* – розміщені на платформі енциклопедичні статті мають бути підготовлені та експертно вивірені, вченими практиками-освітянами чи психологами;

- *цілісність* – систематизований інформаційний довідковий ресурс створюється за принципом цілісності масиву взаємопов'язаних статей, що доповнюють та розвивають одна одну;

- *централізованість* – організація і зберігання інформаційних ресурсів за принципом централізованої бази даних;

- *функціональна стандартизація* – узгодження використовуваних стандартів з прийнятими міжнародними стандартами організації і підтримання електронних енциклопедій;

- *принцип відкритих систем* – створення середовища, яке містить програмні, апаратні засоби, сервіси зв'язку, інтерфейси, формати даних та протоколи, що підтримують доступні й загально визнані стандарти та забезпечують перенесення даних, взаємодію і масштабованість додатків;

- *відповідність сучасному рівню розвитку цифрових технологій* – основні проектні рішення створення створення УЕЕО ґрунтуються на використанні сучасного програмного забезпечення MediaWiki та засадах технології SemanticWeb;

- *розвиненість пошукових засобів* – можливості використання різних пошукових механізмів (за ключовими словами, абеткою, тематичною категорією); здійснення пошуку різними мовами; достатня повнота семантичної моделі для знаходження максимально відповідних результатів (статей); подання різнорідних відомостей і даних у зручному для кінцевого користувача вигляді.

- *захист даних* – комплекс заходів технічного та організаційного характеру, спрямованих на захист від кіберзагроз та втрати відомостей, що дозволяють ідентифікувати фізичну особу.

Змістове наповнення інформаційної аналітично-пошукової системи складають статті науково-освітнього спрямування, що розкривають поняттєво-термінологічний апарат педагогіки і психології.

Основними критеріями добору змісту, що покладаються в основу формування цього енциклопедичного видання є наступні:

- *актуальність* – необхідність систематизації та узагальнення сучасних знань у галузі освіти, педагогіки і психології;

- *вичерпність* – максимальне всебічне розкриття в лаконічній формі сутності основних понять;

- *науковість* – достатня обґрунтованість змісту кожної статті, що має бути виваженим, збалансованим, вичерпним, ґрунтуватися на самокритичності і водночас не містити другорядних, несуттєвих деталей;

- *достовірність, доказовість, обґрунтованість* – ступінь точного, об'єктивного відображення поняттєво-термінологічного апарату, подій, фактів, явищ, що мали місце у вітчизняній педагогічній й психологічній науці та освітній практиці;

- *динамічність* – політика актуалізації, оновлення і розвитку освітнього поняттєво-термінологічного апарату;

- *систематичність* – подання відомостей у систематизованій формі, з урахуванням закономірностей, взаємозв'язків та взаємообумовленості речей і явищ.

Енциклопедія буде формуватися за такими тематичними розділами:

1. **Освіта** – статті, що описують загальні поняття, процеси, явища освіти або її часткові проблеми за рівнями та напрямками «Дошкільна освіта», «Початкова освіта», «Середня освіта», «Професійна освіта», «Вища освіта», «Післядипломна освіта», «Освіта впродовж життя», «Управління освітою», а також питання, що стосуються суб'єктів освітньої діяльності.

2. **Психологія** – статті, що описують загальні поняття, процеси, явища психології або її часткові проблеми за напрямками «Загальна психологія», «Психологія розвитку», «Педагогічна психологія», «Спеціальна психологія», «Історична психологія», «Соціальна психологія», «Політична психологія», «Гендерна психологія», «Гуманістична психологія», «Психологія праці», а також питання, що стосуються суб'єктів психологічної діяльності.

3. **Наука** – статті, що описують загальні поняття, процеси, явища та часткові проблеми науково-дослідної діяльності в галузі освіти і психології, а також суб'єкти наукової діяльності, наукові школи, види наукових праць та ін.

4. **Персоналії** – біографічні статті про видатних педагогів, психологів, науковців, державних і громадських діячів в галузі освіти та психології;

5. **Організації** – статті про заклади освіти всіх рівнів, наукові установи, державні установи в системі освіти, бібліотеки, дослідницькі мережі і центри, лабораторії, міжнародні асоціації та громадські організації, товариства, фундації.

6. **Документи** – статті, що описують основні нормативні документи в галузі освіти і психології: закони, нормативно-правові акти, накази, постанови, рішення, розпорядження, положення, стандарти, концепції, програми.

7. **Видання** – відомості про провідні фахові видання, науково-популярні видання, довідкові видання, значимі монографії та збірники наукових праць в галузі освіти і психології.

8. **Події** – дані про освітні з'їзди, конгреси, симпозіуми, форуми, конференції, наукові семінари, педагогічні читання, круглі столи, виставки та ін.

9. **Цифровізація освіти** – медіаконтент, електронні освітні ресурси, основні дані про цифрові технології підтримки наукової діяльності, управління освітою та психології.

Статті основних тематичних розділів будуть доступні читачеві з головної сторінки сайту у вигляді галереї категорій. Кожна стаття може одночасно належати декільком категоріям.

Типи статей, передбачені в УЕЕО:

– *статті-огляди*, що розгорнуто висвітлюватимуть найважливіші питання педагогічної і психологічної науки, присвячені певній особі, організації чи виданню, що міститимуть історичні екскурси, статистичні відомості, списки рекомендованих джерел та не обмежені за обсягом;

– *статті-довідки*, що окреслюватимуть вузьчі, конкретніші теми, висвітлюватимуть здебільшого сучасний стан питання без історичних екскурсів, не завжди супроводжуються списками рекомендованої літератури;

– *статті-дефініції*, що стисло тлумачитимуть вказаний у заголовку термін та міститимуть етимологічну довідку слів іншомовного походження;

– *статті-відсилання*, що спрямовуватимуть читача до іншої статті за допомогою перехресних гіперпосилань та матимуть допоміжне значення.

За об'єктом опису матеріали енциклопедії також можуть належати до таких основних типів, як біографічна стаття, стаття про установу, стаття про нормативний документ, стаття про видання, стаття про подію/захід, стаття про наукову школу, відзнаку та ін.

Допоміжний апарат буде включати алфавітні покажчики за автором та категорією, списки використаних джерел на сторінках кожної статті, модуль оформлення бібліографічного опису статті за різними стилями (ДСТУ, APA, IEEE), посилання на подібні та популярні статті, показники статистики використання.

На початковому етапі функціонування енциклопедії, наповнення електронними статтями здійснюватиметься за принципом централізованого введення документів. Лише певний користувач або група користувачів з установи, що підтримує УЕЕО, матимуть право вносити документи. Оскільки матеріали статей мають бути експертно вивіреними, на початковому етапі формування енциклопедії публічне депонування і редагування енциклопедичних статей не передбачається.

Після того, як буде досягнуто 100% опублікування онлайн наявних підготовлених матеріалів, можна перейти до розподіленого внесення нового контенту відповідальними за тематичні розділи особами. У цьому випадку відповідальний редактор централізовано перевіряє коректність внесених ресурсів, публікує їх онлайн та здійснює інформаційно-аналітичний моніторинг, зокрема фіксує показники їх використання (напр. в Google Analytics) та цитувань в наукометричних базах даних (напр. в Google Scholar). Така модель якнайкраще задовольнятиме потребам організацій зі складною ієрархічною структурою (наукові установи, ЗВО та ін.), де формуватимуться колекції освітніх довідкових статей різного тематичного спрямування.

«Українська електронна енциклопедія освіти» буде реалізована як вікі-ресурс на базі надійної безкоштовної багатомовної програмної платформи MediaWiki, що поширюється у відкритому доступі за ліцензією GNU. Завдяки підтримці цього програмного продукту широкою спільнотою користувачів, існує можливість розширення і налаштування конкретного енциклопедичного проекту шляхом підключення значної кількості плагінів, що відповідатимуть окресленим вимогам до функціоналу. Зокрема, використання плагіну Semantic MediaWiki дозволить організувати поняттєво-термінологічний апарат енциклопедії як розподілену базу знань.

Дизайн-концепція освітнього інформаційно-довідкового продукту визначає такі вимоги, як стримана колірна гама, читабельні шрифти, якісне відтворення контенту вебсторінок на екрані, використання зображень, аудіо- та відеоелементів, зміст яких не порушує етичних норм.

За необхідності передбачається можливість вбудовування таблиць, діаграм, фотогалерей та іконографічних матеріалів (фотодокументів, ілюстрацій), відеоматеріалів (документальних і документально-постановочних фільмів), мультимедійного контенту (віртуальні музеї, 3D-тури, аудіокниги), біографічних документів як безпосередньо на сторінки статей, так і відповідні посилання на сторонні ресурси.

Структура і функціонал сайту енциклопедії передбачатиме наявність галереї тематичних розділів, блоку реєстрації та входу, пошуковий інструментарій, можливості зміни мови інтерфейсу та окремої статті, а також закладки:

– «*Про проект*» – основні відомості про цілі, історію створення та розвитку проекту, відомості про редакторів, нормативно-правову базу функціонування, політику конфіденційності даних, положення про відкритий доступ, конфлікт інтересів та попередження плагіату, навчальні матеріали для користувачів, запитання і відповіді;

– «*Абетка*» – цифровий та алфавітний покажчики статей за кирилицею і латиницею;

– «*Автори*» – алфавітний покажчик за прізвищами авторів;

– «*Контакти*» – відомості про Інститут ІЦО НАПН України, телефон, адресу, вебсайт, електронну пошту, графік роботи та форму зворотного зв'язку.

Інформація, розміщена на сайті, поділятиметься на *загальнодоступну* відкриту для всіх користувачів (супровідні матеріали, опубліковані статті) та інформацію *особистого кабінету користувача* (напр., сторінок редактора).

Користувачів сайту можна поділити на 2 види відповідно до наданих їм прав доступу:

– *неавторизовані користувачі* – мають доступ тільки до загальнодоступної частини сайту;

– *zareєстровані й авторизовані користувачі* – мають доступ як до загальнодоступної частини сайту, так і до адміністративної частини відповідно до наданого їм рівня прав доступу (т. зв. особистого кабінету користувача з історією редакційних дій).

Функціонально сайт має являти собою інтерфейс платформи, що надає змогу користувачам у межах визначених дозволів читати, завантажувати, описувати, рецензувати та редагувати енциклопедичні статті наукової педагогічної та психологічної тематики. Додатково будуть передбачені можливості формування користувачем власних добірок статей та запропонувати редакції новий термін (або правки до існуючих).

Оскільки УЕЕО буде створена за принципом побудови бази знань, користувачі матимуть змогу здійснювати пошук статей за:

- *ключовими словами* – за назвою статті або за її початковими літерами через рядок пошуку на головній сторінці та сторінках статей;
- *тематичним розділом* – за категоріями та підкатегоріями в тематичних розділах через галерею на головній сторінці;
- *абетковим і цифровим покажчиком* через закладку головного меню.

Адміністрування платформи включатиме такі функції, як розгортання й налаштування програмного забезпечення MediaWiki на сервері; підключення додаткових функціональних модулів, зокрема Semantic MediaWiki; надання користувачам прав доступу; забезпечення цілісності й безпеки даних УЕЕО; моніторинг роботи платформи і підтримка її функціонування на належному рівні; інтеграція платформи з іншими системами інформаційного обслуговування користувачів.

Процес проектування системи будь-якого призначення має охоплювати усі етапи її життєвого циклу, починаючи від концепції побудови, функціонування та розвитку, і далі: реалізацію та впровадження; використання; технічне обслуговування та підтримку до виведення з експлуатації. З огляду на це створення «Української електронної енциклопедії освіти» доцільно виконувати з урахуванням таких ергономічних вимог, як продуктивність, легкість і простота використання, гнучкість (можливість змінювати, додавати, розширяти), здатність до взаємодії, цілісність.

Оскільки веборієнтовані енциклопедії, як засіб навчання, є системами «людина-техніка-середовище», доцільно розширити цей список такими ергономічними властивостями, як (Лупаренко Л.А., Пінчук О.П. & Буров О.Ю., 2022):

1) *опановуваність* – закладені в засобі навчання та експлуатаційній документації можливості якнайшвидшого його освоєння (оволодіння необхідними компетентностями, знаннями, уміннями і навичками управління та обслуговування);

2) *обслуговуваність* – відповідність конструкції засобу навчання (або окремих його елементів) оптимальній психофізіологічній структурі користувачів та процесу діяльності з експлуатації, обслуговування та ремонту (відновлення функцій) цього засобу;

3) *керованість* – відповідність заданим вимогам до засобу навчання та якості діяльності з управління людиною оптимальними, тонічними, швидкісними й надійними параметрами засобу;

4) *життєздатність* – відповідність умов функціонування засобу навчання біологічно оптимальним параметрам робочого середовища, що забезпечує людині нормальний розвиток, здоров'я та високу працездатність;

5) *життєстійкість* (в системах управління) – когнітивна стійкість до кіберзагроз, відновлюваність функціонування усіх елементів системи в цілому після припинення дії дестабілізуючого або руйнівного фактору.

У вирішенні питань гармонізації можливостей людини та інформаційного середовища, проблемам оцінювання небезпеки інформації для життя і діяльності людини та можливостей захисту або пом'якшення негативного впливу її дії варто приділити особливу увагу.

Особливістю електронних засобів освітнього призначення є те, що вони не втрачають своєї системної корисності. Натомість, можуть швидко змінюватись, зокрема потребують актуалізації та оцінювання достовірності контенту відповідно до чинних наукових даних і вимог суспільства. З огляду на динамічність появи нового та коригування існуючого поняттєво-термінологічного апарату педагогіки і психології, варто врахувати такі вимоги до верифікації енциклопедичних статей:

- наявність або відсутність автора, можливість його ідентифікувати;
- наявність або відсутність посилань на використані джерела;
- наявність або відсутність упередженого спонсора;
- наявність або відсутність винагороди;
- академічна вагомість джерела.

До таких об'єктів як УЕЕО можна застосувати поняття логістичної системи зі зворотнім зв'язком, що складається з кількох підсистем. З огляду на це, така адаптивна платформа повинна передбачати досить розвинуті зв'язки із зовнішнім середовищем (бази даних, бази знань і вимог суспільства. З огляду на динамічність появи нового та коригування існуючого поняттєво-термінологічного апарату педагогіки і психології, варто врахувати такі вимоги до верифікації енциклопедичних статей).

Процедура впровадження «Української електронної енциклопедії освіти» – це багаторівневий процес, який передбачає вирішення низки технічних, організаційних, нормативних та соціально-психологічних задач, що планується реалізувати наступним чином.

1. Прогностичний етап:

- створення координаційної редакції проекту, розподіл обов'язків, призначення відповідальних осіб;
- аналіз актуальних проблем освітньої галузі, висвітленню яких буде присвячений контент УЕЕО, визначення мети, цілей створення УЕЕО та потенційної читачької аудиторії;
- визначення тематичних розділів, типів та обсягів енциклопедичних статей, що публікуватимуться, критеріїв добору гасел та укладання масиву базового словника;
- визначення орієнтовного обсягу необхідних технічних, матеріальних та кадрових ресурсів;
- розроблення концепції майбутньої енциклопедії та програми її впровадження.

2. Підготовчий етап:

- вивчення вітчизняного і зарубіжного досвіду підтримки і функціонування веборієнтованих енциклопедій;

- аналіз програмно-технічних характеристик та наявного у відкритому доступі ПЗ;
- добір оптимальної програмної платформи для розгортання енциклопедії, що задовольнятиме ресурсам наукової установи та вимогам до використання в науково-педагогічній діяльності;
- визначення вимог до візуального оформлення вебсторінок, проектування загальної архітектури інтернет-платформи, визначення основних компонентів ресурсу та операцій, вимог до надійності і безпеки, передбачуваних функціональних особливостей УЕЕО, системи навігації;
- розроблення технічного завдання (ТЗ) для ІТ фахівців.

3. Техніко-технологічний етап:

- вибір хостингу і провайдера для підтримки роботи проекту;
- інсталювання програмної платформи MediaWiki, розроблення вебдизайну і його верстка, наповнення текстовими і графічними матеріалами;
- налаштування платформи відповідно до визначених вимог та підключення функціональних модулів, зокрема Semantic MediaWiki, створення системи категорій та вікі-шаблонів;
- реєстрування сайту в пошукових машинах для подальшого індексування, тестування і запуск.

4. Організаційний етап:

- дослідження нормативно-правового підґрунтя та політики використання матеріалів УЕЕО, зокрема щодо авторських прав, попередження плагіату, архівування, індексування, відкритого доступу, етики проведення психолого-педагогічних досліджень та ін.;
- розроблення методичних рекомендацій з використання УЕЕО та наповнення сайту відповідними організаційно-інструктивними матеріалами;
- формування групи редакторів і рецензентів, відповідальних за окремі тематичні напрями.

5. Практичний етап:

- реєстрування користувачів на сайті енциклопедії та розмежування їх доступу до інформації;
- проведення навчальних семінарів і тренінгів щодо використання УЕЕО, усунення можливих причин опору новачі та консультування користувачів під час редакційного процесу;
- наповнення сайту контентом у тестовому режимі: внесення нових вікі-сторінок та їх редакційний контроль;
- вдосконалення системи категорій та шаблонів.

6. Узагальнювальний етап:

- аналіз статистичних даних використання вебсайту ресурсу (за допомогою статистичних модулів, Google Analytics);
- періодичний моніторинг упровадження опублікованих енциклопедичних статей (цитовання та наукометричні показники у вітчизняних та міжнародних наукометричних і реферативних базах даних);
- інтегрування УЕЕО з іншими сервісами інформаційно-освітнього середовища НАПН України.

7. Перспективний етап:

- організація зберігання наукового контенту у відкритих архівах та його включення до каталогів провідних бібліотек;
- узгодження механізму координації та підтримки комунікації з установами НАПН України та ЗВО;
- популяризація енциклопедії в соціальних та професійних електронних мережах;
- визначення напрямів подальшого розвитку УЕЕО.

Інформування широкої громадськості про проєкт «Українська електронна енциклопедія освіти» планується здійснити шляхом організації міжнародних і всеукраїнських конференцій, семінарів, круглих столів, методичних семінарів, зустрічей та розповсюдження інформації на сайтах наукових установ та закладів освіти України різногалузевого підпорядкування, що передбачувано сприятиме активному обміну інформацією та досвідом всередині наукової спільноти. Процес просування та популяризації буде організовано шляхом створення окремої сторінки проєкту «Українська електронна енциклопедія освіти» в соціальній мережі Facebook, а також створення інформаційного каналу/спільноти та чат-боту в клауд-месенджерах Telegram та Viber, що дозволить інформувати користувачів про нові надходження і оновлення наукового контенту. На сайті буде передбачена вебформа для зворотного зв'язку, що забезпечить додаткову оперативну комунікацію з читачами. З метою додаткового збереження енциклопедичних статей буде забезпечено їх архівування в Електронній бібліотеці НАПН України (<https://lib.iitta.gov.ua>) та індексування наукометричною базою даних Google Scholar. Передбачається включення УЕЕО до рейтингу вікі-проєктів та інтеграції з Google календарем.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

«Українська електронна енциклопедія освіти» покликана слугувати джерелом ідей для розвитку галузей педагогіки і психології та популяризувати здобутки вітчизняної освіти в Україні й світі. Вона репрезентуватиме найсучасніші знання з наук про освіту та психологію в доступній формі 24/7, зручному для користування форматі, що відповідає розвитку цифрових технологій та враховує потреби різних категорій користувачів. У ній будуть представлені найвидатніші освітяни, педагоги та психологи; інтерпретовані явища, поняття та терміни; описано вплив різних інституцій, закладів вищої освіти та організацій на розвиток освіти і психології; відображено розвиток поглядів на освіту, виховання та психологію та динаміку наукових уявлень у цих галузях знань.

Впровадження веборієнтованої освітньої енциклопедії дозволить зібрати на єдиному ресурсі значний за обсягом поняттєво-термінологічний апарат педагогіки і психології, розпорошений у різноманітних паперових і електронних джерелах. Водночас, з'явиться можливість вирішити проблему оперативного оновлення контенту шляхом редагування й доповнення наявних статей та включення нових без необхідності републікації всього змісту.

Створення сучасного фундаментального енциклопедичного ресурсу дозволить докорінно змінити принцип роботи користувачів з освітнім довідковим виданням: звертаючись до системи, вони будуть одержувати не лише миттєвий безоплатний доступ до науково-достовірних енциклопедичних знань, а й швидкий і зручний пошук по тексту, можливість цитувати й обмінюватись посиланнями на статті, копіювати і друкувати потрібний текст, створювати власні підбірки та редагувати статті інших авторів.

Проектована енциклопедія матиме гнучку та зручну систему інструментів навігації і перехресних гіперпосилань, що максимально наблизить результати пошуку до запитів користувачів. Можливість включення посилань на матеріали інших вітчизняних і зарубіжних електронних ресурсів та індексування статей пошуковиками дозволить візуалізувати енциклопедичну карту довідкових даних. Інтегрування в текст різноманітного мультимедійного контенту (віртуальних музеїв, 3D-турів, аудіокниг), фотогалерей та іконографічних матеріалів (фотодокументів, ілюстрацій), відеоматеріалів (документальних і документально-постановочних фільмів) заохотить читачів до глибшого наукового пошуку завдяки візуалізації, повноті і доступності викладу.

Функціонування енциклопедичного порталу уможливить залучення користувачів до процесу творення енциклопедії та обговорення матеріалів з дотриманням відповідних підходів до збереження науковості енциклопедичного контенту. Передбачається також, що взаємодія з читачами вийде на новий рівень завдяки використанню таких інтерактивних технологій, як месенджери, соціальні мережі, чат-боти та ін.

Вагомим соціальним результатом стане поглиблення процесів цифрової трансформації наукової та освітньої діяльності. Відкрита інтернет-платформа матиме потужний ефект для неперервного осучаснення і технологічного вдосконалення змісту освіти, а також сприятиме підвищенню її рівня в Україні та популяризації найсучасніших знань серед громадськості. Частково може бути вирішена проблема забезпечення освітнього процесу якісними навчальними матеріалами. Заклади освіти отримають змогу використовувати енциклопедичний ресурс у навчальному процесі, зокрема для запровадження сучасних освітніх онлайн-програм, оперативного оновлення навчальних матеріалів, проведення відеолекцій та ін.

Упровадження інтернет-платформи «Українська електронна енциклопедія освіти» сприятиме розвитку і впровадженню ідей і принципів відкритої науки, утвердженню у науково-освітній практиці її ефективних інформаційно-процесуальних інструментів. Використання різними авторами і науковими колективами узгодженого ядра поняттєво-термінологічного апарату зумовить підвищення якості й ефективності педагогічних та психологічних досліджень, забезпечить сумісність їх наукових результатів. Для наукової спільноти створюються сприятливі умови доступу до науково вважаної й системно поданої інформаційної, джерельної і бібліографічної бази з педагогіки і психології, ілюстративних та мультимедійних матеріалів з цієї тематики.

Це сприятиме подальшому розвитку інформаційно-цифровій культурі сучасних науковців, розширенню кола їх компетентностей з використання відкритих інформаційно-довідкових систем для якісного виконання своїх загальноосвітніх і професійних завдань.

Поряд з тим, використання УЕЕО сприятиме скороченню кількості інформаційних об'єктів у різних численних енциклопедичних словниках, довідниках, тезаурусах, глосаріях, компендіумах, що непоодиноким невиправданом дублюють однойменний зміст один одного та суттєво підвищують вартість їх видання та використання.

Перспективи розвитку. Роботи з розроблення й впровадження інтернет-платформи «Українська електронна енциклопедія освіти» підпорядковані парадигмам «рівного доступу до якісної освіти і науки» та «людиноцентризму», відповідають принципам відкритої освіти і науки, лежать у руслі завдань з формування Суспільства 4.0, майбутнього, але вже не далекого Суспільства знань.

Передбачається інтегрувати створений і неперервно осучаснюваний цифровий енциклопедичний ресурс зі світовими освітньо-науковими довідковими системами, а також створення разом з науковцями та освітянами зарубіжних країн на базі інтернет-платформи УЕЕО іншомовних версій УЕЕО та національних версій науково-освітніх енциклопедій з узгодженим ядром термінів і понять.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Черниш, Н. І. (2012). Методичні та організаційні засади створення українських енциклопедій, *Наукові записки*, 38(1), 3-16.
2. Железняк, М. Г. (Ред.). (2015). *Методичні засади створення паперових і електронних енциклопедичних видань: посібник*. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України.
3. Жежич П. І., & Гіряк М. Г. (2013). Особливості формування електронної енциклопедії вищого навчального закладу, *SITHE*, 775, 39-42.
4. Андон, П. І., Рогущина, Ю. В., Гришанова, І. Ю., Резніченко, В. А., Киридон, А. М., Арістова, та А. В., & Тищенко, А. О. (2020). Досвід використання семантичних технологій для створення інтелектуальних ВЕБ-енциклопедій (на прикладі розробки порталу E-BYE). *Проблеми програмування*, 2-3, 246-258.
5. Киридон, А. М. (Ред.). (2017). *Редакторська підготовка текстів e-BYE – портальної версії «Великої української енциклопедії» : методичні рекомендації*. Київ : Державна наукова установа «Енциклопедичне видавництво».
6. Лупаренко Л. А., Пінчук О. П., & Буров О. Ю. (2022). Електронна енциклопедія як об'єкт ергономічного проектування, *Звітна наукова конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України*, Київ, Україна: ІЦО НАПН України. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/730193>.
7. Tripathi, N., Seah, H. S., Zuiker, S. J., Tan, M., Kvill, H., Ho, T. Y. K., & Li, Y. (2009). VisuaPedia: A social media based visual encyclopedia. Paper presented at the *1st ACM SIGMM International Workshop on Social Media, WSM'09, Co-Located with the 2009 ACM International Conference on Multimedia*, MM'09, 89-96. <https://doi.org/10.1145/1631144.1631161>.
8. Limongelli, C., Gasparetti, F., & Sciarone, F. (2015). Wiki course builder: A system for retrieving and sequencing didactic materials from Wikipedia. Paper presented at the *2015 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2015*. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2015.7218041>.
9. Ingawale, M., Dutta, A., Roy, R., & Seetharaman, P. (2009). The small worlds of Wikipedia: Implications for growth, quality and sustainability of collaborative knowledge networks. Paper presented at the *15th Americas Conference on Information Systems 2009, AMCIS 2009*, 5, 3545-3556.
10. Snyder, J. (2010). Wikipedia as an academic reference: Faculty and student viewpoints. Paper presented at the *16th Americas Conference on Information Systems 2010, AMCIS 2010*, 6, 4677-4687.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Chernysh, N. I. (2012). Metodichni ta orhanizatsiini zasady stvorennia ukrainskykh entsyklopedii [Methodical and organizational principles of creation of Ukrainian encyclopedias]. *Naukovi zapysky – Scientific notes*, 38(1), 3-16. (in Ukrainian).
2. Zhelezniak, M. H. (Ed.). (2015). *Metodychni zasady stvorennia paperovykh i elektronnykh entsyklopedychnykh vydan [Methodological principles of creating paper and electronic encyclopedic publications: manual]*. Kyiv: Institute of Encyclopedic Research of the National Academy of Sciences of Ukraine. (in Ukrainian).
3. Zhezhnych P. I., & Hirniak M. H. (2013). Osoblyvosti formuvannia elektronnoi entsyklopedii vyshchoho navchalnoho zakladu [Features of the formation of an electronic encyclopedia of a higher educational institution]. *SITHE*, 775, 39-42. (in Ukrainian).
4. Andon, P. I., Rohushyna, Yu. V., Hryshanova, I. Yu., Reznichenko, V. A., Kyrndon, A. M., Aristova, A. V., & Tyshchenko, A. O. (2020). Dosvid vykorystannia semantichnykh tekhnolohii dlia stvorennia intelektualnykh VEB-entsyklopedii (na prykladi rozrobky portalu E-BYE) [Experience in using semantic technologies to create intelligent WEB encyclopedias (on the example of the development of the E-BYE portal)], *Problemy prohramuvannia – Programming problems*, 2-3, 246-258. (in Ukrainian).
5. Kyrndon, A. M. (Ред.). (2017). *Redaktorska pidhotovka tekstiv e-VUE – portalnoi versii «Velykoi ukrainskoi entsyklopedii» : metodychni rekomendatsii [Editorial preparation of e-VUE texts - the portal version of the "Great Ukrainian Encyclopedia": methodological recommendations]*. Kyiv: State Scientific Institution "Encyclopedic Publishing House". (in Ukrainian).
6. Luparenko L. A., Pinchuk O. P., & Burov O. Yu. (2022). Elektronna entsyklopediia yak ob'ekt erhonomichnoho proiektuvannia [Electronic encyclopedia as an object of ergonomic design]. *Zvitna naukova konferentsiia Instytutu tsyfrovizatsii osvity NAPN Ukrainy – Report scientific conference of the Institute for Digitalization of Education of the NAES of Ukraine*, Kyiv, Ukraine: IDE of the NAES of Ukraine. 93. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/730193>. (in Ukrainian).
7. Tripathi, N., Seah, H. S., Zuiker, S. J., Tan, M., Kvill, H., Ho, T. Y. K., & Li, Y. (2009). VisuaPedia: A social media based visual encyclopedia. Paper presented at the *1st ACM SIGMM International Workshop on Social Media, WSM'09, Co-Located with the 2009 ACM International Conference on Multimedia, MM'09*, 89-96. <https://doi.org/10.1145/1631144.1631161>.
8. Limongelli, C., Gasparetti, F., & Sciarone, F. (2015). Wiki course builder: A system for retrieving and sequencing didactic materials from Wikipedia. Paper presented at the *2015 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2015*. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2015.7218041>.
9. Ingawale, M., Dutta, A., Roy, R., & Seetharaman, P. (2009). The small worlds of Wikipedia: Implications for growth, quality and sustainability of collaborative knowledge networks. Paper presented at the *15th Americas Conference on Information Systems 2009, AMCIS 2009, 5*, 3545-3556.
10. Snyder, J. (2010). Wikipedia as an academic reference: Faculty and student viewpoints. Paper presented at the *16th Americas Conference on Information Systems 2010, AMCIS 2010, 6*, 4677-4687.



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.
 Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-002

УДК 372.851:37.026/004.853

НАСТУПНІСТЬ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ У ШКОЛІ ТА ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ: КОНТЕКСТ ІНТЕГРАТИВНОГО ПІДХОДУ

Юлія БОТУЗОВА ✉

Центральноукраїнський державний педагогічний університет
 імені Володимира Винниченка, Україна
 vassalatii@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1313-0010>

Вікторія НІЧИШИНА

Центральноукраїнський державний педагогічний університет
 імені Володимира Винниченка, Україна
 vika.nichishina@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-3771-1589>

Ренат РІЗНЯК

Центральноукраїнський державний педагогічний університет
 імені Володимира Винниченка, Україна
 rizhniak@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1977-9048>

CONTINUITY OF TEACHING METHODS FOR SOLVING MATHEMATICAL PROBLEMS IN SCHOOLS AND UNIVERSITY: THE CONTEXT OF THE INTEGRATIVE APPROACH

Yuliia BOTUZOVA ✉

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian
 State Pedagogical University, Ukraine
 vassalatii@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1313-0010>

Victoria NICHISHINA

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian
 State Pedagogical University, Ukraine
 vika.nichishina@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-3771-1589>

Renat RIZHNIAC

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian
 State Pedagogical University, Ukraine
 rizhniak@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1977-9048>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Стаття присвячена розв'язанню проблеми наступності методів навчання розв'язування математичних задач (на прикладі рівнянь з параметром) з використанням інтегративного підходу, який поєднує в нашому дослідженні як інтеграцію засобів навчання, так і інтеграцію методів. Таким чином, метою дослідження є з'ясування особливостей забезпечення наступності методів навчання розв'язування математичних задач у школі та ЗВО, що відбувається на фоні застосування інтегративного підходу.

Матеріали і методи. В дослідженні використовувалися як теоретичні методи – аналіз навчальних програм з математики та освітніх програм спеціальностей зі значною математичною складовою, пошук та аналіз відповідних задач з подальшим конструюванням на їх основі нових дослідницьких задач; узагальнення власного та передового педагогічного досвіду щодо застосування ІТ в освітньому процесі школи та ЗВО, так і емпіричні – спостереження під час роботи з учнями на уроках математики в ЗСО та студентами на заняттях з математичних дисциплін у ЗВО.

Результати. В ході дослідження авторами на прикладі нескладного логарифмічного рівняння з параметром був проілюстрований комплексний інтегративний підхід до реалізації наступності методів навчання у школі та ЗВО. Цей підхід реалізовувався як з точки зору інтеграції методів навчання – метод доповнення, технологія укрупнення дидактичних одиниць, метод протиставлення, так і з точки зору засобів навчання – застосування графічних ілюстрацій, інформаційних технологій, схем, алгоритмів аналітичних викладок. Крім того, інтегративний підхід був реалізований і зі змістовної точки зору, так як в ході навчання використовувалися інтегровані образи – образ задачі, образ задачної серії, образ способу розв'язування.

Висновки. Автори в результаті проведеного дослідження прийшли до наступних висновків. Ідея технології укрупнення дидактичних одиниць у вигляді розв'язування задач різними способами, а саме поєднання в конкретному випадку аналітичного та графічного способу розв'язування рівнянь з параметром, сприяє кращій наступності навчання математики, так як забезпечує актуалізацію, узагальнення та систематизацію здатностей учнів та студентів щодо реалізації знань та умінь із двох найважливіших

ABSTRACT

Formulation of the problem. The article has devoted the problem of the continuity of teaching methods for solving mathematical problems (on the example of equations with a parameter) using an integrative approach. The integrative approach in our research combines the integration of learning tools and the integration of learning methods. The purpose of the research is to determine the features of ensuring the continuity of teaching methods for solving mathematical problems at school and university, which takes place with an integrative approach.

Materials and methods. In the study, the analysis of mathematics curricula and educational programs of specialties with a significant mathematical component was carried out, and the search and analysis of relevant problems were followed by the construction of new research problems based on them. A generalization of my own and advanced pedagogical experience regarding the use of ICT in the educational process of schools and universities was also carried out. During work with pupils and students, the educational process was observed.

Results. In the example of a simple logarithmic equation with a parameter, the authors illustrated a complex integrative approach to the implementation of the continuity of teaching methods at schools and universities. This approach was implemented from the point of view of the integration of teaching methods - the method of addition, the technology of enlargement of didactic units, and the method of contrast. And also from the point of view of teaching aids - the use of graphic illustrations, information and communication technologies, schemes, and algorithms of analytical statements. In addition, the integrative approach was also implemented from the content point of view, since integrated images were used during the training - the image of the problem, the image of the problem series, and the image of the solution method.

Conclusions. As a result of the research, the authors came to the following conclusions: a) the idea of the technology of enlargement of didactic units in the form of solving problems in different ways, namely the combination in a specific case of analytical and graphical methods of solving equations with a parameter, contributes to better continuity of mathematics education. This approach ensures the actualization, generalization, and systematization of the abilities of pupils and students to implement knowledge and skills from the two most important content lines of the school mathematics course (the line of equations, inequalities and their systems, and the functional line); b) the combination of the process

Для цитування:

Ботузова Ю., Нічишина В., Різняк Р. Наступність методів навчання розв'язування математичних задач у школі та закладі вищої освіти: контекст інтегративного підходу. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 16-25. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-002

Ботузова, Ю., Нічишина, В., & Різняк, Р. (2022). Наступність методів навчання розв'язування математичних задач у школі та закладі вищої освіти: контекст інтегративного підходу. *Фізико-математична освіта*, 36(4), 16-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-002>

For citation:

Botuzova, Yu., Nychyshyna, V., & Rizhniak, R. (2022). Continuity of teaching methods for solving mathematical problems in schools and university: the context of the integrative approach. *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 16-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-002>

Botuzova, Yu., Nychyshyna, V., & Rizhniak, R. (2022). Nastupnist metodiv navchannia rozv'язuvannia matematychnykh zadach u shkoli ta zakladi vyshchoi osvity: kontekst inehrativnoho pidkhodu [Continuity of teaching methods for solving mathematical problems in schools and university: the context of the integrative approach]. *Fiziko-matematichna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 16-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-002>

✉ Corresponding author

© Yu. Botuzova, V. Nychyshyna, R. Rizhniak, 2022

змістових ліній шкільного курсу математики (ліній рівнянь, нерівностей та їх систем та функціональна лінія). Поєднання процесу розв'язування готових завдань з процесом складання нових укрупнених вправ в конкретному випадку розв'язування або складання рівнянь з параметром з використанням аналітичних викладок або пакетів комп'ютерної математики дає практично необмежені можливості застосування дослідницького методу у навчанні на уроках, факультативних заняттях з математики в школі та на заняттях зі студентами математичних спеціальностей ЗВО, а також дає можливість говорити про реалізацію дидактичного принципу наступності, спрямованого на забезпечення здобувачам освіти можливостей продовження вивчення ними математичних дисциплін на вищих рівнях освіти. Реалізація принципу наступності навчання математичних дисциплін передбачає інтеграцію суміжних дисциплін, встановлення міжпредметних зв'язків і забезпечується внутрішньою інтеграцією методів, засобів, компонентів та змістових ліній самої математики як навчального предмету в школі та ЗВО. Така інтеграція, що реалізується через побудову інтегрованих образів, можлива лише при поглибленому вивченні конкретних математичних проблем та при умові використання евристичного підходу до навчання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інтегративний підхід; наступність навчання математики; математична задача; інформаційні технології; укрупнення дидактичних одиниць.

of solving tasks with the process of compiling new consolidated exercises (for example, solving or compiling equations with a parameter using analytical statements or computer mathematics packages) gives practically unlimited opportunities for applying the research method in teaching mathematics at school and university. It also allows talking about the implementation of the didactic principle of continuity, aimed at providing opportunities for students to continue their study of mathematical disciplines at higher levels of education; c) the implementation of continuity of teaching mathematical disciplines involves the integration of related disciplines, the establishment of inter-subject connections. It is ensured by the internal integration of methods, means, components, and content lines of mathematics as an educational subject in schools and universities. Such integration is realized through the construction of integrated images. It is possible only with an in-depth study of specific mathematical problems and under the condition of using a heuristic approach to learning.

KEYWORDS: integrative approach; continuity of teaching mathematics; mathematical problem; information technologies; enlargement of didactic units.

ВСТУП

Постановка проблеми. Важливою проблемою сьогодення у навчальному процесі є проблема наступності у пізнанні, яка може проявлятися у різних формах. Стосовно навчального процесу в школі та закладі вищої освіти (далі у тексті ЗВО) кількісне накопичення знань має супроводжуватися якісною переробкою знань з його узагальненням. Проте серед учнівської та студентської молоді все більше відчувається «дефіцит» умінь самостійно і творчо перероблювати та поповнювати свої знання, розширяти та застосовувати свої практичні вміння та навички. На нашу думку, це безпосередньо пов'язано із порушенням дії принципу наступності у навчальному процесі молоді, зокрема, поодиноким з'ясуванням міжпредметних зв'язків навчального матеріалу. Це у свою чергу призводить до неспроможності системно використовувати набуті знання і вміння у нових умовах, до відсутності цілісного розуміння учнями та студентами навчального предмету.

Мети утворення системних знань учнівської та студентської молоді можна досягти шляхом перетворення наявної навчальної інформації в межах інтегративного підходу у навчальному процесі. Інтегративний підхід у навчальному процесі має полягати у єдності процесів інтеграції змісту, форм та методів навчання. Серед методів інтеграції стосовно даного дослідження варто виділити метод доповнювання та технологію укрупнення дидактичних одиниць.

Аналіз актуальних досліджень. Проблемі реалізації інтегративного підходу та наступності у навчальному процесі присвячені праці філософів, психологів, науковців та педагогів.

Автори філософської літератури і, зокрема, Кедров Б.М. (1988) розглядають інтеграцію як єдину умову адекватно відобразити всі сторони предмету дослідження одночасно в їх зв'язку.

Розглядаючи поняття інтеграції з точки зору психології, автори Брунер Дж. (1977) та Вознюк О.В. (2009) характеризують процес засвоєння знань як послідовний перехід від вузьких, диференційованих знань до знань з розширеними зв'язками, які і можуть забезпечити повноту, системність та цілісність знань, об'єктивне сприйняття навколишнього світу людиною.

Науковці Ільченко В.Р. (1994), (1999), Кедров Б.М. (1988), Клепко С.Ф. (1998) розглядають впровадження інтеграції в педагогічних науках як процес встановлення цілісності у навчальному матеріалі на основі сутнісних зв'язків між відносно незалежними об'єктами, процесами, явищами. Іванчук М.Г. (2004), Моштук В.В. (1991) наголошують на тому, що інтегративні зв'язки «показують» об'єкт з різних сторін у процесі предметних дій. Тому усі аспекти, нові зв'язки мають включатися в існуючу понятійну структуру.

Науковці Гладюк Т., Мішук Н. (1999), Козловська І.М. (1999), (2001), Семенов І. (1999) обґрунтовують необхідність поетапного переважання то інтеграції, то диференціації у навчальному процесі як засобів забезпечення наступності у розвитку знань людини. На єдності принципів доповнення та наступності наголошують науковці Botuzova Yu. (2020), Клепко С.Ф. (1998)]. Причому сутність доповнення стосовно інтеграції автори трактують як не протиставлення суперечливих властивостей або сторін, а як утворення єдності протилежностей з метою отримання цілісного відображення понять. Практичні компоненти інтеграції математичних знань аналізуються в таких працях: (Rizhniak et al, 2020), (Rizhniak et al, 2021), (Пасічник & Ріжняк, 2020), (Нічишина, 2008), (Раков, 2005), (Скафа & Тутова, 2009). Практичні рекомендації щодо вдосконалення внутрішньопредметної інтеграції на уроках математики містяться у публікації (Gogovska & Malcheski, 2012). Treacy P. та O'Donoghue J. (2013) пропонують авторську модель міжпредметної інтеграції математики та природничих наук у школі під назвою «Автентична інтеграція».

Про важливість утворення цілісної системи структурно нових знань говорять і автори технології укрупнення дидактичних одиниць (Ердниев & Ердниев, 1986; Ердниев, 1992). Вони наголошують на тому, що разом із процесом розв'язування готових завдань необхідним є і процес складання нових укрупнених вправ. Причому ці процеси потрібно розглядати як взаємно доповняльні методи навчального процесу. В сучасних умовах доцільним та ефективним є використання математичних програмних засобів (Birgin & Uzun Yazici, 2021), зокрема таких як GeoGebra.

Мета статті. Висвітлення особливостей забезпечення наступності методів навчання розв'язування математичних задач у школі та ЗВО, що відбувається на фоні застосування інтегративного підходу.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В ході дослідження використовувалися такі теоретичні методи: аналіз навчальних програм з математики та освітніх програм спеціальностей зі значною математичною складовою, пошук та аналіз відповідних задач з подальшим конструюванням на їх основі нових дослідницьких задач; узагальнення власного та передового педагогічного досвіду щодо застосування ІКТ в освітньому процесі школи та ЗВО. Під час роботи з учнями та студентами на уроках математики в ЗЗСО та на заняттях з математичних дисциплін у ЗВО застосовувався такий емпіричний метод дослідження як спостереження. Також були використані такі методи наукового пізнання як систематизація та узагальнення, які дозволили узагальнити результати проведеної роботи та сформулювати методичні рекомендації, зробити висновки.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розвиток графічної культури учнів, як зазначається в навчальній програмі з математики, є одним із головних завдань при вивченні математики на профільному рівні. Починаючи із основної школи, у процесі навчання особливу увагу слід приділяти дослідженням властивостей функцій, при цьому демонструвати взаємозв'язок між основними поняттями шкільного курсу математики: функція, рівняння та нерівність. Зокрема, в учнів має чітко сформуватися розуміння того, що розв'язання рівняння $f(x) = 0$, нерівностей $f(x) > 0$, $f(x) < 0$, є окремими випадками задачі на дослідження функції $y = f(x)$, а саме: знаходження нулів функції та проміжків її знакосталості.

Згідно методичних рекомендацій, наведених у навчальній програмі з математики, підвищенню ефективності уроків в старших класах сприяє використання програмних засобів навчального призначення таких як: GeoGebra, Desmos. При цьому доцільним є використання дослідницького методу навчання на уроках та факультативних заняттях з математики.

Враховуючи зазначені вище методичні аспекти, розглянемо детальніше питання наступності застосування інтегративного підходу при формуванні здатностей розв'язування рівнянь з параметром. Для ілюстрації застосування технології розглянемо наступну задачу.

Задача 1: «Розв'язати рівняння для всіх значень a : $\log_{2a}(a + 2x - x^2) = 1$ ». Ця задача у вигляді подібного рівняння міститься у збірнику (Сканаві, 1994), а у вигляді саме такої нерівності – у збірнику задач (Литвиненко & Мордкович, 1995). Розглянемо розв'язування цього рівняння різними способами, тим самим побудувавши інтегрований образ цієї задачі у сенсі, описаному в (Rizhniak et al, 2021). Аналітичний спосіб розв'язання реалізується переходом до рівносильної системи умов:

$$\begin{cases} 2a > 0, \\ 2a \neq 1, \\ a + 2x - x^2 = 2a \end{cases} \quad (1)$$

Звідси маємо:

$$\begin{cases} a > 0, \\ a \neq \frac{1}{2}, \\ x = 1 + \sqrt{1-a} \text{ або } x = 1 - \sqrt{1-a} \end{cases}.$$

Отже, відповідь буде такою: при $a \in (0; \frac{1}{2}) \cup (\frac{1}{2}; 1]$ $x = 1 \pm \sqrt{1-a}$, при $a \in (-\infty; 0] \cup (1; +\infty)$ $x \in \emptyset$. (2)

Графічний спосіб розв'язування полягає у побудові в системі координат xOa графіка рівняння $\log_{2a}(a + 2x - x^2) = 1$ або системи умов (1). Для цього при додатних значеннях a будемо графік функції $a = 2x - x^2$ (рис. 1), з якого після розв'язання третьої умови системи (1) відносно змінної x впливає розв'язок (2). З методичної точки зору розв'язування рівнянь з параметрами в системах координат xOy чи xOa сприяє кращій реалізації наступності навчання математики, оскільки поєднує знання та вміння із двох змістових ліній шкільного курсу математики (рівняння, нерівності та функції).

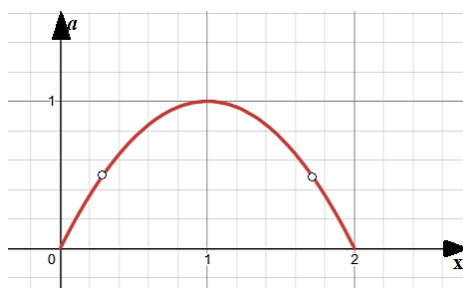


Рис.1. Графік рівняння $\log_{2a}(a + 2x - x^2) = 1$ у системі xOa

До розв'язаної одним із способів задачі можна поставити додаткові питання:

- 1) при якому значенні a розв'язками рівняння $\log_{2a}(a + 2x - x^2) = 1$ будуть числа $1 \pm \sqrt{\frac{2}{3}}$ (при $a = \frac{1}{3}$)?
- 2) при якому значенні a розв'язками цього рівняння будуть числа $\frac{2+\sqrt{3}}{2}$ та $\frac{-2+\sqrt{3}}{2}$ (при жодному a ; як виправити дану відповідь?)
- 3) як змінити умову задачі в частині виразу під знаком логарифма, щоб її графічним розв'язком стала парабола з вершиною в точці (2;4), графік якої проходить через початок координат? Записати відповідні розв'язки. $\log_{2a}(a + 4x - x^2) = 1$.

Перспективним напрямком формування в учнів математичних здатностей є формування умінь складати задачі. За версією авторів Ерднієв П.М., Ерднієв Б.П. (1986) та Ерднієв П.М. (1992) це є однією з форм проведення укрупнення дидактичних одиниць, а за версією праць (Rizhniak et al, 2021), (Пасічник & Ріжняк, 2020) – реалізацією інтегративного підходу до навчання математики. Тому поставимо проблему ширше, а саме так.

Задача 2. Дослідити варіанти розв'язування видозміненого рівняння задачі 1:

$$\log_{na}(ba + cx - dx^2) = m, \quad (3)$$

де x – змінна, a – параметр, b, c, d, m, n – довільні числа, які ми будемо задавати для отримання варіантів рівняння (3). Для дослідження варіантів побудованих нових умов задачі 1 будемо використовувати графічний пакет DESMOS та загальні й часткові аналітичні викладки.

Відразу зазначимо, що ключовим для класифікації варіантів нової задачі буде число m . Справді, умова (3) буде рівносильною такій системі умов:

$$\begin{cases} na > 0, \\ na \neq 1, \\ (na)^m = ba + cx - dx^2 \end{cases} \quad (4)$$

Для простоти викладу обмежимося лише деякими значеннями m . Зрозуміло, що в загальних випадках при $m = 0$, $m = 1$ графіком рівняння (3) буде парабола (або її частина), а при $m = 2$ – коло, парабола, гіпербола, еліпс (або їх частини). Тому при різних значеннях параметра a рівняння (3) матиме 1, 2 розв'язки або не матиме жодного. Розглянемо вказані варіанти детальніше.

Нехай $m = 0$. Тоді рівняння (3) буде рівносильним системі умов:

$$\begin{cases} na > 0, \\ na \neq 1, \\ ba + cx - dx^2 = 1 \end{cases} \quad (5)$$

у загальному випадку при $d > 0$ та $n > 0$ графічним розв'язком якої буде парабола (або її частина), вітки якої направлені вгору (рис. 2а), а при $d < 0$ розв'язком буде парабола (або її частина), вітки якої направлені вниз (рис. 2б). Причому всі розв'язки системи (5) при їх наявності будуть знаходитися у верхній півплощині відносно осі Ox :

$$x = \frac{c \pm \sqrt{c^2 - 4d(1-ba)}}{2d} \text{ у випадку 2-х розв'язків та } x = \frac{c}{2d} \text{ у випадку 1-го.}$$

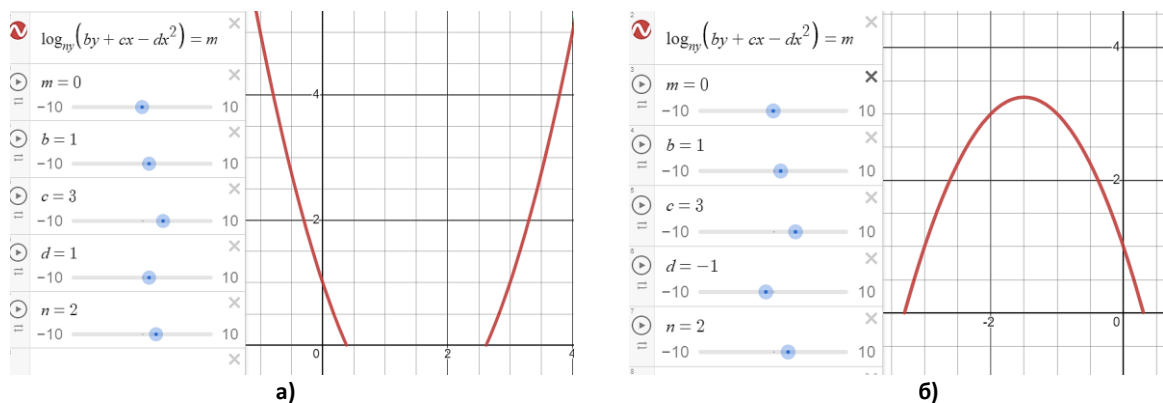


Рис. 2. Графічне представлення рівняння $\log_{na}(ba + cx - dx^2) = 0$

При $n < 0$ розв'язки знаходяться аналогічно, але графічно вже будуть знаходитися у нижній півплощині відносно осі Ox . Зазначимо, що у випадку $m = 0$ можуть з'явитися особливі випадки:

а) якщо $d = 0$, то графічним розв'язком рівняння (3) буде частина прямої $ba + cx = 1$, яка при $n > 0$ буде знаходитися у верхній півплощині відносно осі Ox , а при $n < 0$ – у нижній півплощині (рис. 3а); відповідно при наявності розв'язку $x = \frac{1-ba}{c}$;

б) при $b = 0$ графічним розв'язком будуть 2 (або 1) вертикальні прямі, якщо $c^2 - 4d \geq 0$ (при $n > 0$ – у верхній півплощині (рис. 3б), а при $n < 0$ – у нижній півплощині); розв'язками при цьому будуть $x = \frac{c \pm \sqrt{c^2 - 4d}}{2d}$ або $x = \frac{c}{2d}$; в) при $c = d = 0$ графіком рівняння (3) при $b > 0$ та $n > 0$ (або при $b < 0$ та $n < 0$) буде горизонтальна лінія $ba = 1$, а отже $x \in \mathbb{R}$ лише при $a = \frac{1}{b}$.

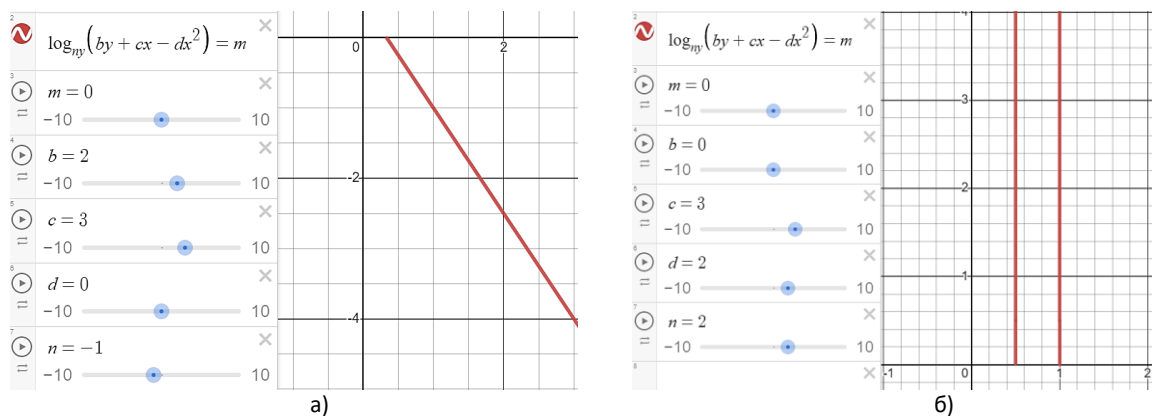
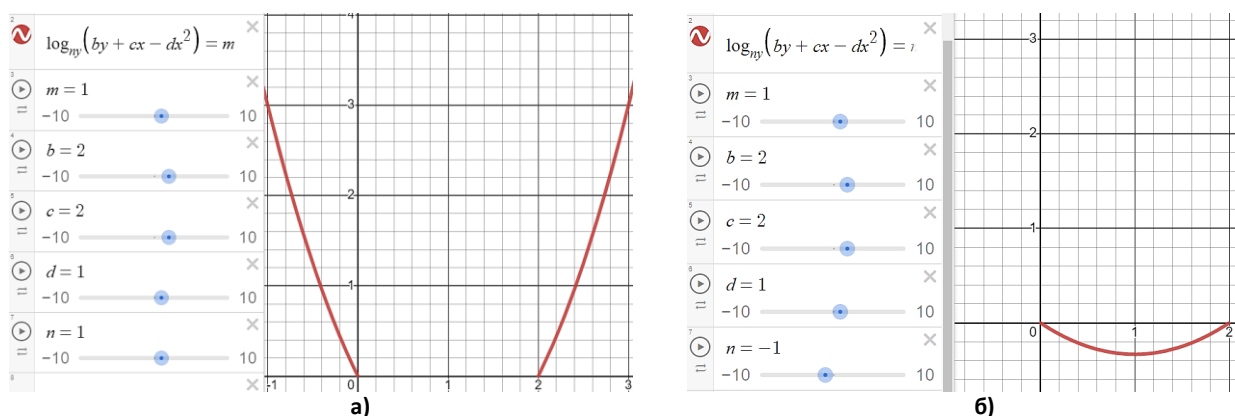
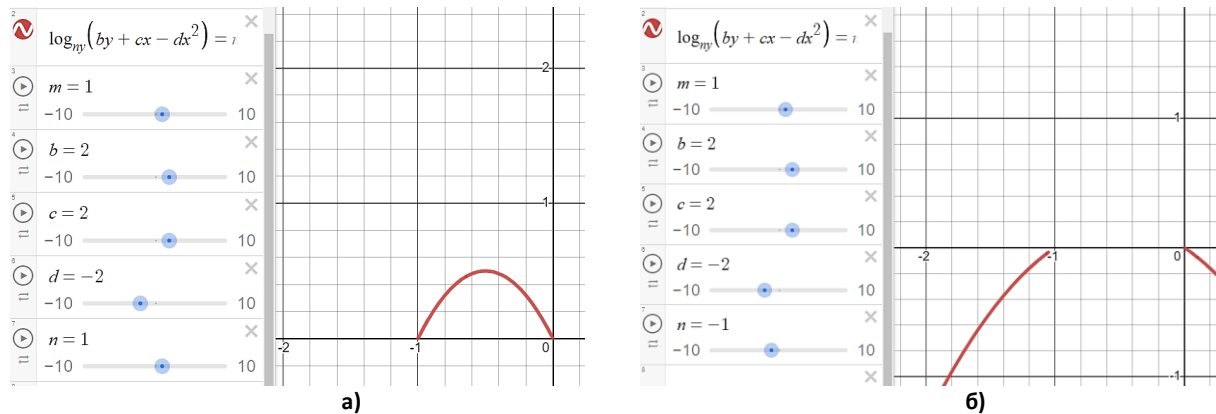
Нехай $m = 1$. Тоді рівняння (3) буде рівносильним системі умов:

$$\begin{cases} na > 0, \\ na \neq 1, \\ ba + cx - dx^2 = na \end{cases} \quad (6)$$

Зрозуміло, що у загальному випадку графічним розв'язком системи (6) буде парабола (або її частина), яка розміщена у верхній півплощині відносно осі Ox при $n > 0$ та у нижній півплощині при $n < 0$:

$$a = \frac{d}{b-n}x^2 - \frac{c}{b-n}x = \frac{d}{b-n}x \left(x - \frac{c}{d} \right) \quad (7)$$

Враховуючи (7) зазначимо, що вказана парабола буде проходити через точки $(0; 0)$ та $(0; \frac{c}{d})$ вітками вгору при $\frac{d}{b-n} > 0$ (рис. 4а та 4б) та вітками вниз при $\frac{d}{b-n} < 0$ (рис. 5а та 5б). При цьому в загальному випадку розв'язки системи (6) у разі їх наявності знаходитимуться за формулою $x = \frac{c \pm \sqrt{c^2 + 4da(b-n)}}{2d}$.

Рис. 3. Особливі випадки рівняння $\log_{na}(ba + cx - dx^2) = 0$: а) при $d=0$; б) при $b=0$.Рис. 4. Графічне представлення рівняння $\log_{na}(ba + cx - dx^2) = 1$, де $\frac{d}{b-n} > 0$: а) при $n>0$; б) при $n<0$ Рис. 5. Графічне представлення рівняння $\log_{na}(ba + cx - dx^2) = 1$, де $\frac{d}{b-n} < 0$: а) при $n>0$; б) при $n<0$

Зауважимо, що і у випадку $m = 1$ можуть з'явитися особливі порівняно із загальним випадки:

а) якщо $d = 0$, то графічним розв'язком системи (6) буде пряма $(b - n)a + cx = 0$, яка при $n > 0$ буде знаходитися у верхній півплощині відносно осі Ox , а при $n < 0$ – у нижній півплощині; відповідно при наявності розв'язку $x = \frac{(n-b)a}{c}$;

б) при $b = 0$ графічним розв'язком буде також парабола (або її частина) $a = -\frac{d}{n}x^2 + \frac{c}{n}x$, яка розміщена у верхній півплощині відносно осі Ox при $n > 0$ та у нижній півплощині при $n < 0$, причому її вітки будуть направлені вниз при $\frac{d}{n} > 0$ та вгору при $\frac{d}{n} < 0$; розв'язки системи (6) у разі їх наявності знаходяться за формулою $x = \frac{c \pm \sqrt{c^2 - 4dan}}{2d}$;

в) при $b = n$ графічним розв'язком системи (6) будуть 2 (або 1) вертикальні прямі $x = 0, x = \frac{c}{d}$ (при $n > 0$ – у верхній півплощині, а при $n < 0$ – у нижній півплощині; одна пряма буде у випадку $c = 0$ або $d = 0$); розв'язками при цьому будуть $x = 0, x = \frac{c}{d}$ або $x = 0$.

На цьому етапі дослідження рівняння (3) в залежності від параметрів для учнів доцільно завершити, адже шкільний курс математики обмежується розглядом рівняння кола і не містить аналітичних викладок щодо рівняння еліпса чи то канонічних рівнянь гіперболи й параболи. Хоча поняття еліпса достатньо чітко формується при вивченні стереометрії та розглядається в темі «Зображення фігур у просторі. Паралельне проєктування». Водночас поняття гіперболи

формується ще у 8 класі як графік функції $y = \frac{k}{x}$ та закріплюється в 9 класі під час вивчення теми «Геометричні перетворення графіків функцій».

Канонічні рівняння кривих другого порядку, зокрема еліпса $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, гіперболи $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ та параболи $y^2 = 2px$ починають вивчатися студентами закладів вищої освіти на перших курсах спеціальностей зі значною математичною складовою в таких дисциплінах як «Аналітична геометрія», «Алгебра та геометрія» чи «Вища математика». Тому саме зі студентами, керуючись принципом наступності, доцільно продовжити дослідження представленої задачі 2 (звісно, не опускаючи попередніх етапів).

Отже, розглянемо рівняння (3) при значенні $m = 2$. Воно буде рівносильне наступній системі:

$$\begin{cases} na > 0, \\ na \neq 1, \\ ba + cx - dx^2 = (na)^2 \end{cases} \quad (8)$$

Аналіз третьої умови системи (8) показує, що у загальному випадку графічним розв'язком системи (8) буде еліпс (або його частина), який розміщений у верхній півплощині відносно осі Ox при $n > 0$ (рис. 6а) або у нижній півплощині при $n < 0$ (рис. 6б):

$$\frac{\left(x - \frac{c}{2d}\right)^2}{\left(\sqrt{\frac{1}{d}\left(\left(\frac{b}{2n}\right)^2 + \left(\frac{c}{2\sqrt{d}}\right)^2\right)}\right)^2} + \frac{\left(a - \frac{b}{2n^2}\right)^2}{\left(\sqrt{\frac{1}{n^2}\left(\left(\frac{b}{2n}\right)^2 + \left(\frac{c}{2\sqrt{d}}\right)^2\right)}\right)^2} = 1$$

Отримане рівняння є канонічним рівнянням еліпса, центр якого знаходиться в точці $O\left(\frac{c}{2d}; \frac{b}{2n^2}\right)$, велика його вісь $2\sqrt{\frac{1}{d}\left(\left(\frac{b}{2n}\right)^2 + \left(\frac{c}{2\sqrt{d}}\right)^2\right)}$, а мала $2\sqrt{\frac{1}{n^2}\left(\left(\frac{b}{2n}\right)^2 + \left(\frac{c}{2\sqrt{d}}\right)^2\right)}$. У загальному випадку еліпс буде перетинати вісь Ox в точках $x = 0, x = \frac{c}{d}$; розв'язками в цьому випадку при їх наявності (2-х або 1-го) будуть такі значення $x = \frac{c \pm \sqrt{c^2 + 4da(b-na)}}{2d}$ (причому, наявність розв'язків можливою буде лише у випадку, коли $\left|\frac{b}{2n^2}\right| < \sqrt{\frac{1}{n^2}\left(\left(\frac{b}{2n}\right)^2 + \left(\frac{c}{2\sqrt{d}}\right)^2\right)}$, або $\frac{c^2}{4n^2d} > 0$).

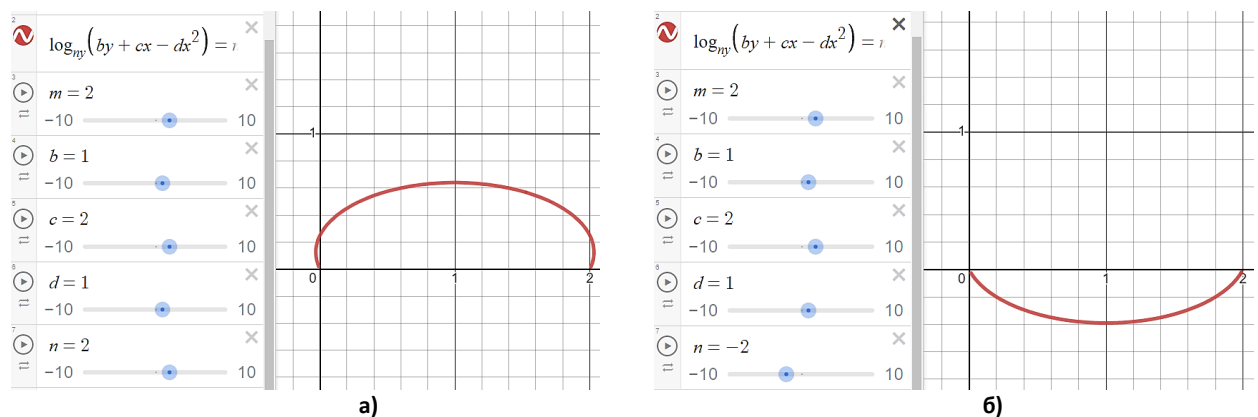


Рис. 6. Графічне представлення рівняння $\log_{na}(ba + cx - dx^2) = 2$: а) при $n > 0$; б) при $n < 0$

Зазначимо особливі випадки при $m = 2$:

а) при $d = 0$ графічним розв'язком умови (8) буде парабола (або її частина) $\left(na - \frac{b}{2n}\right)^2 = cx + \frac{b^2}{4n^2}$, яка розміщена у верхній півплощині відносно осі Ox при $n > 0$ або у нижній півплощині при $n < 0$; розв'язок при $c \neq 0$ буде $x = \frac{1}{c}\left(\left(na - \frac{b}{2n}\right)^2 - \frac{b^2}{4n^2}\right)$, а при $c = 0$ $x \in \mathbb{R}$ лише для $a = \frac{b}{n^2}$;

б) при $d < 0$ (перепишемо другу умову системи (8) так $ba + cx + dx^2 = (na)^2$) графічним розв'язком умови (8) буде гіпербола (або її частина) за умови, що $\frac{c^2}{4d} - \frac{b^2}{4n^2} > 0$:

$$\frac{\left(x + \frac{c}{2d}\right)^2}{\left(\sqrt{\frac{1}{d}\left(\frac{c^2}{4d} - \frac{b^2}{4n^2}\right)}\right)^2} - \frac{\left(a - \frac{b}{2n^2}\right)^2}{\left(\sqrt{\frac{1}{n^2}\left(\frac{c^2}{4d} - \frac{b^2}{4n^2}\right)}\right)^2} = 1$$

яка розміщена у верхній півплощині відносно осі Ox при $n > 0$ або у нижній півплощині при $n < 0$; розв'язок буде $x = \frac{-c \pm \sqrt{c^2 + 4da(n^2a - b)}}{2d}$; якщо $\frac{c^2}{4d} - \frac{b^2}{4n^2} = 0$, то графічним розв'язком буде пара прямих, що перетинаються $d\left(x + \frac{c}{2d}\right)^2 - n^2\left(a - \frac{b}{2n^2}\right)^2 = 0$; якщо $\frac{c^2}{4d} - \frac{b^2}{4n^2} < 0$, то графічним розв'язком буде гіпербола, фокуси якої розміщені на осі Oa ;

в) при $n = 1$ або $n = -1$ та $d = 1$ графічним розв'язком умови (8) буде коло (або його частина), яке розміщене у верхній півплощині відносно осі Ox при $n > 0$ (рис. 7а) або у нижній півплощині при $n < 0$ (рис. 7б). У випадку кола також

доцільно послуговуватися його канонічним рівнянням: $\frac{x^2}{R^2} + \frac{y^2}{R^2} = 1$. Для задачі, що розглядається, рівняння кола матиме вигляд:

$$\frac{\left(x + \frac{c}{2}\right)^2}{\left(\sqrt{\left(\frac{c^2}{4} - \frac{b^2}{4}\right)}\right)^2} - \frac{\left(a - \frac{b}{2}\right)^2}{\left(\sqrt{\left(\frac{c^2}{4} - \frac{b^2}{4}\right)}\right)^2} = 1$$

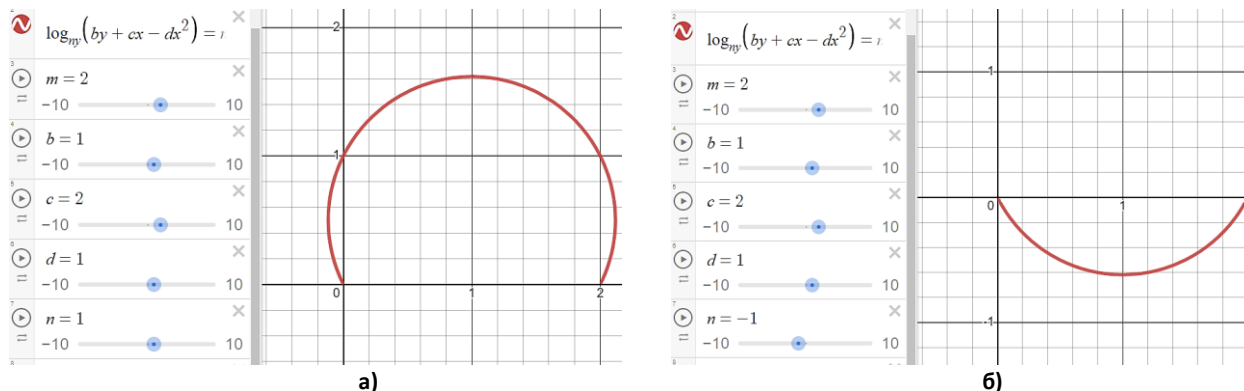


Рис. 7. Графічне представлення рівняння $\log_{na}(bx + cx - dx^2) = 2$: а) при $n=1$; б) при $n=-1$

Проілюструємо проведений аналіз на прикладах щодо складання та розв'язування серії рівнянь, породжених задачею 1, з використанням графічного калькулятора DESMOS.

Приклад 1. Розміщуємо повзунки так: $n = 2$, $m = 0$, $b = 1$, $c = 2$, $d = 1$. Отримуємо рівняння $\log_{2a}(a + 2x - x^2) = 0$, розв'язки якого будуть такими: при $a \in (-\infty; 0]$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; +\infty)$ $x = 1 \pm \sqrt{a}$.

Алгоритм підбору інших вправ буде аналогічним, тому будемо вказувати лише рівняння та відповіді до нього.

Приклад 2. $\log_{3a}(a + 2x + x^2) = 0$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0] \cup (2; +\infty)$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; 2]$ $x = -1 \pm \sqrt{2-a}$.

Приклад 3. $\log_{-a}(a + 4x + x^2) = 0$, відповідь: при $a \in [0; +\infty)$ $x \in \emptyset$, при $a \in (-\infty; 0)$ $x = -2 \pm \sqrt{5-a}$.

Приклад 4. $\log_{3a}(a + 2x) = 0$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0]$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; +\infty)$ $x = \frac{1-a}{2}$.

Приклад 5. $\log_{-a}(3x - x^2) = 0$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0)$ $x = \frac{3 \pm \sqrt{5}}{2}$, при $a \in [0; +\infty)$ $x \in \emptyset$.

Приклад 6. $\log_{3a}\left(\frac{a}{2}\right) = 0$, відповідь: при $a \in (-\infty; 2) \cup (2; +\infty)$ $x \in \emptyset$, при $a = 2$ $x \in \mathbb{R}$.

Приклад 7. $\log_{2a}(a + 4x - x^2) = 1$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0] \cup (4; +\infty)$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; 4]$ $x = 2 \pm \sqrt{4-a}$.

Приклад 8. $\log_{-2a}(4x - x^2) = 1$, відповідь: при $a \in (-\infty; -2) \cup [0; +\infty)$ $x \in \emptyset$, при $a \in [-2; 0)$ $x = 2 \pm \sqrt{4+2a}$.

Приклад 9. $\log_{-2a}(a - 4x + 2x^2) = 1$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0)$ $x = 1 \pm \sqrt{1-1.5a}$, при $a \in [0; +\infty)$ $x \in \emptyset$.

Приклад 10. $\log_a(3a - 2x) = 1$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0]$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; +\infty)$ $x = a$.

Приклад 11. $\log_{-a}(-6x - x^2) = 1$, відповідь: при $a \in (-\infty; -9) \cup [0; +\infty)$ $x \in \emptyset$, при $a \in [-9; 0)$ $x = -3 \pm \sqrt{9+a}$.

Приклад 12. $\log_{-a}(-a - 2x + x^2) = 1$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0)$ $x = 0$ або $x = 2$, при $a \in [0; +\infty)$ $x \in \emptyset$.

Приклад 13. $\log_{2a}(2a + 3x) = 1$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0]$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; +\infty)$ $x = 0$.

Приклад 14. $\log_{2a}(2a + 4x^2) = 1$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0]$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; +\infty)$ $x = 0$.

Приклад 15. $\log_{2a}(6a + 4x - 2x^2) = 2$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0] \cup \left(\frac{29}{16}; +\infty\right)$ $x \in \emptyset$, при $a \in \left(0; \frac{29}{16}\right]$ $x = 1 \pm \sqrt{1+3a-2a^2}$.

Приклад 16. $\log_{-2a}(6a + 4x - 2x^2) = 2$, відповідь: при $a \in \left(-\infty; -\frac{5}{16}\right) \cup [0; +\infty)$ $x \in \emptyset$, при $a \in \left[-\frac{5}{16}; 0\right)$ $x = 1 \pm \sqrt{1+3a-2a^2}$.

Приклад 17. $\log_a(2a + 4x) = 2$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0]$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; +\infty)$ $x = \frac{a^2-2a}{4}$.

Приклад 18. $\log_a(2a + 4x + 3x^2) = 2$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0]$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; +\infty)$ $x = \frac{-2 \pm \sqrt{3a^2-6a+4}}{3}$.

Приклад 19. $\log_a(2a + 4x + 4x^2) = 2$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0]$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; +\infty)$ $x = \frac{a-2}{2}$, або $x = -\frac{a}{2}$.

Приклад 20. $\log_a(2a + 4x + 5x^2) = 2$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0] \cup \left(1 - \frac{\sqrt{5}}{5}; 1 + \frac{\sqrt{5}}{5}\right)$ $x \in \emptyset$, при $a \in \left(0; 1 - \frac{\sqrt{5}}{5}\right] \cup \left[1 + \frac{\sqrt{5}}{5}; +\infty\right)$ $x = \frac{-2 \pm \sqrt{5a^2-10a+4}}{5}$.

Приклад 21. $\log_a(4a + 4x - x^2) = 2$, відповідь: при $a \in (-\infty; 0] \cup (2 + 2\sqrt{2}; +\infty)$ $x \in \emptyset$, при $a \in (0; 2 + 2\sqrt{2}]$ $x = 2 \pm \sqrt{-a^2 + 4a + 4}$.

Як бачимо, засобами елементарної математики та ІКТ на прикладі одного рівняння зі шкільного курсу математики, застосовуючи дослідницький метод навчання, можна продемонструвати значну кількість кривих, що вивчаються, починаючи зі школи і завершуючи закладом вищої освіти.

Продовжуючи реалізацію принципу наступності навчання математичних дисциплін, потрактованим у (Botuzova, 2020) як дидактичний принцип, спрямований на забезпечення здобувачам освіти можливостей продовження вивчення ними математичних дисциплін на вищих рівнях освіти, зможемо продовжити розпочате дослідження у контексті вивчення аналітичної геометрії (вищої математики) у закладі вищої освіти на спеціальностях зі значною математичною складовою. Тим паче, що принцип наступності навчання математичних дисциплін передбачає ще й інтеграцію суміжних дисциплін та встановлення міжпредметних зв'язків.

Комплексна задача з параметром (3), дозволяє при її графічному розв'язуванні побачити різноманітні криві другого порядку, або їх фрагменти, про що мова велась вище.

Поставимо перед студентами нову задачу, дослідницького характеру.

Задача 3. «Побудувати конус та дослідити усі можливі його перерізи площиною. Встановити відповідності між кривими, що отримуються в результаті перерізу поверхні конуса площиною із розв'язками задачі (3)».

Для початку проведення дослідження можна скористатися освітньою онлайн-платформою Mozaik education, в медіа-бібліотеці якої у розділі «Математика» є розроблена 3D-сцена під назвою «Конічні перерізи». Зокрема в ній представлені такі варіанти перерізів як: коло, еліпс, парабола, гіпербола та дві прямі, що перетинаються.

Щоб побачити усі можливі варіанти перерізів рекомендуємо скористатися таким поширеним та безкоштовним онлайн-ресурсом як GeoGebra (розділ 3D графіка). За допомогою інструменту «Перетин двох поверхонь», зможемо побачити, наприклад, частину еліпса і поставити її у відповідність із графічним розв'язком задачі (8), як показано на рис. 8.

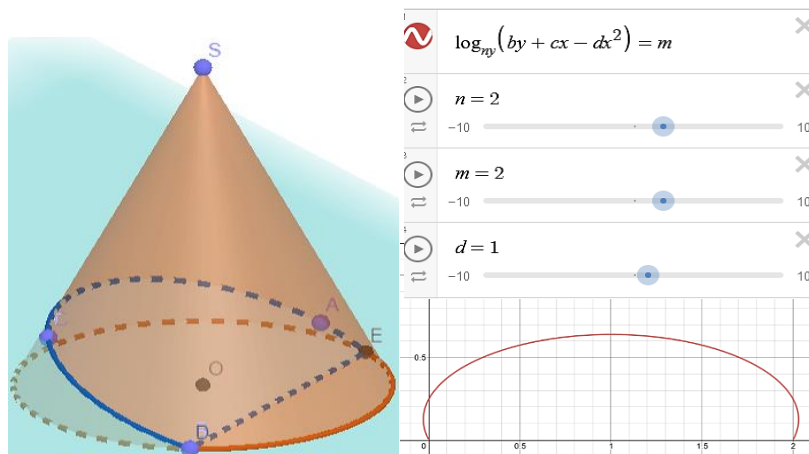


Рис. 8. Співставлення графічних образів розв'язків задачі (3) та конічних перерізів

Розглядаючи запропоновані ІКТ-засоби як допоміжний інструмент при вивченні математичних дисциплін, зазначимо, що достатньо зручною та корисною є функціональна можливість GeoGebra представляти фігури, що утворилися при перетині двох поверхонь (наразі, площини та конуса) у вигляді рівнянь, у даному випадку – параметричних. Це дозволяє формувати у здобувачів освіти цілісні інтегровані образи кривих другого порядку та їхніх частин.

Розуміємо також, що ефективне формування інтегрованих образів можливе лише при поглибленому вивченні конкретних математичних проблем та при умові використання евристичного підходу до навчання. Адже, як відомо, евристичний підхід передбачає активну пізнавальну діяльність учнів, а роль учителя при цьому полягає в конструюванні пізнавального завдання (Скафа & Тутова, 2009). Водночас, у сучасних реаліях організації евристичної діяльності учнів на уроках математики та при вивченні математичних дисциплін нерозривно пов'язана з використанням ІКТ, яке сприяє якісній візуалізації навчального матеріалу, посиленню мотивації навчання, поглибленню міжпредметних зв'язків.

Так викладач може запропонувати продовжити розпочате дослідження під час вивчення класифікації кривих другого порядку у курсі «Аналітичної геометрії» («Вищої математики» чи «Геометрії») за їхніми канонічними рівняннями, сформулювавши завдання наступним чином: «Вкажіть канонічне рівняння кривої та умови, які мають бути накладені на змінні, щоб в результаті побудови отримати зображену на рис. 8 частину еліпса». Це дозволить здобувачам освіти побачити та усвідомити в цілому одну й ту саму фігуру в різних інтерпретаціях: графічна модель логарифмічного рівняння з параметром, конічний переріз, параметричне чи канонічне рівняння з початковими умовами або без них.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Таким чином, контекст застосування інтегративного підходу на сучасному етапі «технологізації» процесу навчання може спричинити внесення коректив до особливостей забезпечення наступності методів навчання розв'язування математичних задач у школі та ЗВО.

По-перше, ідея технології укрупнення дидактичних одиниць у вигляді розв'язування задач різними способами, а саме поєднання в конкретному випадку аналітичного та графічного способу розв'язування рівнянь з параметром, сприяє кращій наступності навчання математики, так як забезпечує актуалізацію, узагальнення та систематизацію здатностей

учнів та студентів щодо реалізації знань та умінь із двох найважливіших змістових ліній шкільного курсу математики (лінія рівнянь, нерівностей та їх систем та функціональна лінія).

По-друге, поєднання процесу розв'язування готових завдань з процесом складання нових укрупнених вправ, що також веде до укрупнення дидактичних одиниць, в конкретному випадку розв'язування або складання рівнянь з параметром з використанням аналітичних викладок або пакетів комп'ютерної математики (графічних калькуляторів, моделюючих програм, тощо) дає практично необмежені можливості застосування дослідницького методу у навчанні на уроках, факультативних заняттях з математики в школі та на заняттях зі студентами математичних спеціальностей ЗВО. Використовуючи засоби елементарної математики та інформаційно-комунікаційні технології ми продемонстрували на прикладі одного рівняння зі шкільного курсу математики процес організації дослідження узагальненої вправи на різних рівнях – аналітичному та емпіричному. Це дало можливість не лише розв'язати та вивчити початкову задачу, а й провести умотивоване дослідження значної кількості кривих, що вивчаються, починаючи зі школи і завершуючи закладом вищої освіти. А це й дає можливість говорити про реалізацію дидактичного принципу наступності, спрямованого на забезпечення здобувачам освіти можливостей продовження вивчення ними математичних дисциплін на вищих рівнях освіти.

По-третє, принцип наступності навчання математичних дисциплін передбачає інтеграцію суміжних дисциплін та встановлення міжпредметних зв'язків. Але важливо, що його реалізація забезпечується внутрішньою інтеграцією методів, засобів, компонентів та змістовних ліній самої математики як навчального предмету в школі та ЗВО. Така інтеграція реалізується через побудову інтегрованих образів (інтегрований образ самої задачі, інтегрований образ задачної серії та інтегрований образ способу розв'язування задачі). Вибір обсягу інтегрованого образу проводиться з врахуванням загальної мети організації навчальної діяльності суб'єктів навчання. Формування кожного інтегрованого образу відбувається у процесі детального аналізу та порівняння ознак та характеристик окремих компонентів об'єкту вивчення. Але ефективне формування інтегрованих образів можливе лише при поглибленому вивченні конкретних математичних проблем та при умові використання евристичного підходу до навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Birgin, O., & Uzun Yazici, K. (2021). The effect of GeoGebra software-supported mathematics instruction on eighth-grade students' conceptual understanding and retention. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 925–939. <https://doi.org/10.1111/jcal.12532>.
2. Botuzova, Yu. (2020). Factors of Providing the Continuity of Teaching Mathematics During Transition from High School to University. *Universal Journal of Educational Research*, 8(3), 857–865. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080316>.
3. Gogovska, V., & Malcheski, R. (2012). Improvement of Intra-disciplinary Integration of Mathematics Instruction. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 46, 5420–5424. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.450>.
4. Rizhniak, R., Pasichnyk, N., Krasnoschok, I., Botuzova, Yu., & Akbash, K. (2020). Construction of Theoretical Model for Sustainable Development in Future Mathematical Teachers of Higher Education. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5), 2079–2089. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080546>.
5. Rizhniak, R., Pasichnyk, N., Zavitrenko, D., Akbash, K., & Zavitrenko, A. (2021). The Implementation of an integrative Approach to Learning with use of integrated Images. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 13(1), <https://doi.org/10.18662/rrem/13.1/373>.
6. Treacy, P., & O'Donoghue, J. (2013). Authentic Integration: a model for integrating mathematics and science in the classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2013.868543>.
7. Брунер, Дж. (1977). *Психология познания*. Пер. с англ. К.И. Бабицкого. Общ.ред. А.Р.Лурия. Москва, Прогресс.
8. Вознюк, О.В. (2009). *Цільові орієнтири розвитку особистості у системі освіти: інтегративний підхід*: монографія. Житомир, Вид-во ЖДУ ім. І. Франка.
9. Гладюк, Т., & Міщук, Н. (1999). Підготовка майбутніх учителів до здійснення інтегративного підходу в навчання природничих дисциплін. *Педагогіка і психологія професійної освіти*, 3, 9–12.
10. Іванчук, М.Г. (2004). *Інтегроване навчання: сутність та виховний потенціал*. Чернівці, Рута.
11. Ільченко, В.Р. (1994). Конструювання цілісності змісту освіти. *Постметодика*, 2, 2–5.
12. Ільченко, В.Р. (1999). *Освітня програма "Довкілля": Інтеграція змісту природничонаукової освіти: Концепт. засади*. АПН України, Інститут пед АПН України. К., Полтава.
13. Кедров, Б.М. (1988). *Науки в их взаимосвязи. История. Теория. Практика*. Москва.
14. Клепко, С.Ф. (1998). *Інтегративна освіта і поліморфізм знання*. Київ-Полтава-Харків, ПОІПОП.
15. Козловська, І.М. (1999). Філософсько-методологічні аспекти інтеграції знань у змісті сучасної освіти. *Педагогіка і психологія професійної освіти*, 3, 56–61.
16. Козловська, І.М. (2001). *Теоретичні та методичні основи інтеграції знань учнів професійно-технічної школи*. Автореферат дис. доктора пед. наук: 13.00.04. Київ.
17. Литвиненко, В.Н., & Мордкович, А.Г. (1995). *Практикум по элементарной математике: Алгебра. Тригонометрия: Учебное пособие для студентов физ.-мат. специальностей пед. институтов*. Москва, АБФ.
18. Моштук, В.В. (1991). *Дидактичні умови інтеграції споріднених навчальних предметів*. Дис. канд. пед. наук: спец. 13.00.01. Київ.
19. Нічишина, В.В. (2008). *Інтегративний підхід до вивчення математичних дисциплін у процесі підготовки майбутніх вчителів математики*. Автореф. дис. канд. пед. наук: спец. 13.00.04. Кіровоград.
20. Пасічник, Н.О., & Різняк, Р.Я. (2020). Розв'язування математичних задач з реалізацією поліпредметних (економіка, інформатика, математика) інтегративних компонентів. *Фізико-математична освіта*, 2(24), 113–122. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-024-2-016>.
21. Раков, С.А. (2005). *Математична освіта: компетентнісний підхід з використанням ІКТ*. Харків, Факт.
22. Семенов, І. (1999). Інтеграція та диференціація в науці та професійній освіті. *Педагогіка і психологія професійної освіти*, 3, 37–44.
23. Сканаві, М.І. (Ред.) (1994). *Збірник задач з математики для вступників до вузів*. Київ, Вища школа.
24. Скафа, О., & Тутова, О. (2009). *Комп'ютерно-орієнтовані уроки в евристичному навчанні математики: навчально-методичний посібник*. Донецьк, Вебер.
25. Эрдниев, П.М. (1992). *Укрупнение дидактических единиц как технология обучения (ч. 1)*. Москва, Просвещение.
26. Эрдниев, П.М., & Эрдниев, Б.П. (1986). *Укрупнение дидактических единиц в обучении математике: книга для учителя*. Москва, Просвещение.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Birgin, O., & Uzun Yazıcı, K. (2021). The effect of GeoGebra software – supported mathematics instruction on eighth-grade students' conceptual understanding and retention. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 925–939. <https://doi.org/10.1111/jcal.12532>.
- Botuzova, Yu. (2020). Factors of Providing the Continuity of Teaching Mathematics During Transition from High School to University. *Universal Journal of Educational Research*, 8(3), 857–865. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080316>.
- Gogovska, V., & Malcheski, R. (2012). Improvement of Intra-disciplinary Integration of Mathematics Instruction. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 46, 5420–5424. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.450>.
- Rizhniak, R., Pasichnyk, N., Krasnoshchok, I., Botuzova, Yu., & Akbash, K. (2020). Construction of Theoretical Model for Sustainable Development in Future Mathematical Teachers of Higher Education. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5), 2079–2089. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080546>.
- Rizhniak, R., Pasichnyk, N., Zavitrenko, D., Akbash, K., & Zavitrenko, A. (2021). The Implementation of an integrative Approach to Learning with use of integrated Images. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 13(1), <https://doi.org/10.18662/rrem/13.1/373>.
- Treacy, P., & O'Donoghue, J. (2013). Authentic Integration: a model for integrating mathematics and science in the classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2013.868543>.
- Bruner, J. (1977). *Psihologija poznaniya [Psychology of cognition]*. Moscow: Progress. (in Russian).
- Vozniuk, O.V. (2009). *Tsilovi oriientyry rozvytku osobystosti u systemi osvity: intehtatyvnyi pidkhd [Target orientations of personality development in the education system: an integrative approach]*. Zhytomyr, Publishing House of Zhytomyr Ivan Franko State University. (in Ukrainian).
- Hladiuk, T., & Mishchuk, N. (1999). Pidhotovka maibutnykh uchyteliv do zdiisnennia intehtatyvnoho pidkhdou v navchannia pryrodnych dystrylin [Training future teachers for the implementation of an integrative approach to the teaching of natural sciences]. *Pedahohika i psykholohiia profesiinoi osvity – Pedagogy and psychology of professional education*, 3, 9–12. (in Ukrainian).
- Ivanchuk, M.H. (2004). *Intehrovane navchannia: sutnist ta vykhovnyi potentsial [Integrated learning: essence and educational potential]*. Chernivtsi, Ruta. (in Ukrainian).
- Ilchenko, V.R. (1994). Konstruiuvannia tsilisnosti zmistu osvity [Constructing the integrity of the content of education]. *Postmetodyka – Postmethodology*, 2, 2–5. (in Ukrainian).
- Ilchenko, V.R. (1999). *Osvitnia prohrama "Dovkillia": Intehtatsiia zmistu pryrodnychnonaukovoi osvity: Kontsept. zasady [Curriculum "Environment": Integration for science education: Conceptual foundations]*. APN Ukrainy, Instytut ped APN Ukrainy. K., Poltava. (in Ukrainian).
- Kedrov, B.M. (1988). *Nauki v ih vzaimosvjazi. Istorija. Teorija. Praktika [Sciences in their relationship. Story. Theory. Practice]*. Moscow. (in Russian).
- Klepko, S.F. (1998). *Intehtatyvna osvita i polimorfizm znannia [Integrative education and polymorphism of knowledge]*. Kyiv-Poltava-Kharkiv, POIPOP. (in Ukrainian).
- Kozlovskaya, I.M. (1999). Filosofsko-metodolohichni aspekty intehtatsii znan u zmistu suchasnoi osvity [Philosophical and methodological aspects of the integration of knowledge in the content of modern education]. *Pedahohika i psykholohiia profesiinoi osvity – Pedagogy and psychology of professional education*, 3, 56–61. (in Ukrainian).
- Kozlovskaya, I.M. (2001). *Teoretychni ta metodychni osnovy intehtatsii znan uchniv profesiino-tehnichnoi shkoly: avtoreferat dys. doktora ped. nauk [Theoretical and methodological foundations of the integration of knowledge of vocational school students: Abstract of the dissertation of the Doctor of Pedagogical Sciences]*. Kyiv. (in Ukrainian).
- Litvinenko, V.N., & Mordkovich, A.G. (1995). *Praktikum po jelementarnoj matematike: Algebra. Trigonometrija: Uchebnoe posobie dlja studentov fiz.-mat. special'nostej ped. Institutov [Elementary mathematics workshop: Algebra. Trigonometry: A textbook for students of pedagogic institutes]*. Moscow, ABF. (in Russian).
- Moshtuk, V.V. (1991). *Dydaktychni umovy intehtatsii sporidnykh navchalnykh predmetiv: Dys. kand. ped. nauk [Didactic conditions of integration of related educational subjects: Dissertation of Ph.D.]*. Kyiv. (in Ukrainian).
- Nichyshyna, V.V. (2008). *Intehtatyvnyi pidkhd do vyvchennia matematychnykh dystrylin u protsesi pidhotovky maibutnykh vchyteliv matematyky: Avtoref. dys. kand. ped. nauk [An integrative approach to the study of mathematical disciplines in the process of training future teachers of mathematics: Abstract of the dissertation of Ph.D.]*. Kirovohrad. (in Ukrainian).
- Pasichnyk, N.O., & Rizhniak, R.Y. (2020). Rozviazuvannia matematychnykh zadach z realizatsiieiu polipredmetnykh (ekonomika, informatyka, matematika) intehtatyvnykh komponentiv [Solving of mathematical problems with the implementation of multipicrultural (economics, informatics, mathematics) integrative components]. *Fyzyko-matematychna osvita – Physical and mathematical education*, 2 (24), 113–122. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-024-2-016>. (in Ukrainian).
- Rakov, S.A. (2005). *Matematychna osvita: kompetentnisnyi pidkhd z vykorystanniam IKT [Mathematical education: a competency-based approach using ICT]*. Kharkiv, Fakt. (in Ukrainian).
- Semenov, I. (1999). Intehtatsiia ta dyferentsiatsiia v nauksy ta profesiinii osvity [Integration and differentiation in science and professional education]. *Pedahohika i psykholohiia profesiinoi osvity – Pedagogy and psychology of professional education*, 3, 37–44. (in Ukrainian).
- Skanavi, M.I. (1994). *Zbirnyk zadach z matematyky dlja vstupnykh do vtuziv [Collection of problems in mathematics for entrants to higher technical educational institutions]*. Kyiv, Vyshcha shkola. (in Ukrainian).
- Skafa, O., Tutova, O. (2009). *Kompiuterno-oriientovani uroky v evrystychnomu navchanni matematyky: navchalno-metodychnyi posibnyk [Computer-oriented lessons in heuristic teaching of mathematics: a teaching and methodical guide]*. Donetsk, Veber. (in Ukrainian).
- Jerdniev, P.M. (1992). *Ukrupnenie didakticheskikh edinits kak tehnologija obuchenija [Enlargement of didactic units as a learning technology]*. Moscow, Prosveshchenie. (in Russian).
- Jerdniev, P.M., & Jerdniev, B.P. (1986). *Ukrupnenie didakticheskikh edinits v obuchenii matematike: kniga dlja uchitelja [Enlargement of didactic units in teaching mathematics: a book for the teacher]*. Moscow, Prosveshchenie. (in Russian).



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.
 Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-003

УДК 378.147:33-051

ПРОФЕСІЙНІ СЕРВІСИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ЕКОНОМІСТІВ: ДУМКА ЕКСПЕРТІВ

Олена ГЛАЗУНОВА

Національний університет біоресурсів
 і природокористування, Україна
 o-glazunova@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0136-4936>

Таїсія САЯПІНА ✉

Національний університет біоресурсів
 і природокористування, Україна
 t_sayapina@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-9905-4268>

Валентина КОРОЛЬЧУК

Національний університет біоресурсів
 і природокористування, Україна
 korolchuk@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3145-8802>

PROFESSIONAL SERVICES AND TOOLS FOR THE TRAINING OF THE FUTURE ECONOMICS: EXPERT OPINION

Olena GLAZUNOVA

National University of Life
 and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
 o-glazunova@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0136-4936>

Taisiia SAIAPINA ✉

National University of Life
 and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
 t_sayapina@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-9905-4268>

Valentyna KOROLCHUK

National University of Life
 and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
 korolchuk@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3145-8802>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Використання цифрових технологій трансформуює галузі економіки та процеси взаємодії між учасниками економічної діяльності, тому формування та розвиток цифрових компетентностей у майбутніх економістів, як загальних, так і професійних, є одним з основних завдань сучасних закладів вищої освіти у підготовці таких фахівців та вдосконаленні їхньої кваліфікації, що відповідає сучасним вимогам ринку праці.

Матеріали і методи. З метою вирішення поставленої проблеми було здійснено аналіз, класифікацію, систематизацію наукових джерел та застосовано метод експертного оцінювання для проведення експертної оцінки професійних сервісів та інструментів, які є найбільш ефективними у застосуванні при підготовці майбутніх економістів.

Результати. Стаття узагальнює результати педагогічного дослідження за участю 20 студентів-експертів, які навчалися за спеціальністю 051 «Економіка» освітньої програми «Економіка підприємства» НУБІП України. Визначено категорії професійних сервісів та інструментів для підготовки майбутніх фахівців, здійснено добір професійних сервісів та інструментів для кожної складової цифрової компетентності та відповідно проведено їх експертну оцінку.

Висновки. Результати проведеного дослідження дали змогу провести добір професійних інструментів та сервісів, які доцільно використовувати для формування кожної з складових цифрової компетентності, а саме: «Цифрова ідентичність», «Цифрове використання», «Цифрові ризики», «Цифрова безпека», «Цифровий емоційний інтелект», «Цифрова комунікація», «Цифрова грамотність» та «Цифрові права» в рамках вивчення дисципліни Інформаційні системи та технології в економіці. Виділені сервіси та інструменти для формування цифрової компетентності майбутніх економістів охоплювали широкий спектр саме професійних інструментів для організації різних видів навчальної діяльності студентів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: професійні сервіси; професійні інструменти; підготовка майбутніх економістів; формування цифрової компетентності.

ABSTRACT

Formulation of the problem. The use of digital technologies transforms the branches of the economy and the processes of interaction between the participants of economic activity, therefore the formation and development of digital competencies of the future economists, both general and professional, is one of the main tasks of modern institutions of higher education in training such specialists and improving their qualifications, which meets the modern requirements of the labor market.

Materials and methods. In order to solve the problem, the analysis, classification, and systematization of scientific sources were carried out, and the method of expert evaluation to conduct an expert evaluation of professional services and tools that are the most effective in training future economists was used.

The results. The article summarizes the results of a pedagogical study with the participation of 20 student-experts who studied in the specialty 051 "Economics" of the educational program "Economics of Enterprise" of the NULES of Ukraine. The categories of professional services and tools for the training of the future specialists were defined, the selection of professional services and tools for each component of the digital competence was carried out and their expert evaluation was carried out accordingly.

Conclusions. The results of the research made it possible to select professional tools and services that should be used for the formation of each of the components of digital competence, namely: "Digital identity", "Digital use", "Digital risks", "Digital security", "Digital emotional intelligence", "Digital Communication", "Digital Literacy" and "Digital Rights" as part of studying the discipline Information Systems and Technologies in the Economy. The dedicated services and tools for the formation of digital competence of future economists covered a wide range of professional tools for the organization of various types of educational activities for students.

KEYWORDS: professional services; professional tools; training of future economists; formation of digital competence.

Для цитування:

Глазунова О., Саяпіна Т., Корольчук В. (2022). Професійні сервіси та інструменти для підготовки майбутніх економістів: думка експертів. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 26-31. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-003

Глазунова О., Саяпіна Т., Корольчук В. (2022). Професійні сервіси та інструменти для підготовки майбутніх економістів: думка експертів. *Фізико-математична освіта*, 36(4), 26-31. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-003>

For citation:

Glazunova O., Saiapina T., Korolchuk V. (2022). Professional services and tools for the training of the future economics: expert opinion. *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 26-31. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-003>

Glazunova O., Saiapina T., Korolchuk V. (2022). Profesijni servisy ta instrumenty dlia pidhotovky maibutnih ekonomistiv: dumka ekspertiv [Professional services and tools for the training of the future economics: expert opinion]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 26-31. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-003>

ВСТУП

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку світової економіки цифрові інструменти супроводжують всі аспекти економічної діяльності, а цифрові технології та електронний спосіб ведення бізнесу стають базисними. Розвиток інформаційних технологій на яких сьогодні базується цифрова економіка впливають на традиційну економіку, трансформуючи її від такої, яка споживає ресурси, до економіки, яка створює нові ресурси. Дані, що генеруються та забезпечують інформаційну та комунікаційну взаємодію завдяки функціонуванню цифрових пристроїв, засобів і систем є ключовим ресурсом цифрової економіки.

Аналіз актуальних досліджень. Базовими елементами всіх сфер життя людини є доступ до різноманітної інформації, інтенсивність використання, цифрова взаємодія. Підвищення рівня цифрової компетентності майбутніх фахівців є важливим не лише для особистісного зростання, а є запорукою конкурентоспроможності на сучасному ринку праці. В Стандарті вищої освіти України за спеціальністю 051 «Економіка» для першого (бакалаврського) рівня (2018) зазначено перелік компетентностей випускників, що пов'язані з використанням цифрових технологій, з яких: *загальні* (ЗК7. Навички використання інформаційно-комунікаційних технологій; ЗК8. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел); *фахові* (СК7. Здатність застосовувати комп'ютерні технології та програмне забезпечення з обробки даних для вирішення економічних завдань, аналізу інформації та підготовки аналітичних звітів.) які частково співвідносяться з складовими цифрового інтелекту. Враховуючи вимоги Стандарту цифрового інтелекту IEEE 3527.1-2020 (2020), вимоги роботодавців та освітній стандарт підготовки фахівців за спеціальністю «Економіка» пропонується структура цифрової компетентності майбутнього економіста з відповідними складовими: цифрова ідентичність, цифрове використання, цифрові ризики, цифрова безпека, цифровий емоційний інтелект, цифрова комунікація, цифрова грамотність, цифрові права (Саяпіна, 2021).

Т. Бережна, С. Заєць та С. Шибіріна аналізують сучасні теоретичні основи та підходи до розвитку цифрової грамотності в рамках процесу навчання впродовж життя: а саме один із інструментів визначення рівня сформованості цифровий компетентності за допомогою тесту Цифрограма, моделі цифрової компетентності громадян DigComp – The Digital Competence Framework for Citizens (Berezhna et al., 2022; Carretero et al., 2017).

Формування цифрової компетентності майбутніх економістів з використанням різних сервісів і ресурсів досліджували: В. Зінченко, Р. Манна, О. Кравченко та І. Ганжали, В. Бондаренко та інші. На думку Т. Прийдак, Л. Яловега та інших (Прийдак, Яловега, Лега, Мисник, Зоря, 2019) формування цифрової компетентності в процесі підготовки майбутніх економістів у закладах вищої освіти доцільно використовувати різні інструменти, а саме: системи управління навчанням (Moodle); гаджети для унаочнення навчального матеріалу (мультимедійні комплекси); засоби підтримки самостійної та проектної роботи (персональні настільні та портативні комп'ютери, мережні застосунки, прикладне програмне забезпечення тощо). Р. Манн рекомендує для проведення різних видів діяльності в процесі підготовки майбутніх економістів використовувати програмно-імітаційні комплекси, електронні системи передавання банківської інформації (SWIFT, «Клієнт-банк» тощо), різноманітне спеціалізоване програмне забезпечення (Манн, 2018).

У своєму дослідженні І. Періаньес-Каньядільяс (I. Periañez-Cañadillas), Дж. Чартеріна (J. Charterina), Х. Пандо-Гарсія (J. Pando-García) демонструють вплив цифрових компетентностей, а саме комунікації, створення контенту, безпеки та вирішення проблем впливають на придатність кандидатів та успіх у пошуку роботи у бізнесі (Periañez-Cañadillas et al., 2019).

На думку Г. Папагеоргіу (G. Papageorgiou), С. Михай-Яннакі (S. Mihai-Yiannaki), М. Іоанну (M. Ioannou), Д. Варнава-Маручоу (D. Varnava-Marouchou), Д. Марнерос (D. Marneros) освіта в сфері підприємництва повинна наздоганяти поточні події в сучасному інформаційному середовищі, оскільки всі форми ведення бізнесу стають все більш цифровими, а підприємництво потребує нових підходів для здобуття теоретичних знань та практичних навичок на основі формування цифрових компетентностей (Papageorgiou et al., 2021).

Д. Джасперсон (J. Jaspersen), П. Картеб (P. Carter), Р. Змуд (R. Zmud) зазначають, що в сучасному світі організації інвестують значні кошти в інформаційні технології для підтримки їх робочих процесів, але наявні дані свідчать про те, що функціональний потенціал цих встановлених ІТ-додатків використовується недостатньо, більшість ІТ-користувачів застосовують вузький діапазон функцій, працюють на низькому рівні використання функцій і рідко ініціюють розширення доступних функцій (Jaspersen et al., 2005).

Результати дослідження Л. Йонеску-Фелеага (L. Ionescu-Feleaga) Б.-Ш. Йонеску (B.-Ş. Ionescu,) та М. Бунеа (M. Bunea) вказують на те, що студенти економічного факультету готові сприймати нові технологічні досягнення, впроваджувати їх у своїй майбутній роботі та знання сучасних інструментів стають все більш важливими для професійної діяльності в контексті цифровізації та онлайн-діяльності, під час пандемії (Ionescu-Feleaga et al., 2021).

Мета статті. проаналізувати та визначити найбільш ефективні професійні сервіси та інструменти для підготовки майбутніх економістів.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розв'язання завдань дослідження здійснено аналіз стану дослідження у наукових публікаціях вітчизняних та зарубіжних дослідників. Для визначення професійних інструментів, які необхідно використовувати для формування цифрової компетентності майбутніх економістів було застосовано метод експертного оцінювання.

Для експертного оцінювання було залучено 20 експертів, котрі є потенційними роботодавцями (працівники бізнес-організацій). У межах дослідження було запропоновано вказаним експертам оцінити доцільність використання професійних інструментів для формування цифрової компетентності за чотирьох бальною шкалою. Оцінювання інструментів здійснювалося за такими параметрами: 0 балів – недоцільно використовувати; 1 бал – більше недоцільно ніж доцільно використовувати; 2 бали – більше доцільно ніж недоцільно використовувати; 3 бали – доцільно використовувати. Інструмент вважається доцільним для застосування, якщо середня оцінка експертів даного інструменту становить не менше 1,5 бала.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Процеси цифрової трансформації економіки України та світу, а також сучасні вимоги роботодавців до випускників закладів освіти, зумовлюють постійне оновлення існуючих класичних підходів до формування компетентностей у процесі підготовки фахівців економічного профілю. Володіння прикладними інструментами для обробки економічної інформації (операційні системи, програмне забезпечення офісних додатків, бази даних, сервіси для аналізу та візуалізації даних) у студентів зазвичай формується під час вивчення інформатичних дисциплін, зокрема, дисципліни «Інформаційні технології». Але такі дисципліни мають включати не лише теми для формування базових вмінь, а й таких вмінь, які відповідають вимогам сьогодення до успішного фахівця економічного профілю, наприклад: ідентифікувати себе та бізнес в інтернет-середовищі; швидко опанувати та застосувати запропоновані програмні продукти та сервіси; вміти комунікувати та взаємодіяти в цифровому середовищі; грамотно та безпечно організовувати колективну роботу із застосуванням ефективних онлайн інструментів, платформ та сервісів.

Досвід формування цифрової компетентності майбутніх економістів у процесі професійної підготовки студентів акцентує увагу на важливості якісної матеріально технічної бази закладу освіти, проектування та використання цифрових середовищ навчання, соціально-комунікативних технологій, долучення до освітнього процесу роботодавців в ролі спікерів. Поеднання сучасних педагогічних інструментів та цифрових технологій дає можливість сформулювати затребуваного на ринку праці фахівця в сфері економіки, який володітиме необхідними цифровими компетентностями. У дослідженні Т. Саяпіною було визначено 8 категорій, за якими можна структурувати цифрову компетентність: цифрова ідентичність, цифрове використання, цифрові ризики, цифрова безпека, цифровий емоційний інтелект, цифрова комунікація, цифрова грамотність, цифрові права (Саяпіна, 2021). Для кожної категорії визначено професійні сервіси та інструменти, які можуть бути використані для формування відповідної складової. Основні сервіси та інструменти для формування цифрової компетентності майбутніх економістів охоплюють широкий спектр професійних засобів для організації різних видів навчальної діяльності.

У таблиці 1 наведено результати експертної оцінки щодо пріоритетності професійних сервісів та інструментів відповідно до кожної складової цифрової компетентності майбутніх економістів. Середня оцінка експертів визначалася як середнє арифметичне оцінок, які надали 20 експертів за кожною категорією професійних сервісів та інструментів.

Таблиця 1

**Загальний вигляд таблиці фіксування балів,
що показують пріоритетність категорій професійних сервісів та інструментів**

Складові цифрової компетентності	Категорії професійних сервісів та інструментів	Бали	Середня оцінка експертів
Цифрова ідентичність	Сервіси для цифрової ідентифікації та автентифікації користувачів	1...4	2,31
	Сервіси для отримання ЕЦП та печатки	1...4	2,19
	Сервіси для формування електронної позначки часу	1...4	1,32
Цифрове використання	Електронні системи публічних закупівель	1...4	1,27
	Сервіси електронного документообігу	1...4	2,18
	Сервіси електронної торгівлі	1...4	1,87
	ERP-системи	1...4	2,46
	Сервіси для управління, обліку та бізнес-аналізу	1...4	2,49
	CRM-системи	1...4	2,45
	Системи просування товарів і послуг (маркетплейси)	1...4	1,8
	Сервіси контекстної реклами	1...4	2,1
Цифрові ризики	Сервіси пошуку інформації про юридичних та фізичних особам-підприємців України	1...4	1,63
	Сервіси виявлення показників ризику взаємозв'язків між учасниками торгів	1...4	2,11
	Сервіси перевірки інформації про контрагентів	1...4	2,07
Цифрова безпека	Сканери вразливості мережі та антивірусні програми	1...4	1,98
	Онлайн сканери портів	1...4	1,23
	Сервіси для аналізу шифрування даних і файлів	1...4	1,72
	Сервіси для аналізу вразливості веб-додатків	1...4	1,17
Цифровий емоційний інтелект	Сервіси створення карт емпатії	1...4	1,22
	Сервіси групової роботи	1...4	1,96
Цифрова комунікація	Поштові системи	1...4	1,63
	Соціальні мережі	1...4	1,09
	Сервіси для онлайн зустрічей	1...4	1,31
	Месенджери	1...4	1,54
Цифрова грамотність	Сервіси для обробки даних	1...4	2,38
	Портали відкритих даних	1...4	1,79
Цифрові права	Інформаційні системи пошуку законодавчих документів	1...4	1,69
	Реєстр юридичних осіб, фізичних осіб - підприємців та громадських формувань	1...4	1,82
	Правова система LIGA:ZAKON	1...4	1,77
	Сервіси для сплати судового збору онлайн	1...4	1,42

У межах дослідження було запропоновано вказаним експертам проранжувати підібрані професійні інструменти за ступенем доцільності їх використання для формування цифрової компетентності у межах кожної складової.

Для формування цифрового використання було підібрано такі професійні інструменти: електронні системи публічних закупівель, сервіси електронного документообігу, сервіси електронної торгівлі, ERP-системи, сервіси для управління, обліку та бізнес-аналізу, CRM- системи, системи просування товарів і послуг (маркетплейси), сервіси контекстної реклами. Відповідно, до пропонованої оцінки, 8 -балів – отримувала категорія професійних інструментів, яку найбільш доцільно використовувати під час формування цифрового використання, 1 бал – найменш доцільна у використанні. Для визначення ступеню узгодженості думок експертів по доцільності використання підібраних професійних інструментів було використано коефіцієнт конкордації Кендалла, який дозволяє оцінити, наскільки узгодженим між собою є ранжирування n об'єктів, побудовані групою m експертів $|R_{i,j}|$ ($j = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n$), де g_{ij} – ранг, що надається j -м експертом i -му об'єкту і обчислюється за формулою:

$$W = \frac{S(d^2)}{S_{\max}(d^2)} = \frac{12 \cdot S(d^2)}{m^2(n^3 - n)},$$

$$S = \sum_{j=1}^n d_j^2,$$

$$d_j = S_j - 0,5 \cdot m \cdot (n + 1),$$

$$S_j = \sum_{i=1}^m R_{i,j},$$

де S_j – сумарний ранг j -го показника (головний параметр оцінювання значущості показника);

$j = 1, 2, 3, \dots, n$;

n – кількість показників;

m – кількість експертів;

$R_{i,j}$ – ранг j -го показника, визначений i -тим експертом.

Статистичне опрацювання отриманих результатів оцінки професійних інструментів при формуванні складової цифрової компетентності «Цифрове використання» представлено у таблиці 2.

Для оцінки значимості отриманого коефіцієнта конкордації було розраховано критерії кореляції Пірсона: $\chi^2 = m(n - 1)W$.

Таблиця 2

Статистичне опрацювання отриманих результатів оцінки професійних інструментів при формуванні складової цифрової компетентності «Цифрове використання»

Професійний інструмент	Сума рангів	dj	dj2
Електронні системи публічних закупівель	99	9	81
Сервіси електронного документообігу	111	21	441
Сервіси електронної торгівлі	106	16	256
ERP-системи	121	31	961
Сервіси для управління, обліку та бізнес-аналізу	142	52	2704
CRM- системи	78	-12	144
Системи просування товарів і послуг (маркетплейси)	37	-53	2809
Сервіси контекстної реклами	26	-64	4096
Коефіцієнт конкордації			0,68
Розрахунковий χ^2			95,2
Табличний χ^2			14,1

Отриманий коефіцієнт конкордації становить 0,681, що свідчить про високий ступінь узгодженості думок експертів. Порівнявши обчислений χ^2 з табличним значенням для числа ступенів свободи $K = n - 1 = 8 - 1 = 7$ і при заданому рівні значущості $\alpha = 0.05$ так як χ^2 розрахунковий 95.89 > табличного (14,1), то $W = 0,68$ – величина не випадкова, а тому отримані результати є статистично значущими.

У результаті для формування складової цифрової компетентності «Цифрове використання» доцільно використовувати наступні професійні інструменти, а саме сервіси для управління, обліку та бізнес-аналізу, ERP-системи, сервіси електронного документообігу та сервіси електронної торгівлі.

Зведена оцінка експертів за п'ятьма категоріями професійних сервісів, які доцільно використовувати при формуванні складової цифрової компетентності «Цифрове використання» наведені на рис. 1.



Рис. 1. Оцінка професійних сервісів для формування складової «Цифрове використання» експертами

З метою формування складової цифрової компетентності майбутніх економістів «Цифрове використання» доцільно використовувати сервіси: електронного документообігу – модуль електронного документообігу (ЕДО) в BAS (<https://flydoc.in.ua>), Діловод, кабінет електронних сервісів (<https://kap.minjust.gov.ua>); електронної торгівлі – Clarity Project – аналіз публічних закупівель і їх учасників clarity-project.info; ERP-системи – 1С:Підприємство, BAS ERP-система.

Аналогічно здійснено добір та оцінку професійних інструментів для інших складових цифрової компетентності.

При формуванні складової цифрової компетентності майбутніх економістів «Цифрова ідентичність» доцільно використовувати сервіси для цифрової ідентифікації та автентифікації користувачів та сервіси для отримання електронного цифрового підпису (ЕЦП) та печатки. До сервісів для цифрової ідентифікації та автентифікації користувачів нами віднесено - інтегровану систему електронної ідентифікації (ID.GOV.UA), до сервісів для отримання ЕЦП та печатки нами віднесено - Акредитований центр сертифікації ключів – ПриватБанк (<https://acsk.privatbank.ua/certs%20->) та Центральний засвідчувальний орган (<https://czo.gov.ua/>).

Для формування складової цифрової компетентності майбутніх економістів «Цифрові ризики» доцільно використовувати сервіси пошуку інформації про юридичних та фізичних особам-підприємців України, сервіси виявлення показників ризику взаємозв'язків між учасниками торгів; сервіси перевірки інформації про контрагентів. До сервісів пошуку інформації про юридичних та фізичних осіб-підприємців України нами віднесено - сервіс ЕДР Інфо (EdrInfo). До сервісів виявлення показників ризику взаємозв'язків між учасниками торгів віднесено систему ProZorro. До сервісів перевірки інформації про контрагентів: Youcontrol – повна інформація на кожну компанію України (https://youcontrol.com.ua/sign_in/). Для формування складової цифрової компетентності майбутніх економістів «Цифрова безпека» доцільно використовувати сканери вразливості мережі (Xspider, AppSentry компанії Integrity (<http://www.integrigy.com/products/appsentry>)) та антивірусні програми (AVG, Bitdefender, Norton), а також сервіси для аналізу шифрування даних файлу (мультіплатформний Eset).

Для формування складової цифрової компетентності майбутніх економістів «Цифровий емоційний інтелект» доцільно використовувати сервіси групової роботи (Google Meet, Cisco Webex, Zoom, XPLANE).

Для формування складової цифрової компетентності майбутніх економістів «Цифрова комунікація» перевага надавалась поштовим системам (Microsoft Outlook, Google Пошта) та месенджерам (Viber, Telegram, WhatsApp, Facebook, Messenger, Slack).

Для формування складової цифрової компетентності майбутніх економістів «Цифрова грамотність» доцільно використовувати сервіси для обробки даних та портали відкритих даних. Серед сервісів обробки даних перевага надавалась програмним продуктам Microsoft 365 та Google Документам. Серед порталів відкритих даних перевага надавалась використанню Українського порталу відкритих даних (<https://data.gov.ua/>).

Для формування складової цифрової компетентності майбутніх економістів «Цифрові права» перевага у використанні надавалась інформаційним системам пошуку законодавчих документів, реєстру юридичних осіб, фізичних осіб – підприємців та громадських формувань та правовій системі. До інформаційних систем пошуку законодавчих документів нами було віднесено: кабінет електронних сервісів (<https://kap.minjust.gov.ua>)[95], інформаційно-пошукова система "Законодавство" (<http://ippi.org.ua/zakonodavstvo>), Нормативно-правова база України на порталі ВРУ (<https://zakon.rada.gov.ua/laws>). До реєстру юридичних осіб, фізичних осіб – підприємців та громадських формувань було віднесено: кабінет електронних сервісів (<https://kap.minjust.gov.ua>), Міністерство Юстиції України (<https://usr.minjust.gov.ua/content/free-search>). До правової системи нами було віднесено Інформаційно-правова та комунікаційна платформа для бізнесу LIGA:ZAKON (<https://www.ligazakon.ua/ua/>) та Право в Україні (<http://pravo.in.ua/>).

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

В результаті нашого дослідження було здійснено добір професійних інструментів і сервісів до кожної складової цифрової компетентності майбутніх економістів, застосувавши метод експертного оцінювання. При формуванні складових цифрової компетентності майбутніх економістів, зокрема: «Цифрова ідентичність» використовували сервіси для цифрової ідентифікації та автентифікації користувачів та сервіси для отримання електронного цифрового підпису і печатки; «Цифрове використання» - перевага надавалась використанню сервісів для електронного документообігу, сервісів електронної торгівлі, ERP-системам; «Цифрові ризики» - доцільно використовувати сервіси пошуку інформації про юридичних та фізичних особам підприємців України, сервіси виявлення показників ризику взаємозв'язків між учасниками торгів та сервіси перевірки інформації про контрагентів; «Цифрова безпека» доцільно використовувати сканери вразливості мережі та антивірусні програми; «Цифровий емоційний інтелект» доцільно використовувати сервіси групової роботи; «Цифрова комунікація» перевага надавалась поштовим системам та месенджерам; «Цифрова грамотність» доцільно використовувати сервіси для обробки даних та портали відкритих даних; «Цифрові права» перевага у використанні надавалась інформаційним системам пошуку законодавчих документів, реєстру юридичних і фізичних осіб – підприємців та громадських формувань та правовій системі

Перспективами подальшого дослідження є розробка методики використання професійних сервісів та інструментів для підготовки майбутніх економістів та їх впливу на формування цифрової компетентності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Berezhna, T., Zaiets, S., & Shybirina, S. (2022). Formation and self-development of the students' digital competencies within the lifelong learning system. *Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings*, 3104, 31-42.
2. Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). *The digital competence framework for citizens*. Publications Office of the European Union.
3. IEEE (2020). *Стандарт IEEE для цифрового інтелекту (DQ) - Основи цифрової грамотності, навичок та готовності*. https://standards.ieee.org/standard/3527_1-2020.html#Additional
4. Ionescu-Feleaga, L., Ionescu, B.-Ş., & Bunea, M. (2021). The IoT Technologies Acceptance in Education by the Students From the Economic Studies in Romania. *Amfiteatru Economic*, 23(57), 342-359.

5. Jasperson, J., Carter, P., & Zmud, R. (2005). A comprehensive conceptualization of post-adoptive behaviors associated with information technology enabled work systems. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 29(3), 525-557. <https://doi.org/10.2307/25148694>.
6. Papageorgiou, G., Mihai-Yiannaki, S., Ioannou, M., VarnavaMarouchou, D., & Marneros, S. (2021). Entrepreneurship Education in an Era of Digital Communications. Universities and Entrepreneurship: Meeting the Educational and Social Challenges (Contemporary Issues in Entrepreneurship Research, Vol. 11), Emerald Publishing Limited, Bingley, 65- 77. <https://doi.org/10.1108/S2040-724620210000011005>.
7. Periañez-Cañadillas, I., Charterina, J., & Pando-García, J. (2019). Assessing the relevance of digital competences on business graduates' suitability for a job. *Industrial and Commercial Training*, 51(3), 139-151. <https://doi.org/10.1108/ICT-09-2018-0076>.
8. Манн, Р. (2018). Деякі аспекти застосування інформаційно-комунікаційних технологій у підготовці майбутніх економістів. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 64(2), 170-184. <https://doi.org/10.33407/itlt.v64i2.1933>.
9. Прийдак, Т., Яловега, Л., Лега, О., Мисник, Т., & Зоря, С. (2019). Розвиток цифрової компетентності як умова забезпечення конкурентоспроможності майбутніх економістів. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 5 (73), 28-47. <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.3035>.
10. Саяпіна, Т. П. (2021). *Формування цифрової компетентності майбутніх економістів у процесі професійної підготовки у закладах вищої освіти*. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 011 «Освітні, педагогічні науки». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ.
11. Стандарт вищої освіти України (2018). *Перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 05 «Соціальні та поведінкові науки», спеціальність: 051 «Економіка»*.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Berezhna, T., Zaiets, S., & Shybirina, S. (2022). Formation and self-development of the students' digital competencies within the lifelong learning system. *Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings*, 3104, 31-42.
2. Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). *The digital competence framework for citizens*. Publications Office of the European Union.
3. IEEE (2020). *Стандарт IEEE для цифрового інтелекту (DQ) - Основи цифрової грамотності, навичок та готовності*. https://standards.ieee.org/standard/3527_1-2020.html#Additional
4. Ionescu-Feleaga, L., Ionescu, B.-Ş., & Bunea, M. (2021). The IoT Technologies Acceptance in Education by the Students From the Economic Studies in Romania. *Amfiteatru Economic*, 23(57), 342-359.
5. Jasperson, J., Carter, P., & Zmud, R. (2005). A comprehensive conceptualization of post-adoptive behaviors associated with information technology enabled work systems. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 29(3), 525-557. <https://doi.org/10.2307/25148694>.
6. Papageorgiou, G., Mihai-Yiannaki, S., Ioannou, M., VarnavaMarouchou, D., & Marneros, S. (2021). Entrepreneurship Education in an Era of Digital Communications. Universities and Entrepreneurship: Meeting the Educational and Social Challenges (Contemporary Issues in Entrepreneurship Research, Vol. 11), Emerald Publishing Limited, Bingley, 65- 77. <https://doi.org/10.1108/S2040-724620210000011005>.
7. Periañez-Cañadillas, I., Charterina, J., & Pando-García, J. (2019). Assessing the relevance of digital competences on business graduates' suitability for a job. *Industrial and Commercial Training*, 51(3), 139-151. <https://doi.org/10.1108/ICT-09-2018-0076>.
8. Mann, R. V. (2018). Some aspects of information and communication technologies application in preparation of future economists. *Information Technologies and Learning Tools*, 64(2), 170-184. <https://doi.org/10.33407/itlt.v64i2.1933>. (in Ukrainian).
9. Pryidak T., Yaloveha L., Leha O., Mysnyk T., & Zoria S. (2019). Digital competence development as a condition for ensuring future economists' competitiveness. *Information Technologies and Learning Tools*, 73(5), 28-47. <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.3035>. (in Ukrainian).
10. Saiapina, T. P. (2021). *Formuvannya tsyfrovoy kompetentnosti maibutnikh ekonomistiv u protsesi profesiynoi pidhotovky u zakladakh vyshchoi osvity [Formation of digital competence of future economists in the process of professional training in institutions of higher education]*. Dysertatsiia na zdobuttia stupenia doktora filosofii zi spetsialnosti 011 "Osvitni, pedahohichni nauky" – Dissertation for obtaining the degree of Doctor of Philosophy in specialty 011 "Educational and pedagogical sciences". Natsionalnyi universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Kyiv. (in Ukrainian).
11. Standart vyshchoi osvity Ukrainy (2018). *Pershyi (bakalavrskiy) riven, haluz znan 05 «Sotsialni ta povedinkovi nauky» [First (bachelor) level, field of knowledge 05 "Social and behavioral sciences"]*, spetsialnist: 051 «Ekononika». (in Ukrainian).



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.
 Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-004

РЕАЛІЗАЦІЯ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ MS EXCEL

Наталія ГОНГАЛО ✉

Поліський Національний університет, Україна
 nataliahonhalo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1183-7215>

IMPLEMENTATION OF CROSS-DISCIPLINARY RELATIONS IN THE LEARNING PROCESS HIGHER MATHEMATICS USING MS EXCEL

Nataliia HONHALO ✉

Polissia National University, Ukraine
 nataliahonhalo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1183-7215>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. У сучасному світі математична освіта є важливим компонентом підготовки майбутніх інженерів. Вивчення математики відіграє ключову роль у освітній системі професійної освіти: з одного боку, виступає у ролі системотворчої ланки, суттєво впливаючи на інтелектуальну здібність студентів до навчання; з іншого боку, забезпечує готовність майбутніх фахівців до застосування математики в професійній діяльності та інших галузях. Така двоїстість впливає на вибір методів навчання та формування комплексу задач у процесі викладання математичних дисциплін. У статті розглянута реалізація міждисциплінарних зв'язків, як одного з можливих методів у навчанні вищої математики, що дозволяє розв'язувати наявні протиріччя між розрізненістю засвоєння знань і необхідністю їх застосування.

Матеріали і методи. В результаті дослідження був проведений системний аналіз наукової, навчальної та методичної літератури існуючого освітнього досвіду використання міждисциплінарних зв'язків до математичної підготовки майбутніх інженерів, узагальнення власного педагогічного досвіду викладання дисципліни «Вища математика» для студентів інженерних спеціальностей.

Результати. Представлена методика реалізації міждисциплінарних зв'язків вищої математики та фізики з використанням засобів MS Excel на прикладі інтегрованого практичного заняття на тему «Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь за формулами Крамера та матричним методом» для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». У якості прикладу застосування лінійної алгебри для розв'язання інженерних задач в галузі електротехніки наведено приклад розрахунку струмів у розгалужених лінійних електричних колах. Підкреслена важливість фундаментальної підготовки та професійного спрямування майбутніх інженерів під час вивчення математичних, загальноосвітніх та фахових дисциплін.

Висновки. Важливим фактором якісного викладання вищої математики студентам інженерних спеціальностей є реалізація міждисциплінарних зв'язків з іншими дисциплінами. Пропонований методичний підхід у проведенні зазначеного вище інтегрованого заняття дозволяє значно підвищити зацікавленість студентів до вивчення математики, сприяє процесу формування фахових та загальних компетентностей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: математична освіта; формули Крамера; матричний метод; розгалужене лінійне електричне коло; міждисциплінарні зв'язки; інженерна освіта; інтегроване заняття; засоби MS Excel.

ABSTRACT

Formulation the problem. In today's world, math education is an important component of training future engineers. The study of mathematics plays a key role in the educational system of vocational education: on the one hand, it acts as a system-creating link, significantly affecting the intellectual ability of students to learn; on the other hand, ensures the readiness of future professionals to apply mathematics in professional activities and other fields. This duality affects the choice of teaching methods and the formation of a set of problems in the teaching of mathematical disciplines. The article considers the implementation of cross-disciplinary links as one of the possible methods in teaching higher mathematics, which allows for the resolution of the existing contradictions between the differences in the acquisition of knowledge and the need for their application.

Materials and methods. As a result of the study, a systematic analysis of the scientific, educational and methodological literature of the existing educational experience of using cross-disciplinary links to mathematical training of future engineers, generalization of own pedagogical experience of teaching the discipline "Higher Mathematics" for engineering students.

Results. The method of realization of cross-disciplinary connections of higher mathematics and physics with the use of MS Excel on the example of an integrated practical lesson on "Solving systems of linear algebraic equations by Cramer's formulas and matrix method" for students majoring in "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". An example of the application of linear algebra to solve engineering problems in the field of electrical engineering is the example of calculating currents in branched linear electric circuits. The importance of fundamental training and professional orientation of future engineers in the study of mathematical, general, and professional disciplines is emphasized.

Conclusions. An important factor in the quality teaching of higher mathematics to engineering students is the implementation of cross-disciplinary links with other disciplines. The proposed methodological approach in conducting the above-mentioned integrated lesson allows significantly increases the interest of students in studying mathematics and contributes to the process of formation of professional and general competencies.

KEYWORDS: mathematical education; Cramer's formulas; matrix method; branched linear electric circuit; cross-disciplinary connections; engineering education; integrated lesson; MS Excel tools.

ВСТУП

Постановка проблеми. Проблема удосконалення математичної освіти майбутніх інженерів висуває передусім питання формування фундаментальної освіти студентів, але знання тільки окремих понять, фактів не сприяє формуванню цілісної картини об'єкту, що вивчається. У процесі вивчення математичних дисциплін студенти інженерних спеціальностей мають усвідомити, що математика дає зручні способи описання (моделі) різноманітних явищ реального світу. Математика як навчальний предмет має величезний світоглядний потенціал, що полягає насамперед у її міждисциплінарних зв'язках, які розкриваються в навчальному процесі при вирішенні прикладних завдань з різних предметних областей.

Для цитування:

Гонгало Н. Реалізація міждисциплінарних зв'язків в процесі навчання вищої математики з використанням MS Excel. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 32-37. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-004
 Гонгало, Н. (2022). Реалізація міждисциплінарних зв'язків в процесі навчання вищої математики з використанням MS Excel. *Фізико-математична освіта*, 36(4), 32-37. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-004>

For citation:

Honhalo, N. (2022). Implementation of cross-disciplinary relations in the learning process higher mathematics using MS Excel. *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 32-37. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-004>
 Honhalo, N. (2022). Realizatsiia mizhdysyplinarnykh zvyazkiv v protsesi navchannia vyshchoi matematyky z vykorystanniam MS Excel [Implementation of cross-disciplinary relations in the learning process higher mathematics using MS Excel]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 32-37. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-004>

Однак, як показує багаторічний педагогічний досвід та дослідження, недостатність змістовних зв'язків між дисципліною «Вища математика» та іншими дисциплінами є одною з суттєвих причин наявності у майбутніх інженерів не тільки формального засвоєння матеріалу, але і низького інтересу до математики. Брак часу, відведеного на вивчення математики на інженерних спеціальностях ускладнює розв'язання вказаної проблеми. Одним з можливих підходів до визначеного її розв'язання є реалізація міждисциплінарних зв'язків у процесі навчання математичних дисциплін з загальноосвітніми, фаховими дисциплінами на основі використання інформаційних комп'ютерних технологій (ІКТ).

Аналіз актуальних досліджень. Аналіз наукових доробок вітчизняних і зарубіжних дослідників показав, що у науковій літературі, під міждисциплінарними зв'язками розуміють систему відношень між знаннями, вміннями і навиками, що формуються в результаті послідовного відображення об'єктивних зв'язків із реальністю в засобах, методах і змісті навчальних дисциплін (Волобуєва, 2015). Дотримання міждисциплінарних зв'язків, як вважає Волобуєва (2015), є однією з важливих психолого-педагогічних умов підвищення науковості й доступності навчання, його зв'язку із навколишньою дійсністю, активізації підготовчої діяльності й удосконалення процесу формування знань, умінь і навичок у суб'єктів навчання. (Волобуєва, 2015). Однак, Страх та Лукашова (2016) зазначають, що встановлення міждисциплінарних зв'язків є досить складною задачею навіть у межах однієї спеціальності, оскільки передбачає не лише перегляд змісту програм відповідних навчальних дисциплін, а й узгодження методики роботи різних викладачів (Страх & Лукашова, 2016).

Теоретичні принципи реалізації міждисциплінарних зв'язків представлені в роботах О. Jacobs, J. Borland (1986), N.Heitzmann, A. Opitz, M. Stadler, D. Sommerhoff, M. Fink, A. Obersteiner, R. Schmidmaier, B. Neuhaus, S. Ufer, T. Seidel, M. Fischer, F. Fischer (2021), C. Hmelo-Silver, H. Jeong (2021) та інших. Jacobs & Borland (1986) пропонують міждисциплінарну концептуальну модель та наголошують на важливості співіснування міждисциплінарності та дисциплінарності, оскільки міцна орієнтація на дисципліну є необхідною для успіху міждисциплінарних досліджень (Jacobs & Borland, 1986). Міждисциплінарний зміст навчальних програм для студентів інженерних спеціальностей досліджували N. Mestrinho, B. Cavadas, (2018), S. Barnard, T. Hassan, B. Bagilhole, A. Dainty (2013), Navarro, Foutz (2016). Mestrinho & Cavadas (2018) зазначають, що інтеграція навчання природничих наук і математики дає змогу розвивати активність студентів, критичне та творче мислення, міркування та навички розв'язування проблем, водночас це сприяє глибшому концептуальному розумінню обох предметів (Mestrinho & Cavadas, 2018). Jackson (2022) аналізує можливість міждисциплінарних програм сприяти посиленню у студентів математичних навичок. (Jackson, 2022). Міждисциплінарні зв'язки, реалізовані у навчанні вимагають від студентів використання нового та попереднього знання з різних дисциплін, їх застосувати до проблем реального світу, що посилює якість освіти (Navarro & Foutz, 2016).

Методологічні підходи до реалізації міждисциплінарних зв'язків під час викладання математичних дисциплін для студентів інженерних спеціальностей висвітлено в працях О. Грицюк, О. Беспарточної (2016), О.Дюженкової (2018), A. Costa, M. Ferreira, A. Barata, C. Viterbo, J. Rodrigues, J. Magalhães (2018) та інших. Серед основних принципів організації математично підготовки, Грицюк та Беспарточна (2016) бачать фундаментальність та інтеграцію на рівні міждисциплінарних зв'язків, а перспективною формою організації занять з математики в вважають інтегровані заняття (Грицюк & Беспарточна, 2016). Дюженкова (2018) розглядає основні підходи, що дають можливість встановити міждисциплінарні зв'язки при вивченні математичних дисциплін студентами інженерних спеціальностей, зокрема, в енергетичній галузі (Дюженкова, 2018). Дюженкова (2018) наголошує, що для якісного засвоєння матеріалу важливо не тільки розуміти суть основних математичних понять і тверджень, а й тлумачити їх з точки зору інших наук та вміти застосовувати для розв'язання професійних задач (Дюженкова, 2018).

Hmelo-Silver & Jeong (2021) узагальнили низку наукових робіт по висвітленню досліджень теорії та практики поєднання освіти та комп'ютерних технологій. Вони вважають, що сумісне навчання з комп'ютерною підтримкою є міждисциплінарним за своєю концепцією (Hmelo-Silver & Jeong, 2021). Реалізація міждисциплінарних зв'язків у процесі навчання вищої математики посилює пізнавальну діяльність студентів, дозволяє перетворити математичні методи на робочий інструмент майбутнього інженера, а використання ІКТ дозволяє будувати навчальний процес більш ефективно.

Значна кількість праць, присвячених міждисциплінарному підходу у викладанні математичних дисциплін свідчить про те, що проблеми виявлення та реалізації міждисциплінарних зв'язків не є новими. Водночас проблема реалізації міждисциплінарних зв'язків у викладанні дисципліни «Вища математика» з використанням комп'ютерних технологій для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» висвітлена недостатньо, що зумовило актуальність даного дослідження.

Мета статті представити методичний підхід реалізації міждисциплінарних зв'язків вищої математики та фізики з використанням засобів MS Excel на прикладі інтегрованого практичного заняття на тему «Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) за формулами Крамера та матричним методом» для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В результаті дослідження було проведено: системний аналіз наукової, навчальної та методичної літератури існуючого освітнього досвіду використання міждисциплінарних зв'язків до математичної підготовки майбутніх інженерів, узагальнення власного педагогічного досвіду викладання дисципліни «Вища математика» для студентів інженерних спеціальностей.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Наведемо методичний підхід до реалізації міждисциплінарних зв'язків математики та фізики з використанням засобів MS Excel під час проведення практичного інтегрованого заняття за темою «Розв'язання СЛАР за формулами Крамера та матричним методом» для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

I етап. Математична складова. Застосування базових понять лінійної алгебри для розв'язання СЛАР за формулами Крамера та матричним методом на прикладі розв'язання задачі 1.

Задача 1. Розв'язати систему лінійних рівнянь за формулами Крамера та матричним способом.

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 = -7 \\ 3x_1 - x_2 - 2x_3 = 3 \\ 5x_1 - x_2 + 4x_3 = -1 \end{cases} \quad (1)$$

Розв'язання: а) *Формули Крамера.* Використаємо формули $x_i = \frac{\Delta_i}{\Delta}$, $i = \overline{1, n}$, де $\Delta = \det A \neq 0$ – визначник системи;

Δ_i одержується з Δ шляхом заміни i -го стовпця стовпцем вільних членів.

$$\text{Обчислимо визначник } \Delta: \Delta = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 4 \\ 3 & -1 & -2 \\ 5 & -1 & 4 \end{vmatrix} = 46 \neq 0. \text{ Так як визначник системи не дорівнює нулю, її можна}$$

розв'язати за формулами Крамера. Обчислимо допоміжні визначники:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -7 & -2 & 4 \\ 3 & -1 & -2 \\ -1 & -1 & 4 \end{vmatrix} = 46; \Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & -7 & 4 \\ 3 & 3 & -2 \\ 5 & -1 & 4 \end{vmatrix} = 92; \Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & -2 & -7 \\ 3 & -1 & 3 \\ 5 & -1 & -1 \end{vmatrix} = -46. \text{ Тоді, } x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{46}{46} = 1, x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{92}{46} = 2, x_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-46}{46} = -1.$$

Відповідь: $x_1=1; x_2=2; x_3=-1$.

б) *Матричний метод.* Представимо систему (1) в матричній формі. Позначимо через A – матрицю коефіцієнтів при невідомих; X – матрицю-стовпець невідомих; B – матрицю-стовпець вільних членів:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 4 \\ 3 & -1 & -2 \\ 5 & -1 & 4 \end{pmatrix}; X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} -7 \\ 3 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Тоді система (1) може бути записана у вигляді матричного рівняння $A \cdot X = B$, розв'язок якого знаходимо за формулою:

$$X = A^{-1} \cdot B. \quad (2)$$

Визначник матриці A не дорівнює нулю ($\Delta \neq 0$), тому для матриці A існує обернена матриця A^{-1} :

$$A^{-1} = \frac{1}{\Delta} \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} \\ A_{12} & A_{22} & A_{32} \\ A_{13} & A_{23} & A_{33} \end{pmatrix}, \text{ де } A_{ij} - \text{алгебраїчне доповнення елемента } a_{ij}: A_{ij} = (-1)^{i+j} M_{ij}.$$

Знаходимо алгебраїчні доповнення елементів матриці:

$$A_{11} = -6; A_{12} = -22; A_{13} = 2; A_{21} = 4; A_{22} = -16; A_{23} = -9; A_{31} = 8; A_{32} = 14; A_{33} = 5.$$

Тоді $A^{-1} = \frac{1}{46} \begin{pmatrix} -6 & 4 & 8 \\ -22 & -16 & 14 \\ 2 & -9 & 5 \end{pmatrix}$. За формулою (2) знаходимо розв'язок системи рівнянь в матричній формі:

$$X = A^{-1} \cdot B = \frac{1}{46} \begin{pmatrix} -6 & 4 & 8 \\ -22 & -16 & 14 \\ 2 & -9 & 5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -7 \\ 3 \\ -1 \end{pmatrix} = \frac{1}{46} \begin{pmatrix} -6(-7) + 4 \cdot 3 + 8(-1) \\ -22(-7) + (-16) \cdot 3 + 14(-1) \\ 2(-7) + (-9) \cdot 3 + 5(-1) \end{pmatrix} = \frac{1}{46} \begin{pmatrix} 46 \\ 92 \\ -46 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Відповідь: $x_1=1; x_2=2; x_3=-1$.

На даному етапі важливо наголошувати, що передбачити всі аспекти застосування математики в професійній діяльності майбутніх фахівців доволі складно, а тим більше розглянути всі ці аспекти під час проведення аудиторних занять, тому необхідно перш за все оволодіти базовими математичними поняттями та методами, щоб в подальшому формувати здатність використовувати математичні методи в енергетиці.

II етап. Розв'язання СЛАР за формулами Крамера та матричним методом з використанням засобів MS Excel. Для порівняння часу на розв'язання візьмемо умову попередньої задачі.

Слід зауважити, що Excel відноситься до програмного забезпечення загального призначення, тобто його використання не потребує спеціальних знань від студентів. Основні принципи роботи з електронними таблицями відомі ще зі школи. Тому застосування табличного процесору Excel, а саме вбудованих функцій МОПРЕД(), МОБР(), МУМНОЖ() до розв'язання систем лінійних рівнянь за методом Крамера та матричним методом є більш доцільним. (Добровольська, 2018).

Задача 2. Розв'язати СЛАР (1) з використанням MS Excel.

Розв'язання: Етапи розв'язання наведено на рис 1.

На даному етапі важливо наголошувати на те, що використання інформаційних технологій, зокрема табличного процесору MS Excel, дозволяє значно прискорити час розв'язання СЛАР, але не виключає знання методів їх розв'язку.

III етап. Реалізація міждисциплінарних зв'язків «математика-фізика» з використанням засобів MS Excel. У якості прикладу розглянемо застосування СЛАР для розрахунку струмів у розгалужених лінійних електричних колах. Перед її розв'язком необхідно повторити теоретичні питання дисципліни «Фізика»: вузол, вітки, струм, розгалужене електричне коло, правила Кірхгофа. Виділені поняття є базовими для студентів також під час вивчення «Основ теоретичної електротехніки», тому можна говорити про пропедевтику даної дисципліни.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	1	-2	4			-7	-2	4			
3	Δ =	3	-1	-2		Δ ₁ =	3	-1	-2		
4		5	-1	4			-1	-1	4		
5											
6	Δ =		46		Δ ≠ 0	Δ ₁ =		46			
7											
8		1	-7	4		Δ ₂ =	1	-2	-7		
9	Δ ₂ =	3	3	-2			3	-1	3		
10		5	-1	4			5	-1	-1		
11	Δ ₃ =		92			Δ ₃ =		-46			
12											
13											
14											
15	$x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{46}{46} = 1;$					$x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{92}{46} = 2;$					
16						$x_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-46}{46} = -1.$					
17											

Рис. 1. Розв'язання системи (2) за формулами Крамера та матричним методом

Задача 3. Знайти струми у вітках розгалуженого електричного кола, зображеного на рис. 2 (Курило та ін., 2006) при відомих значеннях опорів резисторів та параметрів джерел струмів та ЕРС: $r_1 = 6 \text{ Ом}; r_2 = 8 \text{ Ом}; r_3 = 4 \text{ Ом}; r_4 = 5 \text{ Ом}; r_5 = 7 \text{ Ом}; r_6 = 9 \text{ Ом}; E_1 = 150 \text{ В}; E_2 = 200 \text{ В}; E_4 = 160 \text{ В}; E_6 = 80 \text{ В}.$

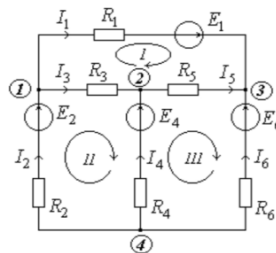


Рис. 2. Розгалужене електричне коло

Розв'язання. Математичний опис розгалужених електричних кіл складається методом законів Кірхгофа. Досліджувана система має 6 віток та 4 вузли, з них незалежними є 3 вузли. Позначимо їх цифрами 1, 2, 3. До незалежних вузлів додаємо 3 незалежних контури: I, II, III. Виберемо напрямки струмів у вітках та додатні напрямки у незалежних контурах. Незалежні рівняння першого закону Кірхгофа запишемо для 1-го, 2-го та 3-го вузлів:

$$\begin{aligned} 1. I_2 - I_1 - I_3 &= 0; \\ 2. I_3 + I_4 - I_5 &= 0; \\ 3. I_1 + I_5 + I_6 &= 0. \end{aligned}$$

Кількість незалежних контурів дорівнює трьом. Рівняння для цих контурів мають вигляд:

$$\begin{aligned} I. I_1 R_1 - I_5 R_5 - I_3 R_3 &= E_1; \\ II. I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4 &= E_2 - E_4; \\ III. I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_6 R_6 &= E_4 - E_6. \end{aligned}$$

В системі лінійних рівнянь, складеної за законами Кірхгофа, кількість рівнянь буде дорівнювати кількості змінних. Підставляючи числові значення, одержимо наступну систему із шести рівнянь з шести невідомими:

$$\begin{cases} I_2 - I_1 - I_3 = 0; \\ I_3 + I_4 - I_5 = 0; \\ I_1 + I_5 + I_6 = 0; \\ 6I_1 - 7I_5 - 4I_3 = 150; \\ 8I_2 + 4I_3 - 5I_4 = 40; \\ 5I_4 + 7I_5 - 9I_6 = 80. \end{cases} \quad (2)$$

Розв'язання системи високого порядку є досить громіздким та затратним по часу, проте застосування MS Excel, дає можливість оптимізувати процес обчислень та зекономити час на аналіз отриманого розв'язку. Розв'яжемо систему за формулами Крамера та матричним методом за допомогою MS Excel. Розрухунки наведемо на рис. 3-4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		-1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Δ =	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		6	0	-4	0	-7	0		150	0	-4	0	-7	0	
6		0	8	4	-5	0	0		40	8	4	-5	0	0	
7		0	0	0	5	7	-9		80	0	0	5	7	-9	
8															
9	Δ ₁ =		4195		Δ ≠ 0				Δ ₁ =		65680				
10															
11		-1	0	-1	0	0	0		-1	1	0	0	0	0	0
12		0	0	1	1	-1	0		0	0	0	1	-1	0	0
13	Δ ₂ =	1	0	0	0	1	1		1	0	0	0	1	1	1
14		6	150	-4	0	-7	0		6	0	150	0	-7	0	150
15		0	40	4	-5	0	0		0	8	40	-5	0	0	40
16		0	80	0	5	7	-9		0	0	80	5	7	-9	80
17															
18	Δ ₃ =		39210						Δ ₃ =		-26470				
19															

Рис. 3. Розв'язання системи (3) за формулами Крамера

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2		-1	1	-1	0	0	0	0		-1	1	-1	0	0	0	0
3		0	0	1	0	-1	0	0		0	0	1	1	0	0	0
4	$\Delta_1 =$	1	0	0	0	1	1	1		$\Delta_1 =$	1	0	0	0	0	1
5		6	0	-4	0	-7	0			$\Delta_2 =$	6	0	-4	0	150	0
6		0	8	4	-5	0	0			$\Delta_3 =$	0	8	4	-5	40	0
7		0	0	0	80	7	-9				0	0	0	5	80	-9
8																
9	$\Delta_1 =$		8000							$\Delta_1 =$	-18470					
10																
11		-1	1	-1	0	0	0			$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{65680}{4195} \approx 15,66;$			$I_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta} = \frac{8000}{4195} \approx 1,91;$			
12		0	0	1	1	-1	0									
13	$\Delta_2 =$	1	0	0	0	1	1									
14		6	0	-4	0	-7	150			$I_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{39210}{4195} \approx 9,50;$			$I_5 = \frac{\Delta_5}{\Delta} = \frac{-18470}{4195} \approx -4,40;$			
15		0	8	4	-5	0	40									
16		0	0	0	5	7	80									
17										$I_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-26470}{4195} \approx -6,31;$			$I_6 = \frac{\Delta_6}{\Delta} = \frac{-47210}{4195} \approx -11,25;$			
18	$\Delta_3 =$		-47210													
19																

Рис. 4. Розв'язання системи (3) матричним методом

Таким чином, шукані струми знайдено:

$$I_1=15,66; I_2=9,5; I_3=-6,31; I_4=1,91; I_5=-4,40; I_6=11,25(A).$$

Пропонований підхід дозволяє, з одного боку, здійснити пропедевтику дисципліни «Основи теорії електротехніки», з іншого – студенти можуть побачити прикладні можливості математичних методів. Позитивним за такої методики викладання є те, що студенти використовують на математиці спеціальні терміни з інших дисциплін, звикають до них, а це полегшить їм майбутнє вивчення як загальноосвітніх, так і фахових дисциплін та забезпечить міцне засвоєння математичної теорії.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Пропонований методичний підхід у проведенні інтегрованого заняття на тему «Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) за формулами Крамера та матричним методом» для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» дозволяє значно підвищити зацікавленість студентів до вивчення математики, сприяє процесу формування фахових та загальних компетентностей.

Встановлення та реалізації міждисциплінарних зв'язків при викладанні математичних дисциплін для студентів інженерних спеціальностей, потребують розширення кола задач, які дають наочне уявлення про роль математичних методів у їхній професійній діяльності. Для вирішення складних професійно спрямованих задач в процесі математичної підготовки майбутніх інженерів необхідно одночасно використовувати математичний інструментарій, професійні знання, які не вимагають спеціальної підготовки, та сучасні комп'ютерні технології. З цієї метою, на лекціях і практичних заняттях слід постійно підкреслювати практичну значущість математичних положень, розкривати міждисциплінарні зв'язки з загальнотеоретичними та професійними дисциплінами.

Однак, як показує досвід, важливою проблемою встановлення міждисциплінарних зв'язків при навчанні вищої математики є визначення реального рівня знань із загальноосвітніх та фахових дисциплін, вміння студентів використовувати комп'ютерні технології в процесі навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Barnard, S., Hassan, T., Bagilhole, B., & Dainty, A. (2013). Interdisciplinary Content, Contestations of Knowledge and Informational Transparency in Engineering Curriculum. *Teaching in Higher Education*, 18,(7). <https://doi.org/10.1080/13562517.2013.836089>.
- Costa, A., Ferreira, M., Barata, A., Viterbo, C., Rodrigues, J., & Magalhães, J. (2018). Impact of interdisciplinary learning on the development of engineering students' skills. *European Journal of Engineering Education*. <https://doi.org/10.1080/03043797.2018.1523135>.
- Heitzmann, N., Opitz, A., Stadler, M., Sommerhoff, D., Fink M., Obersteiner, A., Schmidmaier, R., Neuhaus, B., Ufer, S., Seidel, T., Fischer, M., & Fischer, F. (2021). Cross-Disciplinary Research on Learning and Instruction – Coming to Terms. *Front. Psychol*, 11, art. 562658. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.562658>.
- Hmelo-Silver, C., & Jeong, H. (2021). Benefits and Challenges of Interdisciplinarity in CSCL Research: A View From the Literature. *Front. Psychol*, 11, art. 579986. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.579986>.
- Jackson, D. (2022). Sustainable multi-disciplinary mathematics support. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(6), 1343-1362. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1819572>.
- Jacobs, H. H., & Borland, J. H. (1986). The interdisciplinary concept model: Theory and practice. *Gifted Child Quar. (Fall)*, 30(4), 159–163. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/001698628603000403>.
- Mestrinho, N., & Cavadas, B. (2018). Innovation in Teacher Education: An Integrative Approach to Teaching and Learning Science and Mathematics. *Proceedings*, 2, 1343. <https://doi.org/10.3390/proceedings2211343>.
- Navarro, M., & Foutz, T. (2016). Thompson Sidney Thompson. Development of a Pedagogical Model to Help Engineering Faculty Design Interdisciplinary Curricula. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 28(3), 372–384. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1125090.pdf>.
- Волобуєва, О. Ф. (2015). Міждисциплінарні (міжпредметні) зв'язки під час підготовки майбутнього фахівця: психологічний аспект. *Зб. наук. праць Національної академії Держ. прикордонної служби України. Сер.: Психологічні науки*, 1, 26-42. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnarpv_pn_2015_1_517.
- Грицюк, О. С., & Беспарточна, О. І. (2016). Структура математичної підготовки студентів інженерних спеціальностей в аспекті професійної спрямованості навчання. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школі*, 51, 436–443. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pfto_2016_51_60.
- Добровольська, Н. В. (2018). Методика використання інформаційних технологій при розв'язанні оптимізаційних задач. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми* : зб. наук. праць, 52, 290–296. <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=25834.pdf>.

12. Дюженкова, О. Ю. (2018). Міжпредметні зв'язки у процесі викладання вищої математики майбутнім інженерам. *Наук. вісник НУБіП України. Сер.: Техніка та енергетика АПК*, 283, 321–327. http://dglb.nubip.edu.ua/bitstream/123456789/8630/1/321_Dyuzhenkova.pdf.
13. Курило, І. А., Намацалюк, І. Н., & Щерба, А. А. (2006). *Розрахунок електричних кіл постійного струму : для студ. електротехнічних напрямів підготовки 0906 "Електротехніка", 0914 "Електроніка", 0914 "Компютеризовані системи, автоматика і управління", 0915 "Компютерна інженерія"*. Київ : НТУУ "КПІ".
14. Страх, О., & Лукашова, Т. (2021). Міждисциплінарні зв'язки при вивченні деяких тем дискретної математики та диференціальних рівнянь. *Фізико-математична освіта*, 3(29), 112–118. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-017>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Barnard, S., Hassan, T., Bagilhole, B., & Dainty, A. (2013). Interdisciplinary Content, Contestations of Knowledge and Informational Transparency in Engineering Curriculum. *Teaching in Higher Education*, 18,(7). <https://doi.org/10.1080/13562517.2013.836089>.
2. Costa, A., Ferreira, M., Barata, A., Viterbo, C., Rodrigues, J., & Magalhães, J. (2018). Impact of interdisciplinary learning on the development of engineering students' skills. *European Journal of Engineering Education*. <https://doi.org/10.1080/03043797.2018.1523135>.
3. Heitzmann, N., Opitz, A., Stadler, M., Sommerhoff, D., Fink M., Obersteiner, A., Schmidmaier, R., Neuhaus, B., Ufer, S., Seidel, T., Fischer, M., & Fischer, F. (2021). Cross-Disciplinary Research on Learning and Instruction – Coming to Terms. *Front. Psychol*, 11, art. 562658. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.562658>.
4. Hmelo-Silver, C., & Jeong, H. (2021). Benefits and Challenges of Interdisciplinarity in CSCL Research: A View From the Literature. *Front. Psychol*, 11, art. 579986. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.579986>.
5. Jackson, D. (2022). Sustainable multi-disciplinary mathematics support. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(6), 1343–1362. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1819572>.
6. Jacobs, H. H., & Borland, J. H. (1986). The interdisciplinary concept model: Theory and practice. *Gifted Child Quar. (Fall)*, 30(4), 159–163. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/001698628603000403>.
7. Mestrinho, N., & Cavadas, B. (2018). Innovation in Teacher Education: An Integrative Approach to Teaching and Learning Science and Mathematics. *Proceedings*, 2, 1343. <https://doi.org/10.3390/proceedings2211343>.
8. Navarro, M., & Foutz, T. (2016). Thompson S.idney Thompson. Development of a Pedagogical Model to Help Engineering Faculty Design Interdisciplinary Curricula. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 28(3), 372–384. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1125090.pdf>.
9. Volobueva, O.F. (2015). Mizhdystyplinarni (mizhpredmetni) zviazky pid chas pidhotovky maibutnoho fakhivtsia: psykholohichniy aspekt [Interdisciplinary (interdisciplinary) connections during the training of future specialists: psychological aspect]. *Zb. nauk. prats Natsionalnoi akademii Derzh. prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Ser.: Psykholohichni nauky – Coll. Science. Proceedings of the National Academy of State. Border Guard Service of Ukraine. Ser.: Psychological Sciences*, 1, 26–42. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnapv_pn_2015_1_517. (in Ukrainian).
10. Hrytsyuk, O. S., & Bespartochna, O. I. (2016). Struktura matematychnoyi pidhotovky studentiv inzhenernykh spetsial'nostey v aspekti profesiynoyi spryamovanosti navchannya [The structure of mathematical training of students of engineering specialties in the aspect of professional orientation of education]. *Pedahohika formuvannya tvorchoyi osobystosti u vyshchii i zahal'noosvitniy shkoli – Pedagogy of the formation of a creative personality in higher and secondary schools*, 51, 436–443. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pfto_2016_51_60. (in Ukrainian).
11. Dobrovol'ska, N.V. (2018). Metodyka vykorystannia informatsiynykh tekhnolohii pry rozviazanni optymizatsiynykh zadach. [Methods of using information technology in solving optimization problems]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannya v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy : zb. nauk. Prats – Modern information technologies and innovative teaching methods in training: methodology, theory, experience, problems : Coll. Science. work.*, 52, 290–296. <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=25834.pdf>. (in Ukrainian).
12. Dyuzhenkova, O.Y. (2018). Mizhpredmetni zviazky u protsesi vykladannia vyshchoi matematyky maibutnim inzheneram [Interdisciplinary links in the process of teaching higher mathematics to future engineers]. *Nauk. visnyk NUBiP Ukrainy. Ser.: Tekhnika ta enerhetyka APK – Science. Bulletin of NULES of Ukraine. Ser.: Engineering and energy of agro-industrial complex*, 283, 321–327. http://dglb.nubip.edu.ua/bitstream/123456789/8630/1/321_Dyuzhenkova.pdf. (in Ukrainian).
13. Kurilo, I.A., Namatsalyuk, I.N., & Shcherba, A.A. (2006). *Rozrakhunok elektrychnykh kil postiinoho strumu : dlia stud. elektrotekhnichnykh napriamiv pidhotovky 0906 "Elektrotekhnika", 0914 "Elektronika", 0914 "Kompiuteryzovani systemy, avtomatyka i upravlinnia", 0915 "Kompiuterna inzheneriia"* [Calculation of DC circuits: for students. electrical engineering training areas 0906 "Electrical Engineering", 0914 "Electronics", 0914 "Computerized Systems, Automation and Control", 0915 "Computer Engineering"]. Kyiv : NTUU "KPI". (in Ukrainian).
14. Strakh, O., & Lukashova, T. (2021). Interdisciplinary connections in the study of some topics of discrete mathematics and differential equations. *Physical and mathematical education*, 3(29), 112–118. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-017>. (in Ukrainian).



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.
 Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-005

УДК 59.95::37.021

СВІДОМА МНЕМІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ У НАВЧАННІ: ДОСВІД СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ПРИЙОМІВ

Таяна ДЕОРДИЦА ✉

Благодійний фонд "e-Terra", Україна
 tdeorditsa@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3409-7168>

Марина ВОРОНІНА

Київський національний університет
 культури і мистецтв, Україна
 M_Voronina@i.ua
<https://orcid.org/0000-0003-3838-7194>

Ольга ЄПІФАНОВА

Східноукраїнський національний університет
 імені Володимира Даля, Україна
 Yepifanova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2518-3002>

Володимир ТОЛМАЧОВ

Глухівський національний педагогічний університет
 імені Олександра Довженка, Україна
 V.S.Tolmachov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4674-8677>

CONSCIOUS MNEMIC ACTIVITY IN LEARNING: EXPERIENCE IN SYSTEMATIZING OF TECHNIQUES

Taiana DIEORDITSA ✉

Charitable foundation "e-Terra", Ukraine
 tdeorditsa@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3409-7168>

Maryna VORONINA

Kyiv National University
 of Culture and Arts, Ukraine
 M_Voronina@i.ua
<https://orcid.org/0000-0003-3838-7194>

Olga YEPIFANOVA

Volodymyr Dahl East Ukrainian
 National University, Ukraine
 Yepifanova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2518-3002>

Volodimir TOLMACHOV

Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National
 Pedagogical University, Ukraine
 V.S.Tolmachov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4674-8677>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. За нашими спостереженнями, багатьом студентам складно запам'ятовувати зміст навчальних текстів. У власній педагогічній практиці ми забезпечуємо наших студентів раціональними стратегіями виконання різних видів мнемічної діяльності. Дотримуючись їх, вони поступово оволодівають навичками свідомо управляти власною пам'яттю. Поставивши собі за мету розробити стратегію довільного логічного запам'ятовування навчальних текстів, ми не виявили у доступній нам психологічній літературі системного опису прийомів, які опосередковують цей процес, і тому спробували скласти такий опис самі. Виходячи з тлумачення стратегії як інтегрованої моделі дій, спрямованих на реалізацію складної мети, ми задалися питаннями: 1) якою є мета довільного логічного запам'ятовування навчальних текстів? 2) яка система прийомів уможливіє її досягнення?

Матеріали і методи. Методологічною основою нашої розвідки є розроблена Г.К. Середою загальна теоретична модель пам'яті. Систематизацію проведено за допомогою дедуктивного методу.

Результати. У логіці ключових принципів обраної теорії пам'яті уточнено мету довільного логічного запам'ятовування навчальних текстів: студент має міцно закріпити у власній пам'яті зміст засвоєного тексту в певних зв'язках і відношеннях, аби бути здатним відтворити його у бажаному обсязі і в заданий термін для адекватного використання у майбутній діяльності. Пропонована система інтелектуальних і практичних прийомів, що опосередковують процес довільного логічного запам'ятовування, охоплює також мнемічні задачі, що їх породжує виконання цього процесу, і набір мнемічних ефектів, які відображають закономірні зв'язки між ефективністю пам'яті й тими чинниками, що її детермінують. З безлічі виявлених і досліджених у психології мнемічних ефектів ми відібрали ті, які характеризують процедурні умови продуктивного запам'ятовування і генералізують прийоми логічної обробки інформації, її фіксування та закріплення у пам'яті.

ABSTRACT

Formulation of the problem. According to our observations, it is difficult for many students to remember the content of educational texts. In our own pedagogical practice, we provide our students with rational strategies for performing various types of mnemonic activities. Following them, they gradually acquire the skills to consciously manage their own memory. Having set ourselves the goal of developing a strategy for intentional logical memorization of educational texts, we did not find in the psychological literature available to us a systematic description of techniques that mediate this process, and therefore we tried to make such a description ourselves. Based on the interpretation of the strategy as an integrated model of actions aimed at the realization of a complex goal, we asked the following questions: 1) what is the purpose of arbitrary logical memorization of educational texts? 2) what system of techniques makes it possible to achieve it?

Materials and methods. The methodological basis of our research is the general theoretical model of memory by G.K. Sereda. Systematization was carried out using the deductive method.

Results. The purpose of intentional logical memorization of educational texts has been clarified: the student must firmly consolidate in his own memory the content of the digestible text in certain connections and relations, to be able to reproduce it to the desired extent and within a specified period for adequate use in future activities. The proposed system of intellectual and practical techniques that mediate the process of intentional logical memorization also includes mnemonic tasks generated by the performance of this process and a set of mnemonic effects that reflect the regular relationships between the effectiveness of memory and those factors that affect it determine. From the multitude of mnemonic effects discovered and studied in psychology, we have selected those that characterize the procedural conditions of productive memorization and generalize the techniques of the logical processing of information, its fixation, and anchoring in memory. The relationship between the specified elements of the system is reflected by the formula: mnemonic tasks ← mnemonic effects → techniques for solving mnemonic tasks. The proposed

Для цитування:

Деордіца Т., Вороніна М., Єпіфанова О., Толмачов В. Свідома мнемічна діяльність у навчанні: досвід систематизації прийомів. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 38-45. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-004

Деордіца Т., Вороніна М., Єпіфанова О., Толмачов В. (2022). Свідома мнемічна діяльність у навчанні: досвід систематизації прийомів. *Фізико-математична освіта*, 36(4), 38-45. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-004>

For citation:

Dieorditsa, T., Voronina, M., Yepifanova, O., & Tolmachov, V. (2022). Conscious mnemonic activity in learning: experience in systematizing of techniques. *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 38-45. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-004>

Dieorditsa, T., Voronina, M., Yepifanova, O., & Tolmachov, V. (2022). Svidoma mnemichna diialnist u navchanni: dosvid systematyzatsii priyomiv [Conscious mnemonic activity in learning: experience in systematizing of techniques]. *Fiziko-matematichna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 38-45. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-004>

Зв'язок вказаних елементів системи відображає формула: мнемічні задачі ← мнемічні ефекти → прийоми розв'язання мнемічних задач. Пропонована система покликана бути інформаційною базою для розробки раціональних стратегій довільного логічного запам'ятовування навчальних текстів. Для зручності використання її формалізований опис представлено у вигляді інтелект-карти.

Висновки. В результаті проведеного дослідження уточнено мнемічну мету, на досягнення якої спрямований процес довільного логічного запам'ятовування навчальних текстів, і систематизовано прийоми, які опосередковують цей процес. Параметрами, за допомогою яких проведено систематизацію, виступила комбінація певних мнемічних ефектів. Умовою перетворення описаних прийомів у цілеспрямовані дії, є інтелектуальна активність студентів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: пам'ять; мнемічна діяльність; довільне логічне запам'ятовування; мнемічні ефекти; мнемічні задачі.

system is intended to be an information base for the development of rational strategies for intentional logical memorization of educational texts. For ease of use, its model is presented in the form of a mind map.

Conclusion. As a result of the conducted research, the mnemonic goal, which aims at the achievement of the process of intentional logical memorization of educational texts, has been specified, and the techniques that mediate this process have been systematized. The parameters by which systematization was carried out were a combination of certain mnemonic effects. The condition for transforming the described methods into purposeful actions is the intellectual activity of students.

KEYWORDS: memory; mnemonic activity; intentional logical memorization, mnemonic effects; mnemonic tasks.

ВСТУП

Формулювання проблеми. За нашими спостереженнями, багатьом студентам складно запам'ятовувати зміст навчальних текстів. У власній педагогічній практиці ми забезпечуємо наших студентів раціональними стратегіями виконання різних видів мнемічної діяльності. Дотримуючись їх, вони поступово оволодівають навичками свідомо управляти власною пам'яттю. Поставивши собі за мету розробити стратегію довільного логічного запам'ятовування навчальних текстів, ми не виявили у доступній нам психологічній літературі системного опису прийомів, які опосередковують цей процес, і тому спробували скласти такий опис самі. Виходячи з тлумачення стратегії як інтегрованої моделі дій, спрямованих на реалізацію складної мети, ми задалися питаннями: 1) якою є мета довільного логічного запам'ятовування навчальних текстів? 2) яка система прийомів уможливорює її досягнення?

Аналіз актуальних досліджень. Особливо цінною для нашої розвідки стала монографія С.П. Бочарової "Психологія пам'яті. Теорія і практика для навчання і праці". У ній дослідниця систематизувала теоретичний та експериментальний доробок у царині психології пам'яті, напрацьований вітчизняними і зарубіжними дослідниками впродовж майже 100 років. Ми взяли на озброєння дві її керівні настанови стосовно довільного запам'ятовування. Перша з них така: найважливішою особливістю довільного запам'ятовування є його опосередкованість різними прийомами і способами. Суть другої полягає в тому, що множину цих прийомів можна поділити на дві групи — інтеріоризовані (внутрішні, інтелектуальні) прийоми та екстеріоризовані (зовнішні, практичні) прийоми (Бочарова, 2016). У теорії діяльності інтеріоризація — це перенесення відповідних дій, що належать до діяльності зовнішньої, у розумовий, внутрішній план, а екстеріоризація — своєрідний "переклад" внутрішніх структур на "зовнішню" мову (Шагар, 2007). До практичних прийомів С.П. Бочарова відносить створення і використання різних знаків, символів, графічних зображень, а також предметне групування, промовляння вголос тощо. Інтелектуальними вона вважає різні прийоми смислової обробки інформації, пов'язані із внутрішнім мовленням та ідеомоторними реакціями: повторювання про себе, аналіз, синтез та інші мисленнєві операції (Бочарова, 2016).

Багато корисної інформації для нашої розвідки ми почерпнули з головної книги П.І. Зінченка "Мимовільне запам'ятовування". Нам стали у пригоді результати його порівняльного дослідження мимовільного і довільного запам'ятовування текстів. За визнанням самого П.І. Зінченка, у цьому дослідженні він прагнув знайти відповіді на цілу низку практично значущих, проте майже не досліджуваних у психології питань. Ось їх стислий перелік: "як суб'єкт запам'ятовує текст чи інший навчальний матеріал на початковому ступені засвоєння знань, тобто в умовах виконання пізнавальної, а не мнемічної задачі?"; "які особливості такого запам'ятовування?"; "як змінюється продуктивність запам'ятовування на різних етапах розвитку розуміння за умови різного ступеня складності самого тексту?"; "за допомогою яких способів роботи над текстом можна підвищити продуктивність його запам'ятовування?"; "якими є особливості мимовільного запам'ятовування тексту порівняно з довільним, що здійснюється в аналогічних умовах?"; "які відмінності в їхній продуктивності та які причини їх зумовлюють?" (Зінченко, 2010). На нашу думку, більшість із цих питань ще очікують обґрунтованої відповіді.

Справжнім відкриттям для нас стала загальна теорія пам'яті Г.К. Середи. Функцією пам'яті цей дослідник вважає забезпечення готовності людини до майбутньої взаємодії зі світом і вироблення найбільш доцільних способів орієнтування у навколишній реальності. Ось три ключові принципи цієї теорії: 1) основним чинником, що утворює пам'ять, є орієнтація на майбутнє; 2) центральним процесом пам'яті є відтворення досвіду; 3) визначальною функцією пам'яті є нарощування нового для майбутнього (Середа, 2009). Керівною ідеєю для нашої розвідки є таке положення цієї теорії: мнемонічна продуктивність дії, здійснюваної в ряді інших дій, визначається ступенем організації цих дій у систему (Середа, 2009).

Чітким орієнтиром у відборі раціональних прийомів довільного логічного запам'ятовування нам слугував склад мнемічної дії, що його описала у своєму дисертаційному дослідженні В.Я. Ляудіс. Дослідниця припустила, що мнемічна дія (так вона інтерпретувала довільне логічне запам'ятовування) є динамічною системою операцій з побудови моделі об'єкта з метою подальшого відтворення. Вона виділила чотири основні операції мнемічної дії: дві з них є орієнтаційними (операції орієнтування та групування), а дві — виконавчими (встановлення внутрішньогрупових та міжгрупових зв'язків). Результатом цих операцій стає побудова моделі запам'ятовуваного об'єкта. (Ляудіс, 2009).

Довідником з питань мнемічних ефектів нам слугувала книга Б.Г. Мещерякова "Пам'ять людини: ефекти і феномени" (2003). У фокусі особливої уваги автора — фундаментальні мнемонічні ефекти, вперше виявлені у класичних дослідженнях П.І. Зінченка. У зв'язку з тим, що роботи П.І. Зінченка публікувалися російською мовою, вони не потрапили у науковий обіг і не були включені до загальної розробки моделей пам'яті (Солсо, 2006).

Поглибленню нашого розуміння сутності тих мнемічних ефектів, які нас займали, сприяли такі англомовні публікації: стосовно "ефекту глибини свідомої обробки" — наукова стаття авторів V. Loaiza, D. McCabe, J. Youngblood,

N. Rose і J. Myerson (2011); стосовно "ефекту генерації" — наукова стаття авторів N. Slamecka і P. Graf (1978) та аналітичний огляд з цього питання авторів S. Bertsch і B. Pesta, R. Wiscott і M. McDaniel (2007), стосовно "ефекту кластеризації" — наукова стаття авторів J. Manning і M. Kahana (2013), стосовно "ефекту переваги зображення" — наукова стаття авторів M. Defeyter, R. Russo і P. McPartlana (2009); стосовно "ефекту консолідації" — просвітницька стаття "Memory Consolidation" (2022) на освітньому сайті "The Human Memory" і книга французького нейробіолога "Як ми вчимося" (Dehaene, 2020).

Метою статті є приведення у систему інтелектуальних і практичних прийомів, що опосередковують довільне логічне запам'ятовування навчальних текстів. Пропонована система покликана слугувати основою для розробки раціональних стратегій свідомої мнемічної діяльності у навчанні.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мнемічна діяльність — це активність людини, спрямована на запам'ятовування матеріалу. Її успішне виконання є найважливішою умовою ефективності процесу навчання. На рис. 1 наочно показано місце мнемічної діяльності у складі цього процесу.

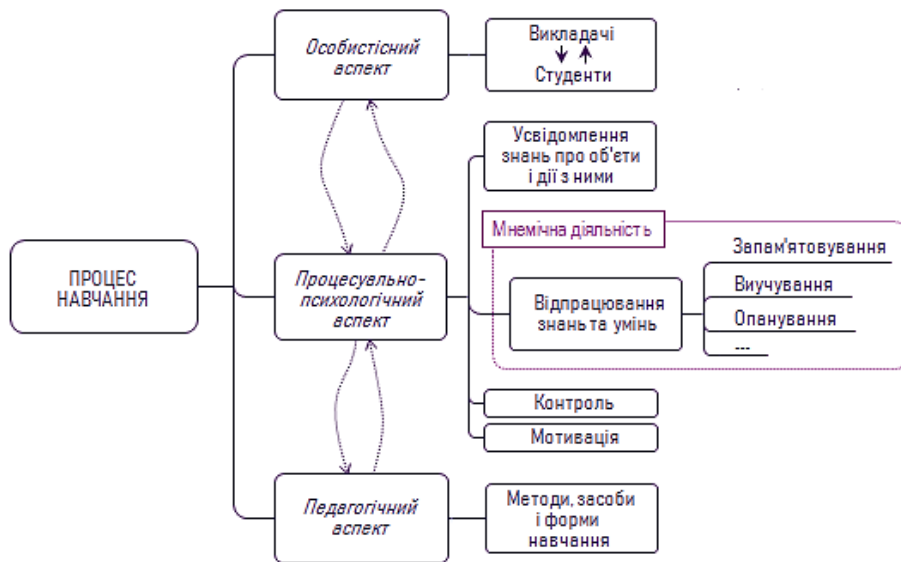


Рис. 1. Місце мнемічної діяльності у загальній схемі процесу навчання

Процесуально-психологічний аспект процесу навчання, з яким пов'язана мнемічна діяльність, відповідає на запитання: "у чому полягає учіння?" та "які процеси при цьому відбуваються?". На сучасному етапі розвитку педагогічної психології вважається, що учіння вміщує два основні підпроцеси, які відповідають категоріям "народжуватися" і "вдосконалюватися". Перший підпроцес — усвідомлення (розуміння) знань про об'єкти та дії з ними, другий — відпрацювання знань та умінь, тобто оволодіння ними на необхідному рівні швидкості, легкості, міцності тощо. Відпрацювання знань та умінь відбувається через дії відтворення або застосування знань, поетапно чи неопетапно, довільно чи мимоволі, опосередковано чи безпосередньо. У кожному із названих випадків працює відповідний механізм пам'яті. У терміна "відпрацювання" є низка синонімів: закріплення, оволодіння, інтеріоризація, виучування, запам'ятовування, тренування, практика, вдосконалення (Ільєсов & Галатенко, 1994).

Далі будемо інтерпретувати термін "мнемічна діяльність" як тотожний терміну "пам'ять". Словесний зміст останнього, з важливими для нашої розвідки складниками, у структурованому вигляді представлено на рис. 2. Прийом структурування словесного змісту терміна описано у нашій статті (Деордіца et al., 2022).

Зазначимо, що канонізована дефініція терміна "пам'ять", яка включає перелік її основних процесів — запам'ятовування, збереження і відтворювання, за формою є мереологічним визначенням. Адже воно виявляє зміст пам'яті як цілого шляхом встановлення її складників. Напевно, ця дефініція є цілком доречною для практичної діяльності. Проте, якщо практичний розум ґрунтується на відношенні частини і цілого, то теоретичний — на строгості роду і виду. Ймовірно, тому Г.К. Серєда вважав, що інтегративний погляд на сукупність мнемічних процесів передбачає її визначення одним словом. Обране ним абстрактне поняття "психологічний механізм" як рід для поняття "пам'ять", безумовно, є влучним, оскільки механізм у психології тлумачать як стійкий ланцюг психічних дій, засіб досягнення будь-яких цілей (Агєєв, 1990). Квінтесенцією запропонованої Г.К. Серєдою (2009) дефініції пам'яті вважаємо чітке формулювання її призначення у системі людської діяльності: пам'ять — це психологічний механізм системної організації індивідуального досвіду, яка є необхідною умовою його включення у майбутню діяльність.

Запам'ятовування — узагальнена назва процесів, що забезпечують введення інформації у пам'ять. Успішність запам'ятовування визначається передусім можливістю включення нового матеріалу в систему осмислених зв'язків. Залежно від місця процесів запам'ятовування у структурі діяльності розрізняють запам'ятовування довільне і мимовільне. Довільне запам'ятовування — спеціальна дія, чий конкретне завдання і намір — запам'ятати точно, на максимальний термін, з метою наступного відтворення або просто впізнання. Таке запам'ятовування зазвичай має складну опосередковану будову. У разі мимовільного запам'ятовування людина не ставить собі завдання запам'ятати матеріал. За інших рівних умов довільне запам'ятовування є продуктивнішим за мимовільне, забезпечує вищий рівень системності, усвідомлення засвоєння нових знань і керованості цим процесом. За механізмом виділяють: 1) запам'ятовування логічне;

2) запам'ятовування механічне; за результатом: 1) запам'ятовування дослівне; 2) запам'ятовування смислове (Шагар, 2007).



Рис. 2. Семантичний зміст терміна "пам'ять"

Збереження — процес пам'яті, який характеризує тривале утримання сприйнятої інформації у прихованому стані. У психологічних дослідженнях про ефективність збереження судять опосередковано — за показниками відтворення. Найважливішим чинником утворення міцних відбитків пам'яті та їх тривалого збереження в умовах навчальної діяльності є значущість інформації у зв'язку з мотивацією та установками суб'єкта (Бочарова, 2016).

Відтворення — процес викликання інформації, яка зберігається в довгостроковій пам'яті. Доступна для спостереження розумова дія, що полягає у відновленні та реконструкції актуалізованого змісту в тій чи іншій знаковій формі. Найчастіше передбачає згадування тієї структурної організації, що сформувалася при запам'ятовуванні. У порядку зростання необхідних зусиль можна виділити такі ступені відтворення: 1) відтворення мимовільне і довільне; 2) власне відтворення — у вузькому розумінні — діє без опори на образ сприйняття, проте інформація пригадується цілеспрямовано і без особливих зусиль; 3) пригадування (Шагар, 2007). У теоретичній моделі пам'яті Г.К. Середи саме відтворення досвіду становить основу всіх процесів пам'яті (Середа, 2009).

Для таксономічного поділу обсягу поняття «пам'ять» ми послуговувалися ознакою "часові характеристики пам'яті". Діапазон видозміни цієї ознаки містить три значення: миттєво — коротко — довго. У науковій літературі за цією ознакою виокремлюють три рівні (види) пам'яті — ультракоротку, короткочасну і довгострокову пам'ять (Солсо, 2006). Усі знання, що складають основу пізнавальних здібностей людини, зберігаються у довгостроковій пам'яті (зберігається все те, що нам відомо про навколишній світ). Довгострокова пам'ять виступає базовим рівнем діяльності людини (Бочарова, 2016).

Для мереологічного поділу пам'яті як системного феномена було обрано ознаку "характер репрезентованих знань". У науковій літературі за цією ознакою виокремлюють дві підсистеми — декларативну і недекларативну пам'ять. Дослідники (Солсо, 2006) вважають, що у декларативній пам'яті зберігається інформація типу "знаю, що", у недекларативній — "знаю, як".

Пам'ять — це підсистема інтелекту. Вона є однією з найважливіших форм психічної регуляції діяльності, основою видової та індивідуальної поведінки (Бочарова, 2016). З позицій використаної теорії пам'яті, основною функцією пам'яті є нарощування нового для майбутнього (Середа, 2009).

Доречно розглянути ще два терміни, що стосуються пам'яті, — "консолідація" і "повторювання". На рис. 3 схематизовано показано місце цих процесів під час перенесення інформації із короткочасної пам'яті у довгострокову (Memory consolidation, 2022).



Рис. 3. Схема перенесення інформації із короткочасної пам'яті у довгострокову

Повторювання — відтворення засвоєних знань і дій для полегшення їх запам'ятовування. Його вивчають як засіб установлення нових смислових зв'язків, розкриття нових відносин у предметі, актуалізації тих чи інших способів діяльності. Інша функція повторювання — удосконалювання дій за різними параметрами (Шагар, 2007).

Процес переходу спогадів із короткочасної в довгострокову форму прийнято називати консолідацією пам'яті (Memory consolidation, 2022).

Використовуючи номінацію "навчальний текст", ми мали на увазі інформацію, представлену в підручниках, посібниках та довідниках, графічно оформлених і створених з навчально-виховною метою.

Систематизація — в науці специфічна форма дослідження, пізнавальний процес упорядкування деякої множини розрізнених об'єктів і знання про них. Упорядкування здійснюється шляхом встановлення єдності і відмінності елементів, що підлягають систематизації, визначення місця кожного елемента відносно один одного. Результатом систематизації є відповідна наукова система об'єктів і знань про них (ФЕС, 2002).

Дедукція — у традиційній логіці перехід від загального до окремого, розуміється як формальний засіб, який забезпечує виведення істинних висновків із істинних засновків (ФЕС, 2002).

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методологічною основою нашої розвідки є розроблена Г.К. Середою загальна теоретична модель пам'яті, яка втілює футуругенний підхід до розуміння її природи. Систематизацію проведено за допомогою дедуктивного методу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У логіці ключових принципів обраної теорії пам'яті уточнено мету процесу: студент має міцно закріпити у власній пам'яті зміст засвоєного тексту в певних зв'язках і відношеннях, аби бути здатним відтворити його у бажаному обсязі і в заданий термін для адекватного використання у майбутній діяльності.

Пропонована система інтелектуальних і практичних прийомів, що опосередковують процес довільного логічного запам'ятовування, містить до того ж мнемічні задачі, що їх породжує здійснення цього процесу, і набір мнемічних ефектів, які відображають закономірні зв'язки між ефективністю пам'яті й тими чинниками, що її детермінують. Прийом — структурна і функціональна одиниця діяльності. Задача — задана у певних умовах мета діяльності, якої потрібно досягти перетворенням цих умов відповідно до певної процедури (Шагар, 2007). Терміном «мнемічний ефект» у когнітивній психології позначають закономірний зв'язок між продуктивністю пам'яті й чинниками, що її детермінують (Мещеряков, 2003).

Зважаючи на узагальнений опис процесу запам'ятовування як отримання, відбір і фіксування інформації у пам'яті (Бочарова, 2016), а також враховуючи склад мнемічної дії, запропонований В. Ляудіс, ми інтерпретували цей процес як послідовне розв'язання таких трьох мнемічних задач:

- 1) створення мнемосхеми — смислового "конспекту" запам'ятовуваного тексту, його спрощеної моделі;
- 2) фіксування мнемосхеми у пам'яті;
- 3) закріплення мнемосхеми у пам'яті.

Із безлічі виявлених і досліджених у психології мнемічних ефектів ми відібрали ті, які характеризують процедурні умови продуктивного запам'ятовування і генералізують прийоми логічної обробки інформації, її фіксування та закріплення у пам'яті. Зв'язки між елементами системи відображає формула:

мнемічні задачі довільного логічного запам'ятовування ← мнемічні ефекти → прийоми розв'язання мнемічних задач.

Тож, відібрані мнемічні ефекти виступають єдиною ланкою між мнемічними задачами і прийомами, за допомогою яких ці задачі розв'язують.

Діаграма Ісікави на рис. 4 показує відповідність мнемічних ефектів мнемічним задачам розглядуваного процесу.

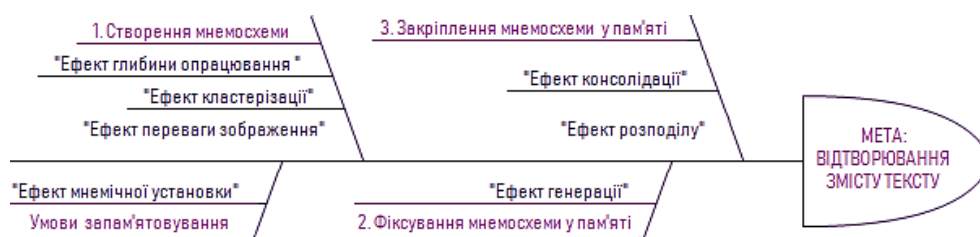


Рис. 4. Мнемічні задачі, що їх породжує процес довільного логічного запам'ятовування тексту, і мнемічні ефекти, що зумовлюють їх продуктивне розв'язання

Розкриємо сутність зазначених мнемічних ефектів і назвемо прийоми, що їх генералізують ці ефекти.

"Ефект мнемічної установки"

Важливою умовою ефективного запам'ятовування є формування адекватної мнемічної установки. Йдеться про готовність, схильність суб'єкта запам'ятати певний матеріал. Мнемічна установка завжди певною мірою спирається на готовність суб'єкта зрозуміти запам'ятовуваний матеріал, тобто на пізнавальну установку (Зинченко, 2010). Експериментальна психологія виявила позитивний вплив на результати довільного запам'ятовування диференціації мнемічних установок: запам'ятати головне у матеріалі, запам'ятати повно, точно, надовго тощо. Роль мнемічної установки не зводиться до дії самого наміру запам'ятати. Мнемічна установка лише тоді виявляє свою перевагу у пам'яті перед пізнавальною, якщо вона реалізується у вигляді раціональних прийомів запам'ятовування. Різні мнемічні установки викликають різне орієнтування у матеріалі, у його змісті, структурі, у його мовленнєвій формі тощо, зумовлюючи вибір відповідних способів запам'ятовування (Зинченко, 2010).

"Ефект глибини опрацювання"

Основне положення цього ефекту формулюється так: чим глибше аналізується (обробляється) матеріал, тим

більше і довше він зберігається у пам'яті й тим вища його доступність для використання у діяльності.

Слід зазначити, що в англійській мові процес пам'яті, який ми іменуємо запам'ятовуванням, позначають терміном "encoding". Його буквальний переклад означає "кодувати". Кембриджський словник тлумачить кодування як представлення складної інформації простим або коротким способом. "Ефект глибини опрацювання" базується на ідеї, що спосіб кодування інформації впливає на те, наскільки добре вона запам'ятовується.

Прийоми смислової обробки матеріалу, що їх генералізує "ефект глибини опрацювання", складають такий перелік: смислове групування; виокремлення смислових опорних пунктів; складання мнемічного плану; підбір асоціацій; підбір аналогій. Детальний опис цих прийомів (у семантиці когнітивної психології — операційних механізмів пам'яті) виконано Л. Черемошиною, (2002).

"Ефект кластеризації"

Згідно з академічним українським словником, кластер — це об'єднання декількох однорідних елементів, котре розглядають як самостійну одиницю з певними властивостями. Основне положення цього ефекту формулюється так: елементи, поєднані у пов'язані групи, запам'ятовуються краще, ніж неупорядкований їх перелік. "Ефект кластеризації" базується на закономірності Міллера, згідно з якою короткочасна людська пам'ять, як правило, не може запам'ятати та повторити більш ніж 7 ± 2 елементів.

Засобами запам'ятовування, що їх генералізує цей мнемічний ефект, є систематизація і класифікація.

"Ефект переваги зображення"

Основне положення цього ефекту формулюється так: зображення запам'ятовуються краще, ніж слова. Цей ефект був підтверджений численними експериментами з використанням різних методів. Проте, його пояснення досі викликає дискусії.

Цей ефект генералізує два прийоми — схематизацію і переструктурування. Схематизувати означає змальовувати, зображувати, уявляти що-небудь у схематичному, спрощено-узагальненому вигляді. Переструктурування — це надання чому-небудь структурної організації повторно або заново. У цьому контексті йдеться про створення структурно-логічних схем.

"Ефект генерації"

У найпростішому вигляді ефект генерації полягає в тому, що в більшості випадків інформація з більшою ймовірністю запам'ятовується тоді, коли студенти самостійно виробляють (або генерують) частину чи весь матеріал, а не читають те, що підготували інші (Bertsch et al, 2007). Пояснення цього феномена впливає з того, що генерація інформації потребує більше когнітивних зусиль і витрат, ніж механічне заучування. Крім того, процес генерації передбачає нарощування кількості асоціативних зв'язків, що збільшує кількість "маршрутів доступу" до генерованої інформації, на відміну від механічного заучування.

Цей ефект генералізує такі прийоми: відповіді на запитання; формулювання власних запитань; усний або письмовий виклад своїми словами, переказ за методом Фейнмана (Feynman). Суть цього методу полягає у такому: слід уявити, що сутність тексту, призначеного для запам'ятовування, необхідно донести учневі шостого класу. З огляду на це, потрібно знайти прогалини у передбачуваному поясненні, повернутися до вихідного матеріалу, аби краще зрозуміти його, а, упорядкувавши та спростивши пояснення, розповісти його уявному учневі (Татт, 2021).

"Ефект консолідації"

Процес переходу спогадів із короткочасної пам'яті у довгострокову прийнято називати консолідацією. Французький нейробіолог С. Деан відніс вважає консолідацію одним з чотирьох стовпів наuczіння. Він дає таке пояснення цьому феномену: періодично наш мозок компілює (збирає воедино) те, що він засвоїв, і переносе у довгострокову пам'ять, звільняючи у такий спосіб нейронні ресурси для подальшого наuczіння. Мозок активний навіть уві сні, під час сну він у пришвидшеному темпі відтворює свої минулі стани і перекодує знання, набуті впродовж дня. Численні дослідження підтвердили, що глибокий сон, безперечно, сприяє консолідації та узагальненню знань (Dehaene, 2020).

"Ефект розподілу"

Суть цього ефекту полягає в тому, що ефективність повторювання залежить від тривалості часового проміжку між сесіями повторення. Конкретніше, за умови однакової кількості повторень (і приблизно загальній тривалості запам'ятовування), чим більший інтервал (зазвичай в діапазоні від секунд і хвилин до доби), тим краще запам'ятовується матеріал (Мещеряков, 2006).

Ефект розподілу генералізує метод інтервального повторювання. Його правило формулюється так: процес запам'ятовування краще "розтягнути" у часі, ніж намагатися засвоїти щось за один раз. Найефективніший спосіб забезпечити тривале утримання матеріалу — чергувати періоди заучування з перевіркою, причому інтервали між ними мають постійно збільшуватися. Адаже регулярна перевірка знань — так званий метод активного відтворення — є дієвою педагогічною стратегією. Чим більше людина себе перевіряє, тим краще вона запам'ятовує новий матеріал. Отже, аби перенести інформацію у довгострокову пам'ять, необхідно спершу вивчити матеріал, а потім обов'язково себе перевірити (Dehaene, 2020).

Перехід від мнемічних ефектів (закономірних зв'язків між продуктивністю пам'яті й чинниками, що її детермінують), до конкретних прийомів мнемічної діяльності, що їх генералізують ці ефекти, є підставою стверджувати: систематизацію виконано у формі дедуктивного впорядкування.

Рис. 5 відображає формалізований опис пропонованої системи.

ОБГОВОРЕННЯ

Очевидно, що довільне логічне запам'ятовування навчальних текстів є рутинним, трудомістким і тривалим процесом. Найважливішою складовою запам'ятовування, найголовнішою умовою його продуктивності, є розуміння. Проте, за твердженням А.О. Смирнова, запам'ятовування є складнішою діяльністю порівняно з розумінням і не вичерпується тільки ним. Запам'ятовування виявляє власну, саме йому притаманну своєрідність (Смирнов, 2010).

Процеси розуміння, перш ніж стати способами довільного запам'ятовування, мають бути сформовані як спеціальні цілеспрямовані пізнавальні дії. На початковому етапі свого формування вони ще можуть виконувати цю функцію. Необхідною умовою перетворення процесів розуміння у логічні прийоми довільного запам'ятовування є подальше вдосконалення, доведення їх до умінь і навичок (Зинченко, 2010). Однак, смислової обробки тексту недостатньо, аби добре запам'ятати його. Необхідно ще прикласти додаткові зусилля, щоб зафіксувати і закріпити у пам'яті смисловий "конспект" тексту, створений в результаті його логічної обробки. "Клеєм" запам'ятовування є запитання. Однак правильне їх формулювання — це окремий вид розумової діяльності, яка потребує спеціального навчіння. Потужною підмогою інтервальному повторюванню є спеціалізовані програмні застосунки.

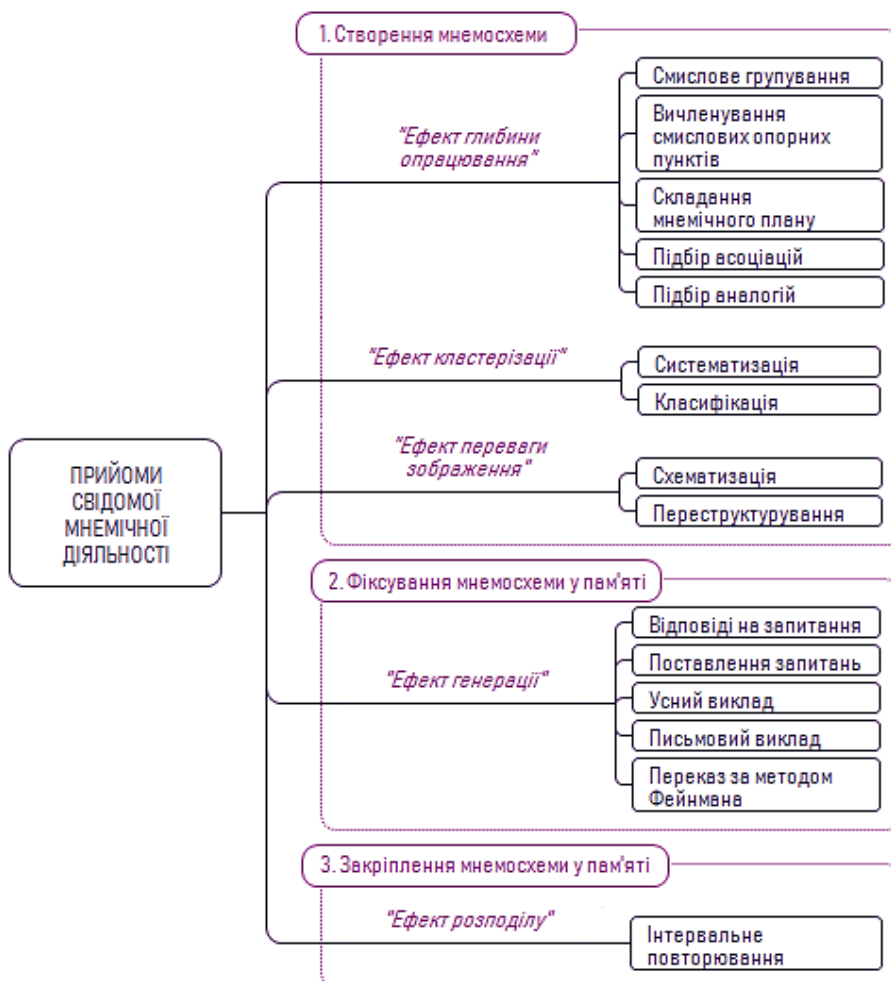


Рис. 5. Систематизований перелік прийомів, що опосередковують довільне логічне запам'ятовування

Уведені у систему прийоми не вичерпують усіх дій, що опосередковують довільне логічне запам'ятовування. Ми вказали тільки ті інтелектуальні і практичні прийоми, у дієвості яких переконалися у власній практиці.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

В результаті проведеного дослідження уточнено мнемічну мету, на досягнення якої спрямований процес довільного логічного запам'ятовування навчальних текстів, і систематизовано прийоми, які опосередковують цей процес. Систематизацію проведено у формі дедуктивного впорядкування. Параметрами, за допомогою яких її виконано, виступила комбінація певних мнемічних ефектів. Умовою перетворення описаних прийомів у цілеспрямовані дії, є інтелектуальна активність студентів.

Перспективу подальшого дослідження мнемічної діяльності в навчанні вбачаємо у розробці обґрунтованої методики інтервального повторювання з використанням спеціалізованих програмних застосунків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bertsch, S., Pesta, B., Wiscott, R., & McDaniel, M. (2007). The generation effect: A meta-analytic review. *Memory & Cognition*, 35, 201–210. <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03193441>.
2. Defeyter, M., Russo, R., & McPartlana, P. (2009). The picture superiority effect in recognition memory: A developmental study using the response signal procedure. *Cognitive Development*, 3 (24), 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2009.05.002>.
3. Dehaene, S. (2020). *How we learn: why brains learn better than any machine for now*. Kindle Edition.
4. Loaiza, V., McCabe D., Youngblood, J., Rose, N., & Myerson, J. (2011). The Influence of Levels of Processing on Recall From Working Memory and Delayed Recall Tasks. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition*, 37(5), 1258–63. <https://doi.org/10.1037/a0023923>.

5. MacLeod, C., Gopie, N., Hourihan, K., Neary, & Ozubko, J. (2010). The production effect: delineation of a phenomenon. *Journal of Experimental psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 36(3), 671-685. <https://doi.org/10.1037/a0018785>.
6. Manning, J., & Kahana, M. (2013). Interpreting semantic clustering effects in free recall. *Memory*, 5 (20), 511-517. <https://doi.org/10.1080/09658211.2012.683010>.
7. Memory consolidation (May 20, 2022). *The human memory*. <https://human-memory.net/memory-consolidation/#References>.
8. Slamecka, N., & Graf, P. (1978). The Generation Effect: Delineation of a Phenomenon. *Journal of Experimental Psychology Human Learning and Memory*, 6, 592-604. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.4.6.592>.
9. Агеев, В. (1990). *Межгрупповое взаимодействие: социально-психологические проблемы*. МГУ.
10. Бочарова, С. (2016). *Психология памяти. Теория и практика для обучения и работы*. Гуманитарный центр.
11. Деордіца, Т., Вороніна, М., Єпіфанова, О., & Толмачов, В. (2022). Мисленнєва тактика засвоювання термінів фахової мови. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 25-32. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-004>.
12. Зинченко, П. (2010). *Непроизвольное запоминание*. Директ-Медиа.
13. Иванова, Е. (2009). Теория памяти Г.К. Середы как развитие идей школы П.И. Зинченко. *Культурно-историческая психология*, 2, 23-37.
14. Ильясов, И., & Галатенко, Н. (1994). *Проектирование курса обучения по учебной дисциплине*. Логос.
15. Мещеряков, Б. (2003). *Память человека: эффекты и феномены*. Вопросы психологии.
16. Середа, Г. (2009). Теоретическая модель памяти как механизма системной организации индивидуального опыта. *Психологический журнал Международного университета природы, общества и человека «Дубна»*, 2. <https://psyanima.su/journal/2009/2/2009n2a7/2009n2a7.pdf>.
17. Солсо, Р. (2006). *Когнитивная психология*. Питер.
18. ФЕС — *Філософський енциклопедичний словник* (2002). Абрис.
19. Черемошкина, Л. (2002). *Психология памяти*. Академия.
20. Шагар, В. (2007). *Сучасний тлумачний психологічний словник*. Прапор.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bertsch, S., Pesta, B., Wiscott, R., & McDaniel, M. (2007). The generation effect: A meta-analytic review. *Memory & Cognition*, 35, 201-210. <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03193441>.
2. Defeyter, M., Russo, R., & McPartlana, P. (2009). The picture superiority effect in recognition memory: A developmental study using the response signal procedure. *Cognitive Development*, 3 (24), 265-273. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2009.05.002>.
3. Dehaene, S. (2020). *How we learn: why brains learn better than any machine for now*. Kindle Edition.
4. Loaiza, V., McCabe D., Youngblood, J., Rose, N., & Myerson, J. (2011). The Influence of Levels of Processing on Recall From Working Memory and Delayed Recall Tasks. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition*, 37(5), 1258-63. <https://doi.org/10.1037/a0023923>.
5. MacLeod, C., Gopie, N., Hourihan, K., Neary, & Ozubko, J. (2010). The production effect: delineation of a phenomenon. *Journal of Experimental psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 36(3), 671-685. <https://doi.org/10.1037/a0018785>.
6. Manning, J., & Kahana, M. (2013). Interpreting semantic clustering effects in free recall. *Memory*, 5 (20), 511-517. <https://doi.org/10.1080/09658211.2012.683010>.
7. Memory consolidation (May 20, 2022). *The human memory*. <https://human-memory.net/memory-consolidation/#References>.
8. Slamecka, N., & Graf, P. (1978). The Generation Effect: Delineation of a Phenomenon. *Journal of Experimental Psychology Human Learning and Memory*, 6, 592-604. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.4.6.592>.
9. Ageev, V. (1990). *Mezhgruppovoe vzaimodejstvie: social'no-psihologicheskie problemy* [Intergroup interaction: socio-psychological problems]. Izdatel'stvo MGU. (in Russian).
10. Bocharova, S. (2016). *Psihologija pamjati. Teorija i praktika dlja obuchenija i raboty* [Psychology of memory. Theory and practice for learning and work]. Gumanitarnyj centr. (in Russian).
11. Dieorditsa, T., Voronina, M., Yepifanova, O., & Tolmachov, V. (2022). Myslennieva taktyka zasvoiuvannia terminiv fakhovoi movy [Thinking tactic of professional language terminology acquisition]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 25-32. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-004>. (in Ukrainian).
12. Zinchenko, P. (2010). *Neproizvol'noe zapominanie* [Accidental memorization]. Direkt-Media. (in Russian).
13. Ivanova, E. (2009). Teorija pamjati G.K. Seredy kak razvitie idej shkoly P.I. Zinchenko [The theory of memory G.K. Seredy as a development of the ideas of P.I. Zinchenko]. *Kul'turno-istoricheskaja psihologija – Cultural-historical psychology*, 2, 23-37. (in Russian).
14. Il'jasov, I., & Galatenko, N. (1994). *Ppoeptivovanie kursa obuchenija po uchebnoj discipline* [Designing a course of study in an academic discipline]. Logos. (in Russian).
15. Meshherjakov, B. (2003). *Pamjat' cheloveka: jeffekty i fenomeny* [Human memory: effects and phenomena]. Voprosy psihologii. (in Russian).
16. Sereda, G. (2009). Teoreticheskaja model' pamjati kak mehanizma sistemnoj organizacii individual'nogo opyta [Theoretical model of memory as a mechanism of system organization of individual experience]. *Psihologicheskij zhurnal Mezhdunarodnogo universiteta prirody, obshhestva i cheloveka «Dubna» – Psychological journal of the International University of Nature, Society and Man "Dubna"*, 2. <https://psyanima.su/journal/2009/2/2009n2a7/2009n2a7.pdf>. (in Russian).
17. Solso, R. (2006). *Kognitivnaja psihologija* [Cognitive psychology]. Piter. (in Russian).
18. FES — *Filosofskyj entsyklopedychnyj slovnyk* [Philosophical encyclopedic dictionary] (2002). Abrys. (in Ukrainian).
19. Cheremoshkina, L. (2002). *Psihologija pamjati* [Psychology of memory]. Akademija. (in Russian).
20. Shagar, V. (2007). *Suchasnij tлумachnij psihologichnij slovník* [Modern explanatory psychological dictionary]. Prapor. (in Ukrainian).



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.
 Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-006

УДК [52+53]–378]

БЕЗРОЗМІРНІ ФУНДАМЕНТАЛЬНІ КОНСТАНТИ ФІЗИКИ: ВИЗНАЧЕННЯ І АНАЛІЗ

Сергій КУЗЬМЕНКОВ ✉

Херсонський державний університет, Україна
 ksg3.14159@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5257-9523>

DIMENSIONLESS FUNDAMENTAL CONSTANTS OF PHYSICS: DEFINITION AND ANALYSIS

Serhii KUZMENKOV ✉

Kherson State University, Ukraine
 ksg3.14159@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5257-9523>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Раніше (Кузьменков, 2021b) ми сформулювали свій список фундаментальних констант фізики, який визначили за новими запропонованими нами критеріями. Проте числові значення цих фізичних констант залежать від одиниць вимірювання, які є результатом домовленостей, тобто ці числові значення – конвенціональні, отже, носять суб'єктивний характер. Позбавитись цієї конвенціональності можна, якщо перейти до безрозмірних величин. Проте різні автори обґрунтовують різні списки безрозмірних фундаментальних констант. Тому метою нашого дослідження є визначення і обґрунтування повної групи безрозмірних фундаментальних констант фізики, які є необхідними й достатніми для характеристики нашого Всесвіту.

Матеріали і методи. Проведене дослідження спиралося на праці таких авторів як Й.Л. Розенталь (1984), П. Девіс (1985), Л.Б. Окунь (1991), К.А. Томілін (2006), О.П. Спіридонов (2015) і здійснювалось шляхом систематизації, порівняльного аналізу, теоретичного осмислення наукових публікацій і навчальної літератури, узагальнення й уточнення ідей науковців.

Результати. У результаті обґрунтовано введення безрозмірних фундаментальних констант на підставі того, що, по-перше, це позбавляє їх конвенціональності; по-друге, саме, безрозмірні константи сильної α_s , електромагнітної α_e , та слабкої взаємодії α_w є ключовими параметрами сучасної фізичної теорії – Стандартної моделі. До цих трьох констант, на нашу думку, необхідно додати безрозмірну фундаментальну константу гравітаційної взаємодії α_g , визначену через масу протона. Маса протона, як було нами визначено раніше, є фундаментальною фізичною константою, а протон є основою баріонної матерії Всесвіту (нейтрон у вільному стані нестабільний). Сформований нами список безрозмірних фундаментальних констант виглядає так: константи α_s , α_e , α_w , α_g , відношення мас протона і електрона m_p/m_e , відношення мас нейтрона і протона m_n/m_p , відношення різниці мас нейтрона і протона до середньої маси нуклона $2(m_n - m_p)/(m_n + m_p)$ (причому таких співвідношень має бути саме три, інакше буде порушений принцип відповідності між розмірними і безрозмірними константами), розмірність простору і безрозмірна габлітська стала $\alpha_H = (H_0 R_{Bc})^2 / 2c^2$.

Висновки. Отже, нами сформовано повну (на сьогодні) групу безрозмірних фундаментальних констант фізики. Подальших розробок підлягає з'ясування статусу космологічної сталої Λ і обґрунтування повноти групи фундаментальних констант, як розмірних, так і безрозмірних.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: безрозмірна фундаментальна константа; сильна взаємодія; електромагнітна взаємодія; слабка взаємодія; гравітаційна взаємодія; Стандартна модель; маса протона/нейтрона/електрона; розмірність простору; стала Габбла.

ABSTRACT

Formulation of the problem. Earlier (Kuzmenkov, 2021b) we formed our list of fundamental physical constants, which we determined according to the new criteria proposed by us. However, the numerical values of these physical constants depend on the units of measurement, which are the result of agreements, that is, these numerical values – are conventional, therefore, they are subjective in nature. It is possible to get rid of this conventionality by going to dimensionless quantities. However, different authors justify different lists of dimensionless fundamental constants. Therefore, the goal of our research is to define and substantiate a complete group of dimensionless fundamental constants of physics, which are necessary and sufficient to characterize our Universe.

Materials and methods. The conducted research was based on the works of such authors as Y.L. Rosenthal (1984), P. Davis (1985), L.B. Okun (1991), K.A. Tomilin (2006), O.P. Spiridonov (2015) and was carried out through systematization, comparative analysis, theoretical understanding of scientific publications and educational literature, generalization and clarification of ideas of scientists.

Results. As a result, the introduction of dimensionless fundamental constants is substantiated on the basis that, firstly, it deprives them of their conventionality; secondly, precisely, the dimensionless constants of strong α_s , electromagnetic α_e and weak interaction α_w are the key parameters of the modern physical theory – the Standard Model. To these three constants, in our opinion, it is necessary to add the dimensionless fundamental constant of the gravitational interaction α_g determined by the mass of the proton. The mass of the proton, as we determined earlier, is a fundamental physical constant, and the proton is the basis of the baryonic matter of the Universe (the neutron is unstable in its free state). The list of dimensionless fundamental constants that we created looks like this: constants α_s , α_e , α_w , α_g , the ratio of mass proton and electron m_p/m_e , the ratio of mass neutron and proton m_n/m_p , the ratio of the difference in the masses of neutron and proton to the average mass of a nucleon $2(m_n - m_p)/(m_n + m_p)$ (and there must be exactly three such ratios, otherwise the principle of correspondence between dimensional and dimensionless constants will be violated), the dimension of space and the dimensionless Hubble constant $\alpha_H = (H_0 R_{Bc})^2 / 2c^2$.

Conclusions. So, we have formed a complete (to date) group of dimensionless fundamental constants of physics. Elucidation of the status of the cosmological constant Λ and substantiation of the completeness of the group of fundamental constants, both dimensional and dimensionless, are subject to further development.

KEYWORDS: dimensionless fundamental constant; strong interaction; electromagnetic interaction; weak interaction; gravitational interaction; Standard Model; proton/neutron/electron mass; dimension of space; Hubble constant.

ВСТУП

Постановка проблеми. Нещодавно нами була надрукована стаття: «Які фізичні константи можна вважати фундаментальними?» (Кузьменков, 2021b). У цій статті ми запропонували нові критерії фундаментальності фізичних констант. Фундаментальними, на нашу думку, слід вважати константи, які, по-перше, не можна виразити через інші константи (незалежність – для розмірних констант); а, по-друге, варіації (уявні) числових значень цих констант спричиняють кардинальні зміни у нашому Всесвіті. Це дало змогу обґрунтувати дещо новий список фундаментальних

Кузьменков С. Безрозмірні фундаментальні константи фізики: визначення і аналіз. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 46–50. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-006

Для цитування:

Кузьменков, С. (2022). Безрозмірні фундаментальні константи фізики: визначення і аналіз. *Фізико-математична освіта*, 36(4), 46–50. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-006>

For citation:

Kuzmenkov, S. (2022). Dimensionless fundamental constants of physics: definition and analysis. *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 46–50. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-006>

Kuzmenkov, S. (2022). Bezrozmirni fundamentalni konstanty fizyki: vyznachennia i analiz [Dimensionless fundamental constants of physics: definition and analysis]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 46–50. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-006>

констант, який відрізняється (за деякими очевидними виключеннями) від списків інших авторів (Розенталь, 1984; Девіс, 1985; Окунь, 1991; Томілін, 2006; Спірідонов, 2015).

Водночас числові значення фундаментальних фізичних констант залежать від одиниць вимірювання, які є результатом домовленостей, тобто ці числові значення – конвенціональні, отже, носять суб'єктивний характер. Позбавитись цієї суб'єктивності (конвенціональності) можна, якщо перейти до безрозмірних величин. Проте різні автори обґрунтовують дещо різні списки безрозмірних фундаментальних констант. Тому дослідження цієї проблеми є досить актуальним.

Аналіз актуальних досліджень. Безрозмірні фундаментальні константи було розглянуто у роботах: Й. Розенталь (1984), П. Девіса (1985), Л. Окуня (1991), К. Томіліна (2006) і О. Спірідонова (2015). Найбільш детально ці константи обговорювались Спірідоновим і Томілінін.

На думку Спірідонова (2015), окремі розмірні фізичні константи як, наприклад, швидкість світла у вакуумі c , гравітаційна стала G або стала Планка $\hbar$ «грають визначальну роль у структурі відповідних фізичних теорій». «Коли ж йдеться про вироблення єдиного теоретичного опису усіх фізичних процесів, – пише далі Спірідонов, – формування єдиної фізичної картини світу, розмірні фізичні сталі сходять зі сцени. Їхнє місце займають фундаментальні безрозмірні константи – α_s (безрозмірна константа сильної взаємодії – *вставка тут і далі в дужках наша*), α_e (безрозмірна константа електромагнітної взаємодії), α_w (безрозмірна константа слабкої взаємодії), α_g (безрозмірна константа гравітаційної взаємодії), m_e/m_p і $(m_n - m_p)/m_N$ » (Спірідонов, 2015). Тут m_e , m_p , m_n – маси відповідно електрона, протона і нейтрона, а m_N – середня маса нуклона. Трохи далі Спірідонов додає ще як безрозмірну константу розмірність простору.

На наш погляд, Спірідонов дещо зміщує акценти і наводить далеко не повний список фундаментальних безрозмірних констант.

Томілін (2006) класифікує всі фізичні константи за способом обґрунтування їх значень на безрозмірні і розмірні двох типів. Але, оскільки розмірні константи не є предметом нашого дослідження, зосередимось тільки на безрозмірних константах. До них він відносить так звану «сталу тонкої структури» (фактично безрозмірну фундаментальну константу електромагнітної взаємодії), безрозмірні фундаментальні константи сильної та слабкої взаємодій і відношення мас елементарних частинок. Числові значення цих констант, на думку Томіліна, «не залежать від систем одиниць і визначаються самою Природою, вони мають так чи інакше впливати з усеохоплюючої фізичної теорії». «Зазвичай – продовжує Томілін – безрозмірні константи з'являються як емпіричні параметри, а потім знаходять своє пояснення в процесі розвитку фізичної теорії. ... Єдина фізична теорія має прагнути до ідеалу – повному поясненню усіх безрозмірних констант шляхом їх редукції до математичних сталих. Можливо, однак, що цей ідеал виявиться недосяжним, наприклад, через те, що деякі безрозмірні константи можуть виявитись чисто випадковими параметрами і фіксуватись у якийсь момент випадковим чином, наприклад, у початковий момент виникнення Всесвіту» (Томілін, 2006).

Фактично Томілін обмежується в цьому контексті детальним аналізом лише трьох перелічених фундаментальних взаємодій. Щодо гравітації, то, на думку Томіліна, універсальної безрозмірної константи, яка характеризує силу гравітаційної взаємодії не існує. Проте можна утворити специфічні безрозмірні константи, які характеризуватимуть не тільки гравітаційну силу в цілому, але й силу притягання конкретних об'єктів, наприклад, протона й електрона: $\alpha_g = Gm_p m_e / \hbar c$ або двох протонів $\alpha_g = Gm_p^2 / \hbar c$, або будь-яких інших частинок. Оскільки частинок багато і, на думку Томіліна, серед них немає найбільш фундаментальної (?), то й усі такого роду константи мають специфічний (не універсальний) характер (Томілін, 2006).

Ми з цим не погоджуємось і, по-перше, вважаємо маси протона, нейтрона й електрона фундаментальними, оскільки з цих частинок складається речовина Всесвіту (Кузьменков, 2021b), а, по-друге, для визначення безрозмірної фундаментальної константи гравітаційної взаємодії доцільно використовувати саме протон, який є основою баріонної матерії (нейтрон у вільному стані нестабільний). До того ж у цьому разі коректно порівнювати (як побачимо далі) силу взаємодій між собою.

Томілін, як безрозмірну константу, не розглядає, наприклад, розмірність простору та деякі інші. Врешті-решт, він, як і Спірідонов, не пропонує систему (повну групу) безрозмірних фундаментальних констант.

Отже, **метою статті** є визначення і обґрунтування повної групи безрозмірних фундаментальних констант фізики, які є необхідними й достатніми для характеристики нашого Всесвіту.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Систематизація, порівняльний аналіз і теоретичне осмислення наукових публікацій, аналіз наукової і навчальної літератури, розкриття основних дефініцій досліджуваної проблеми, узагальнення й уточнення ідей науковців, висунання і обґрунтування пропозицій щодо повної групи безрозмірних фундаментальних фізичних констант.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відомо, що фундаментальні частинки (кварки, лептони і калібровочні бозони) разом із взаємодіями між ними утворюють деякий базис сучасної фізики елементарних частинок, здатний описати світ явищ від космічних масштабів до відстаней 10^{-19} м. «Цей теоретичний базис зазвичай називають *Стандартною моделлю* і він є своєрідною точкою відліку у подальшому розвитку фізики» (Ішханов та ін., 2007).

У Стандартній моделі усі фундаментальні ферміони мають здатність випромінювати або поглинати в одному акті лише один з носіїв взаємодії. Згідно з тим, що випромінює і поглинає фундаментальний ферміон, розрізняють *електромагнітну, слабку і сильну взаємодію*. Якщо носіями взаємодії є фотони, то маємо справу з електромагнітною взаємодією, якщо W - і Z -бозони, то зі слабкою, якщо ж носіями є глюони, то йдеться про сильну взаємодію.

Стандартна модель є одним з варіантів квантової теорії поля. Взаємодії у Стандартній моделі є не енергії взаємодії, а релятивістські інваріантні амплітуди просторово-точкових перетворень фундаментальних частинок. Структура і зміст теорії визначається тим, яка обирається конструкція елементарних амплітуд. Один з ключових параметрів

елементарних амплітуд – це константа зв'язку (константа взаємодії) Константи зв'язку визначають ймовірності перебігу фундаментальних (і не тільки) процесів. Ці константи зазвичай обирають безрозмірними і традиційно позначають як $\alpha_e, \alpha_w, \alpha_s$ (розташовані в порядку історичної появи). У елементарні амплітуди безпосередньо входять квадратні корні з цих величин (Ішханов та ін., 2007):

$$\begin{aligned}\sqrt{\alpha_e} & \text{ – в елементарну амплітуду електромагнітної взаємодії;} \\ \sqrt{\alpha_w} & \text{ – в елементарну амплітуду слабкої взаємодії;} \\ \sqrt{\alpha_s} & \text{ – в елементарну амплітуду сильної взаємодії.}\end{aligned}$$

Фундаментальна безрозмірна константа електромагнітної взаємодії. Цю константу зазвичай визначають так. Виразимо у так званих природних одиницях квантової електродинаміки (маса електрона m_e – одиниця маси, $m_e c^2$ – одиниця енергії, комптонівська довжина хвилі $\lambda_e = \hbar/m_e c$ – одиниця довжини, $\hbar/m_e c^2$ – одиниця часу) електростатичну енергію відштовхування двох електронів, що розташовані на відстані λ_e . Матимемо (Кузьменков, 2021):

$$\alpha_e = \frac{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\lambda_e}}{m_e c^2} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} = \frac{1}{137,04}. \quad (1)$$

Зауважимо, що маса електрона не входить у формулу для величини α_e , тому α_e , є константою зв'язку з електромагнітним полем для будь-якої елементарної частинки, заряд якої дорівнює e , тобто ця константа має універсальний характер.

Цю константу іноді звуть «сталою тонкої структури» – таку назву величина α_e , отримала у зв'язку з працею А. Зоммерфельда про тонку структуру ліній у спектрі Гідрогену.

Зазначимо, що якщо визначити характерну швидкість електрона в атомі Гідрогену з умови квантування Бора:

$$v_B = \frac{\hbar}{m_e r_B}, \quad (2)$$

де $r_B = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{m_e e^2}$ – борівський радіус, то неважко переконатись, що

$$\alpha_e = \frac{v_B}{c}. \quad (3)$$

Дивлячись на формулу (3), можна сказати, що величина α_e характеризує роль *релятивістських ефектів* в атомі Гідрогену (Окунь, 1991). Про це свідчить також вираз, на який можна перетворити борівську енергію $W_B = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_B}$:

$$W_B = \alpha_e^2 m_e c^2, \quad (4)$$

де під величиною $m_e c^2$ розуміємо енергію спокою електрона.

Фундаментальна безрозмірна константа слабкої взаємодії. Зауважимо, що у фізиці історично був період, коли нічого не було відомо про носії слабкої взаємодії W- і Z- бозони. Передбачалось, що слабка взаємодія є чотириферміонною, за якою два ферміони перетворюються в точці у два інших ферміони. Ілюстрацією цього може слугувати класичний β -розпад та як його зображали за допомогою фейнманівських діаграм раніше (рис. 1 а). Сучасне уявлення зображено на рис. 1 б.

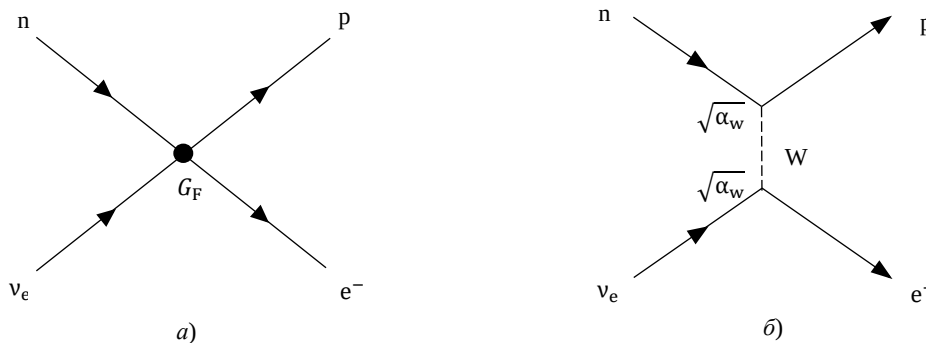


Рис. 1. Еволюція уявлень про особливості слабкої взаємодії: спочатку теорія розглядала слабкі процеси у вигляді чотириферміонного точкового перетворення частинок – а); сучасне уявлення – б) (Ішханов та ін., 2007)

Тому на початковому етапі розвитку теорії слабка взаємодія характеризувалась константою G_F , яка має назву «константа зв'язку Фермі» і є ефективною константою чотириферміонної взаємодії (Ішханов та ін., 2007). Її значення не впливає з теорії і за експериментальними даними становить $G_F = 1,43 \cdot 10^{-62} \text{ Дж} \cdot \text{м}^3$.

Фундаментальна безрозмірна константа слабкої взаємодії α_w зв'язана з константою Фермі наступною формулою (Ішханов та ін., 2007):

$$\alpha_w = \frac{\sqrt{2}}{\pi\hbar c} \left(\frac{m_W c^2}{\hbar c} \right)^2 G_F, \quad (5)$$

де $m_W = 1,43 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$ – маса W-бозона. Якщо ж для зручності порівняння з іншими константами замість маси m_W використати масу протона m_p , то числове значення безрозмірної константи слабкої взаємодії становитиме $\alpha_w \approx 10^{-5}$.

Фундаментальна безрозмірна константа сильної взаємодії. Константа взаємодії у квантовій хромодинаміці α_s визначає значення верхівці процесу випромінювання кварком віртуального глюона. Аналогічно визначенням попередніх констант для α_s матимемо

$$\alpha_s = \frac{g_{qg}^2}{4\pi\hbar c}, \quad (6)$$

де g_{qg} – константа кварк-глюонної взаємодії (так званий *кольоровий заряд*).

Стандартна модель влаштована так, що значення констант зв'язку залежать від масштабу відносних відстаней, на яких відбуваються ті чи інші процеси. Константа сильної взаємодії α_s в області звичайних відстаней ($\approx 10^{-15}$ м = 1 Фм) має значення ~ 1 . Зі зменшенням відносних відстаней константа сильної взаємодії помітно зменшується. На відстанях масштабу 0,1 Фм ця константа становить $\alpha_s \approx 0,31$, а на відстанях 0,001 Фм – $\alpha_s \approx 0,105$ (Ішханов та ін., 2007).

Фундаментальна безрозмірна константа гравітаційної взаємодії. Цю константу визначають аналогічно α_e , виражаючи гравітаційну енергію притягання двох протонів у енергіях спокою протона, які перебувають на відстані комптонівської довжини хвилі протона (Кузьменков, 2021а):

$$\alpha_g = \frac{Gm_p^2/(\hbar/m_p c)}{m_p c^2} = \frac{Gm_p^2}{\hbar c} = 5,9 \cdot 10^{-39}, \quad (7)$$

де $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг – маса протона.

Зазначимо, що оскільки основний внесок у видиму матерію дають баріони, то замість маси електрона у природних одиницях квантової електродинаміки у цьому разі логічно використовувати масу протона.

Проте визначені безрозмірні константи фундаментальних взаємодій не повністю представляють наш Всесвіт. До них слід додати, на нашу думку, ще такі:

$$\text{відношення мас протона та електрона} - m_p/m_e = 1836; \quad (8)$$

$$\text{відношення мас нейтрона і протона} - m_n/m_p = 1,0014; \quad (9)$$

$$\text{відношення різниці мас нейтрона і протона до середньої маси нуклона} \frac{2(m_n - m_p)}{(m_n + m_p)} = 0,0014. \quad (10)$$

Друге співвідношення – (9) – необхідне ввести, тому що два інших співвідношення (8) і (10), які пропонує Спірідонов (2015), не дають змоги відновити (у разі необхідності) інформацію про маси частинок, з яких складається речовина нашого Всесвіту (два рівняння не дають однозначного розв'язку для трьох невідомих).

Список розмірних фундаментальних констант, які ми запропонували в роботі (Кузьменков, 2021b) згідно з новими критеріями фундаментальності, містить ще дві константи: розмірність простору і сталу Габбла H_0 . Розмірність простору 3 – величина безрозмірна, тому її беззастережно можна перенести до списку безрозмірних фундаментальних констант. Фундаментальність розмірності простору наочно продемонстрована, наприклад, у навчальному посібнику (Кузьменков, 2021a).

Інша справа, стала Габбла – коефіцієнт пропорційності в законі Габбла–Леметра $v = H_0 l$ (законі розширення Всесвіту), де під l можна розуміти швидкість віддалення деякої галактики, а l – відстань до неї. Цю сталу традиційно записують так: $H_0 = (67,8 \pm 1,3) \frac{\text{км}}{\text{с}}/\text{Мпк}$, а індекс «0» означає, що вимірювання відбуваються в сучасну епоху (Андрієвський та ін., 2019; Засов & Постнов, 2006). Фактично розмірність сталої Габбла – обернена секунда. Фізичний зміст сталої Габбла полягає в тому, що вона показує, на скільки у середньому зростає швидкість розширення Всесвіту на одиницю відстані (на 1 Мпк).

Введемо безрозмірну габблівську константу. Оскільки H_0 пов'язана з розширенням Всесвіту, то тут має бути задіяна гравітація. Тому цю константу можна визначити як відношення енергії самогравітації спостережуваного Всесвіту і його енергії спокою:

$$\alpha_H = \frac{GM_{\text{Вс}}^2/R_{\text{Вс}}}{M_{\text{Вс}}c^2}, \quad (11)$$

де $M_{\text{Вс}}$ – маса спостережуваного Всесвіту, $R_{\text{Вс}}$ – його радіус. Тут використана формула для енергії самогравітації, що справедлива з точністю до константи порядку одиниці. Після скорочення мас в чисельнику і знаменнику замінимо ту масу, що лишилася, за допомогою очевидного виразу:

$$M_{\text{Вс}} = \frac{4}{3}\pi R_{\text{Вс}}^3 \rho_{\text{кр}}, \quad (12)$$

де під $\rho_{\text{кр}}$ будемо розуміти критичну густину Всесвіту, яка, в свою чергу, виражається відомою формулою (Андрієвський та ін., 2019; Засов & Постнов, 2006):

$$\rho_{\text{кр}} = \frac{3H_0^2}{8\pi G}. \quad (13)$$

Підставляючи (13) у (12), а (12) у (11), остаточно дістаємо:

$$\alpha_H = \frac{1}{2} \left(\frac{H_0 R_{\text{Вс}}}{c} \right)^2. \quad (14)$$

За розрахунками для $R_{\text{Вс}} = 10^{26}$ м отримуємо $\alpha_H \approx 0,27$.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИКИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Введення безрозмірних фундаментальних констант є доцільним, оскільки це позбавляє їх суб'єктивності (конвенціональності), що спричинена використанням одиниць вимірювання (наприклад, кілограмів, метрів і секунд), які є результатом людських домовленостей.

2. Введення безрозмірних констант фундаментальних взаємодій є також доцільним з іншої причини. Справа в тому, що три з них, а саме, безрозмірні константи сильної α_s , електромагнітної α_e та слабкої взаємодії α_w є ключовими параметрами сучасної фізичної теорії – Стандартної моделі. Згідно з уже ustalеними уявленнями значення цих констант зі зростанням переданого імпульсу (зменшенням відстані) наближаються одне до одного, поки не з'єднаються в одній точці. Отже, Стандартна модель передбачає об'єднання цих взаємодій.

3. До цих трьох констант, на нашу думку, необхідно додати безрозмірну фундаментальну константу гравітаційної взаємодії, визначену через масу протона. Маса протона, як було нами визначено раніше (Кузьменков, 2021a; 2021b), є фундаментальною фізичною константою, а протон є основою баріонної матерії Всесвіту (нейтрон у вільному стані нестабільний).

4. Список безрозмірних констант необхідно доповнити безрозмірними співвідношеннями (8), (9) і (10), пов'язаними з масами тих частинок, з яких складається речовина Всесвіту. Причому співвідношень має бути саме три (не більше і не менше), щоб можна було однозначно відновити (у разі необхідності) маси цих частинок, розв'язуючи три рівняння для трьох невідомих. У цей список слід також додати розмірність простору і безрозмірну сталу Габбла (14).

5. Отже, список безрозмірних фундаментальних констант, на нашу думку, має на сьогодні виглядати так: константи α_s , α_e , α_w , α_g , відношення m_p/m_e , m_n/m_p , $2(m_n - m_p)/(m_n + m_p)$, розмірність простору і безрозмірна габблівська стала $\alpha_H = \frac{1}{2} \left(\frac{H_0 R_{\text{вс}}}{c} \right)^2$.

Подальших розробок підлягає з'ясування статусу космологічної сталої Λ і обґрунтування повноти групи фундаментальних констант, як розмірних, так і безрозмірних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрієвський, С.М., Кузьменков, С.Г., Захожай, В.А., & Климишин, І.А. (2019). *Загальна астрономія*. ПромАрт.
2. Девис, П. (1985). *Случайная Вселенная*. Мир.
3. Ишханов, Б.С., Капитонов, И.М., & Юдин, Н.П. (2007). *Частицы и атомные ядра*. Издательство ЛКИ.
4. Засов, А.В., & Постнов, К.А. (2006). *Общая астрофизика*. Фрязино.
5. Кузьменков, С.Г. (2021a). *Фундаментальні фізичні та математичні константи: Задачі з розв'язаннями*. Херсон.
6. Кузьменков, С.Г. (2021b). Які фізичні константи можна вважати фундаментальними? *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, 198, 40–44. <https://pednauk.cuspu.edu.ua/index.php/pednauk/issue/view/25>.
7. Окунь, Л.Б. (1991). Фундаментальные константы физики *УФН*, 161(9), 177–194.
8. Розенталь, И.Л. (1984). *Элементарные частицы и структура Вселенной*. Наука.
9. Спиридонов, О.П. (2015). *Фундаментальные физические постоянные: От начал физики до космологии*. ЛЕНАНД.
10. Томилин, К.А. (2006). *Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах*. ФИЗМАТЛИТ.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Andriievskiy, S.M., Kuzmenkov, S.H., Zakhzhai, V.A., & Klymyshyn, I.A. (2019). *Zahalna astronomiia [General astronomy]*. PromArt. (in Ukrainian).
2. Devys, P. (1985). *Sluchainaia Vselennaia [Random universe]*. Myr. (in Russian).
3. Yshkhanov, B.S., Kapytonov, Y.M., & Yudyn, N.P. (2007). *Chastytsy y atomnye yadra [Particles and atomic nuclei]*. Yzdatelstvo LKY. (in Russian).
4. Zasov, A.V., & Postnov, K.A. (2006). *Obshchaia astrofizyka [General astrophysics]*. Frazyno. (in Russian).
5. Kuzmenkov, S.H. (2021a). *Fundamentalni fizychni ta matematychni konstanty: Zadachi z rozv'iazanniamy [Fundamental physical and mathematical constants: Problems with solutions]*. Kherson. (in Ukrainian).
6. Kuzmenkov, S.H. (2021b). Які фізичні константи можна вважати фундаментальними? [What physical constants can be considered fundamental?]. *Naukovi zapysky. Seriya: Pedagogichni nauky – Proceedings. Series: Pedagogical sciences*, 198, 40–44. <https://pednauk.cuspu.edu.ua/index.php/pednauk/issue/view/25>. (in Ukrainian).
7. Okun, L.B. (1991). Fundamentalnye konstanty fizyky [Fundamental constants of physics]. *UFN – UFN*, 161(9), 177–194. (in Russian).
8. Rozental, Y.L. (1984). *Elementarnye chastytsy y struktura Vselennoi [Elementary particles and the structure of the Universe]*. Nauka. (in Russian).
9. Spyrydonov, O.P. (2015). *Fundamentalnye fizycheskye postoiannye: Ot nachal fizyky do kosmologiy [Fundamental physical constants: From the beginnings of physics to cosmology]*. LENAND. (in Russian).
10. Tomylyn, K.A. (2006). *Fundamentalnye fizycheskye postoiannye v ystorycheskom y metodolohycheskom aspektakh [Fundamental physical constants in historical and methodological aspects]*. FYZMATLYT. (in Russian).



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-007

УДК (378.147) [519.1+517.962]

МОДЕЛЬ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ ДО ВИКОРИСТАННЯ BYOD-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Василь ЛОБОДА ✉

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Україна
 v.loboda@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0003-2290-6738>

MODEL OF TRAINING FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS TO USE THE BYOD-TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL ACTIVITY

Vasyl LOBODA ✉

Makarenko Sumy State
 Pedagogical University, Ukraine
 v.loboda@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0003-2290-6738>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Наразі підвищення якості освіти очікується шляхом зміни методів і засобів освітньої діяльності, зокрема через використання власних цифрових пристроїв. Зазначене актуалізує впровадження BYOD-підходу, а тому потребує дослідження проблеми відповідної випереджувальної підготовки майбутніх учителів інформатики.

Матеріали і методи. У статті використано теоретичні методи наукового пізнання: системний аналіз наукової, психолого-педагогічної, методичної літератури; узагальнення та систематизація теоретичних відомостей щодо впровадження інноваційних змін у систему вищої освіти України; моделювання освітнього процесу професійної підготовки майбутніх учителів інформатики.

Результати. У статті представлена розроблена на основі аналізу системи професійної підготовки майбутніх учителів інформатики модель використання BYOD-технологій як засобу формування професійних компетентностей майбутнього вчителя інформатики. Модель складається з цільового компоненту, стимулюючо-мотиваційного, змістового, операційно-діяльнісного та оціночно-регулятивного компонентів, базується на BYOD-підході й реалізується у три етапи: пропедевтичний (навчання основ роботи з е-технологіями, їх використання в інформатичних дисциплінах), формувальний (використання BYOD-технологій у навчанні інформатичних дисциплін), розвивальний (виконання навчально-дослідницьких проектів з використання BYOD-технологій).

Висновки. Доцільність використання технологій BYOD на уроках, у т.ч. уроках інформатики підтверджена низкою науковців і професіоналів, що забезпечує підґрунтя для впровадження таких технологій у шкільну практику. Зазначене вимагає випереджувальної підготовки вчителів інформатики і розроблення відповідної моделі підготовки майбутніх учителів інформатики до використання BYOD-технологій у професійній діяльності. Подальшого дослідження потребують критерії і показники для визначення рівнів професійної підготовки майбутніх учителів інформатики до використання BYOD-технологій у професійній діяльності та організація педагогічного експерименту для підтвердження чи спростування її ефективності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: BYOD; BYOD-технології; майбутні учителі інформатики; професійна підготовка; модель професійної підготовки; професійна діяльність.

ABSTRACT

Problem formulation. Currently, improving the quality of education is expected by changing the methods and means of educational activities, in particular through the use of their own digital devices. This actualizes the implementation of the BYOD approach and therefore requires research into the problem of appropriate advanced training for future teachers of computer science.

Materials and methods. The article uses theoretical methods of scientific knowledge: systematic analysis of scientific, psychological and pedagogical, methodological literature; generalization and systematization of theoretical information on the introduction of innovative changes in the system of higher education in Ukraine; modeling of the educational process of professional training of future computer science teachers.

Results. The article presents a model of using BYOD technologies as a means of forming professional competencies for future teachers of computer science developed on the basis of the analysis of the system of professional training of future computer science teachers. The model consists of a target component, stimulating-motivational, semantic, operational-activity, and evaluation-regulatory components and is based on the BYOD approach and is realized in three stages: propaedeutic (learning the basics of working with e-technologies, their use in computer science disciplines), formative (use of BYOD-technologies in teaching computer science disciplines), development (implementation of educational and research projects on the use of BYOD-technologies).

Conclusions. The expediency of using BYOD technologies in lessons, incl. computer science lessons, confirmed by a number of scientists and professionals. It provides a basis for the introduction of such technologies in school practice. This requires advanced training of computer science teachers and the development of an appropriate model for training future computer science teachers to use BYOD technologies in professional activities. Further research is the research of criteria and indicators to determine the levels of professional training of future teachers of computer science to use BYOD technologies in professional activities and the organization of a pedagogical experiment to confirm or refute its effectiveness.

KEYWORDS: BYOD; BYOD-technologies; future teachers of computer science; professional training; model of professional training; professional activity.

ВСТУП

Постановка проблеми. Модернізація освіти є найважливішим завданням соціально-економічної політики кожної розвиненої країни. У цих умовах особливо актуальною є проблема підвищення якості вищої освіти. На кожному етапі розвитку освіти використовувалися історично різні шляхи підвищення її якості. Наразі підвищення якості освіти очікується шляхом зміни методів і засобів освітньої діяльності, зокрема шляхом впровадження технологій BYOD.

Для цитування:

Лобода В. Модель підготовки майбутніх учителів інформатики до використання byod-технологій у професійній діяльності. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 51-56. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-007

Лобода, В. (2022). Модель підготовки майбутніх учителів інформатики до використання byod-технологій у професійній діяльності. *Фізико-математична освіта*, 36(4), 51-56. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-007>

For citation:

Loboda, V. (2022). Model of training future computer science teachers to use the byod-technologies in professional activity. *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 51-56. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-007>

Loboda, V. (2022). Model pidhotovky maibutnix uchyteliv informatyky do vykorystannia byod-tekhnohologii u profesiinii diialnosti [Model of training future computer science teachers to use the byod-technologies in professional activity]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 51-56. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-007>

Абревіатура BYOD = Bring Your Own Device (означає – Принесіть Свій Власний Пристрій) є відносно новою. Вона з'явилася в сфері комерціалізації та інформаційних технологій у 2009-2011 роках, але стала використовуватися ще раніше в різних університетах світу, в т.ч. під час підготовки майбутніх учителів (Чхайло, 2018). Слід зазначити, що багато досліджень показали позитивні ефекти використання електронних та мобільних пристроїв у освітньому процесі: їх використання підвищує мотивацію, забезпечує інтерактивність, уможливорює співпрацю та залучення студентів до різних видів роботи, сприяє індивідуалізації навчання. Проте є окремі негативні аспекти використання мобільних пристроїв: можливість підключення, малий розмір екрану, обмежений час автономної роботи, відволікання на особисте листування в Інтернеті та соціальні мережі під час занять тощо.

Однією з основних причин підвищеної уваги до проблеми впровадження мобільних технологій в освітній процес є зручність і простота використання наявних цифрових засобів у процесі пошуку, створення та використання навчальних матеріалів. Використовуючи ці технології, можна значно підвищити ефективність процесу професійної підготовки фахівців, активізувати їх навчально-пізнавальну та самостійну діяльність. Тому проблема ефективного використання мобільних пристроїв в освітньому процесі потребує додаткового вивчення і вимагає побудови відповідної моделі професійної підготовки для кожної спеціальності, у т.ч. вчителя інформатики, який сам має бути здатним використовувати технології BYOD у професійній діяльності.

Аналіз актуальних досліджень. Суттєві зміни соціальної ситуації, поява нових форм взаємовідносин у суспільстві, у тому числі серед студентів, вимагають нових підходів до процесу навчання, формування його змісту та організації, застосування поряд з класичними нових форм навчання, зміни та оновлення засобів і методів навчання (Shen & Ho, 2020). У процесі своєї діяльності вчителю доводиться вирішувати завдання, пов'язані з пошуком існуючих мобільних технологій, аналізуючи їх на доцільність використання в навчальному процесі та створюючи власні. Підготувати компетентного спеціаліста, здатного ефективно використовувати ідеї концепції BYOD для вирішення проблеми своєї професійної підготовки, є важливим завданням вищої педагогічної освіти.

Аналіз науково-методичних розвідок щодо використання технологій BYOD засвідчив наявність окремих результатів, які свідчать про доцільність його використання саме у підготовці вчителів. Так, у роботі (Semenikhina et al., 2019) описується використання Service GeoGebra на прикладі професійної підготовки вчителів математики та інформатики, яка передбачає саме використання BYOD-підходу.

Подібні результати подано у роботі (Семеніхіна et al., 2019), де описуються особливості професійної підготовки вчителів природничо-математичних дисциплін саме з використанням хмарних сервісів математичного спрямування через власні мобільні пристрої.

У статті (Семеніхіна та ін., 2018) закладено ідею використання власних цифрових пристроїв під час вибору програмних засобів для навчання.

Результати, подані у роботі (Semenog et al., 2020) засвідчують важливість формування медіаосвітніх умінь, а представлені у статті (Budianskyi et al., 2021) – важливість формування риторичної культури саме з використанням власних цифрових засобів (мобільних пристроїв).

У конференційних матеріалах (Drushlyak et al., 2020) описується використання власних мобільних пристроїв студентів для організації поточного контролю через додаток Clicker Plickers.

Інноваційна освітня сфера, організована на основі концепції BYOD, як зазначено у (Cancino et al., 2017), – це сукупність умов, що забезпечують ефективність професійного зростання, оволодіння професійними цінностями педагогічної дійсності на основі взаємодії, співпраці та співтворчості учасників педагогічного процесу, стимулювання розвитку професійних цінностей педагогічної дійсності. розвиток професійного іміджу та рівня готовності майбутніх учителів до творчої педагогічної діяльності, наукового пошуку, розробки авторських програм і проєктів, інноваційного забезпечення навчально-виховного процесу. Підготовка студентів має орієнтувати їх на розуміння ролі інноваційної освітньої сфери, організованої на основі концепції BYOD, не лише в їх професійному становленні, а й у прагненні оволодіти мистецтвом моделювання її в самостійній творчій роботі. Потрібна ціла система педагогічних засобів, активізація підготовки учнів до вирішення цієї складної задачі, результатом чого є високий рівень їхньої готовності до педагогічної творчості.

Опитування викладачів університетів показало їх високу зацікавленість у використанні мобільних пристроїв, зокрема:

- організовувати розподілене контрольоване розповсюдження електронних освітніх ресурсів (доступ до навчального та дослідницького контенту; мовлення подкастів; вебінари; соціальні мережі тощо);
- забезпечувати опосередкований, географічно розподілений зв'язок для здійснення спільної діяльності без прив'язки до місцезнаходження учасників навчально-виховного процесу;
- використовувати мобільний пристрій як персональну медіатеку навчально-методичних та довідкових матеріалів; як фото- та відеокамери для запису візуальної інформації в цифровому вигляді; як програвач для запису та прослуховування аудіолекцій; як мультимедійний довідник у музеях тощо;
- підключити мобільний пристрій до мультимедійної та оргтехніки, засобів виміральної техніки та приладів у корпоративній мережі навчального закладу;
- використовувати вбудовані в мобільний пристрій датчики та датчики для збору інформації про оточення користувача (положення в просторі - за допомогою гіроскопа; вібрація; освітлення; вологість; тиск; температура тощо) в навчальних та дослідницьких цілях;
- використовувати засоби геолокації мобільного пристрою для визначення місцезнаходження; пошук і спільний опис географічних об'єктів; отримання довідкової картографічної інформації; побудова колій руху тощо.

У зв'язку з цим перед закладами вищої освіти постають такі завдання: з одного боку, навчити учасників освітнього процесу використовувати переваги мобільних пристроїв, оснащуючи їх зручними інструментами та сервісами; з іншого боку, обмежити безконтрольне використання мобільних пристроїв та їх додатків, забезпечення інформаційної безпеки та захисту даних в освітньому просторі університету (Koellner & Jacobs, 2015).

За результатами аналізу наукових розвідок констатуємо, що інноваційна освітня сфера, організована на основі концепції BYOD, містить ефективні засоби, що стимулюють у майбутніх учителів креативність, рефлексивні дії, креативність у вирішенні професійних завдань. А тому дослідження моделей підготовки майбутніх учителів інформатики до використання BYOD-технологій у професійній діяльності є актуальною науковою розвідкою.

Мета статті: розробити та обґрунтувати модель підготовки майбутніх учителів інформатики до використання BYOD-технологій у професійній діяльності.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Теоретичні методи: систематичний аналіз наукової, психолого-педагогічної, методичної літератури; узагальнення та систематизація теоретичних відомостей щодо впровадження інноваційних змін у систему вищої освіти України; моделювання освітнього процесу професійної підготовки майбутніх учителів інформатики.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

За результатами аналізу наукових результатів виявлено, що педагогічною метою концепції BYOD може бути: пропедевтичне ознайомлення з матеріалом лекції; аудиторна лекція для самостійного навчання; допуск до лабораторних занять; віртуальний лабораторний практикум; самоконтроль тощо.

Найпростішою і ефективною BYOD-технологією є електронний мобільний комплекс у текстовому форматі (зокрема, Word-копія цифрового довідкового конспекту лекційного матеріалу). Важливо передбачити місце на кожній сторінці для нотаток, щоб мати можливість записувати запитання з незрозумілих частин навчального матеріалу. Читати лекційний матеріал в аудиторії взагалі немає потреби – викладачеві достатньо зупинитися на основних тезах і відповісти на запитання, що виникли у студентів під час пропедевтичного вивчення матеріалу лекції. Навчальне завдання самостійного навчання шляхом повторного прослуховування навчального матеріалу реалізується через відеолекції (зокрема, у форматі MP3). Цей підхід дуже ефективний, коли потрібно покрити велику кількість матеріалу за короткий проміжок часу.

На основі аналізу системи професійної підготовки майбутніх учителів інформатики була розроблена модель підготовки майбутніх учителів інформатики до використання BYOD-технологій у професійній діяльності (рис. 1). Модель складається з цільового, стимулюючо-мотиваційного, змістового, операційно-діяльнісного та оціночно-регулятивного компонентів. Модель реалізується в три етапи: пропедевтичний, формувальний, розвивальний. На формуальному етапі відбувається використання BYOD-технологій в процесі вивчення фахових дисциплін. Зміст навчання інформатичних дисциплін розписано по семестрах та включає чотири курси підготовки майбутнього вчителя інформатики. Таким чином, професійна підготовка майбутнього вчителя інформатики передбачає набуття ним компетентностей у галузі інформатики, методики навчання та дидактики, психологічних і педагогічних основ здійснення навчально-виховного процесу, дослідницької діяльності та педагогічного спілкування, що визначає якість його професійної діяльності. При створенні моделі використання BYOD-технологій у професійній підготовці вчителя інформатики будемо дотримуватися таких принципів: науковості, професійної спрямованості, самореалізації міждисциплінарної інтеграції, варіативності. Також, використовуючи BYOD-технології, можна здійснити рефлексивне управління, ширше охопити пізнавальні процеси кожного студента, в результаті чого – надати індивідуальну допомогу на основі виявлених здібностей. Реалізація моделі безпосередньо залежить від наявності у студентів та викладачів власних пристроїв та доступу до мережі Інтернет.

Основу моделі складає мета, яку сформульовано наступним чином: професійна підготовка вчителя інформатики, здатного до ефективного використання BYOD-технологій у професійній діяльності. На мету, в першу чергу, впливають: суспільне замовлення на підготовку компетентного вчителя інформатики, спрямування на ІКТ-аутсорсинг засобів навчання та розвиток мобільних технологій. Треба підкреслити, що суспільне замовлення на підготовку компетентного вчителя інформатики впливає не лише на мету запропонованої моделі, але й на компетентнісний підхід до навчання. Розвиток ІКТ впливає на появу мобільних сервісів навчання, які в свою чергу входять до змісту навчання інформатичних дисциплін. Зміст поєднує в собі, окрім мобільних сервісів навчання, ще й перелік основних інформатичних дисциплін, які розміщені згідно порядку їх вивчення на кожному курсі, протягом кожного семестру. Оскільки було раніше виявлено, що професійні компетентності вчителя інформатики формуються практично в процесі вивчення інформатичних дисциплін, тому кожен з етапів реалізації моделі тісно пов'язаний з основними інформатичними дисциплінами, які вивчають студенти на I – IV курсів. Модель побудована таким чином, що перший етап її реалізації охоплює перші два семестри (I курс). До складу цього етапу включено такі курси як основи інформатики, цифрові технології та фізичні основи інформаційних систем. На даному етапі передбачається вивчення студентами основ використання мобільних пристроїв, безпосереднє застосування інструментарію та організації власної роботи засобами, які представлені в мобільних сервісах.

II етап охоплює 3-6 семестри (II та III курси). До другого етапу реалізації методики використання BYOD-технологій як засобу формування професійних компетентностей вчителя інформатики включено наступні дисципліни: програмування, інформатика в базовій школі, інформаційний супровід діяльності вчителя, основи мікроелектроніки, математична логіка, цифрове середовище ЗЗСО та методика навчання інформатики. II етап реалізації моделі містить наступні складники: цілі навчання інформатичних дисциплін, методи навчання з використанням BYOD-технологій та форми організації використання BYOD-технологій. Кожен складник взаємопов'язаний один з одним, впливають безпосередньо на зміст навчання інформатичних дисциплін. Мобільні засоби, що задіяні в проблемному навчанні, надають можливість користувачу описувати проблему (задачу), як природною мовою, так і мовою з даної предметної галузі. За таких умов з'являється можливість не лише обговорення правильної відповіді, але й раціональність кожного окремого розв'язку задачі. Роль викладача поступово змінюється. Постає питання стосовно перегляду форм навчальної роботи: збільшення самостійної роботи, зменшення ролі пояснювально-ілюстративного методу навчання, збільшення кількості практичних і лабораторних робіт дослідницького характеру.

Щодо III етапу реалізації методики, то він включає в себе опанування методики навчання інформатики. На даному етапі студенти завершують навчання та готують навчально-дослідницькі проекти з використанням BYOD-технологій, виконують курсові роботи, випускні роботи бакалавра. Із залученням інструментарію BYOD-технологій студенти мають змогу виконати всю роботу з використанням одного мобільного сервісу.

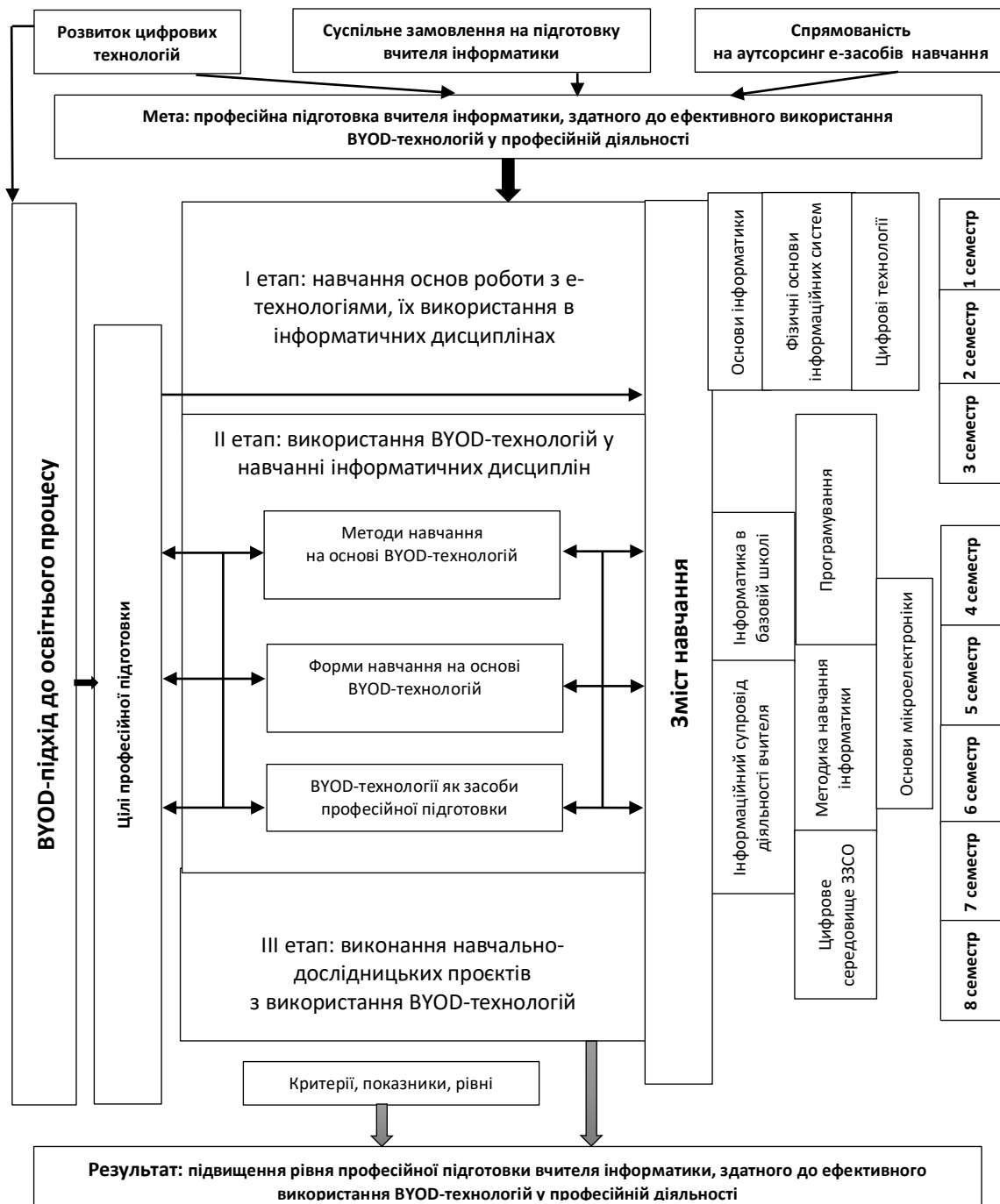


Рис. 1. Модель підготовки майбутніх учителів інформатики до використання BYOD-технологій у професійній діяльності

Треба зазначити, що проведена попередня експертна оцінка дієвості моделі, яка отримана за результатами опитування 4-х викладачів кафедри інформатики, які мають досвід професійної підготовки вчителів інформатики не менше 5-ти років, засвідчив потенційну спроможність розробленої моделі успішно підготувати вчителя інформатики, здатного до ефективного використання BYOD-технологій у професійній діяльності.

ОБГОВОРЕННЯ

Згідно з дослідженням Каліфорнійського державного університету (США), студенти використовують власні мобільні пристрої в процесі навчання в середньому кожні шість хвилин. Дійсно, сучасні методи та технології навчання все частіше передбачають використання учнями персональних мобільних пристроїв (ноутбуків, планшетів, смартфонів чи

інших подібних пристроїв). Стратегія BYOD активно впроваджується у провідних зарубіжних університетах і в майбутньому, на думку експертів, стане поширеною практикою. Опитування мережі партнерів Cisco за 2013 рік стверджує, що BYOD широко поширений в освіті: 95% опитаних викладачів стверджують, що вони використовують персональні мобільні пристрої на роботі. Проблеми з інформаційною безпекою, обмеження доступу до корпоративної інформації, різноманітність програмного забезпечення та платформ зараз заважають впровадженню технології BYOD не лише в університетах, а й в інших організаціях. Але переваги такого підходу значні і переважають багато проблемних аспектів. Зокрема, технологія BYOD може суттєво сприяти «залученню та утриманню талановитих працівників, підвищенню продуктивності та мобільності співробітників, підвищенню їх задоволеності, а також зниженню ІТ» (Ohrt & Turau, 2012).

Крім того, дослідження показали, що мобільні пристрої, які студенти приносять із собою до навчального закладу, надзвичайно різноманітні, від традиційних ноутбуків до різноманітних смартфонів і планшетів і навіть розважальних пристроїв, таких як ігрові приставки та інтернет-телевізори. Ці мобільні пристрої не призначені лише для особистого використання. Вони все більше інтегруються в навчальний процес. При цьому інформаційна безпека продовжує залишатися однією з головних проблем освітніх організацій. Для повномасштабної реалізації стратегії BYOD залишається багато невирішених питань в управлінні корпоративними освітніми мережами. Все це також є вагомим фактором, який необхідно враховувати при розвитку системи освіти в епоху повсюдної інформатизації (Johnson, 2013).

Це початок своєрідної «електронної еволюції» суспільства. Подальший розвиток технологій неминуче змінить особистість, і щоб уникнути нездоланного якісного та кількісного розриву між поколіннями, необхідно сьогодні застосовувати результати таких досліджень, наприклад, для зміни системи та стандартів освіти (Meier, 2013).

В основі інноваційної діяльності вчителя лежить ставлення до проектування нових шляхів здобуття знань і вирішення педагогічних завдань (Das, 2019).

Заходи щодо використання мобільних технологій та сервісів у процесі підготовки майбутніх учителів мають базуватися на стратегії інформатизації (ІТ-стратегії), яка покликана визначити роль і місце мобільних технологій у забезпеченні діяльності навчального закладу та розв'язанні проблеми його розвитку за певний період. При формуванні ІТ-стратегії рекомендується дотримуватися низки принципів (Samochadin et al., 2014), серед яких : усі інформаційні ресурси університету мають бути доступні через веб-браузер, мобільний веб-клієнт або спеціальні мобільні додатки 24 години/7 днів на тиждень; на території закладу освіти необхідна організація безпечного бездротового доступу до інформаційних послуг та мережі Інтернет

Сучасний вчитель не може ефективно вирішувати професійні проблеми, які висуває педагогічна дійсність, якщо він не має досвіду досліджень та інновацій та не готовий створити необхідну атмосферу наукового пошуку в контексті практичної педагогічної роботи на основі концепції BYOD (Drushlyak et al., 2020).

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Доцільність використання технологій BYOD на уроках інформатики підтверджена низкою науковців і професіоналів, що забезпечує підґрунтя для впровадження таких технологій у шкільну практику. Зазначене вимагає випереджувальної підготовки вчителя інформатики і розроблення відповідної моделі підготовки майбутніх учителів інформатики до використання BYOD-технологій у професійній діяльності. Авторська модель базується на BYOD-підході й реалізується у три етапи: навчання основ роботи з е-технологіями, їх використання в інформатичних дисциплінах; використання BYOD-технологій у навчанні інформатичних дисциплін; виконання навчально-дослідницьких проектів з використанням BYOD-технологій.

Подальшого дослідження потребують критерії і показники для визначення рівнів професійної підготовки майбутніх учителів інформатики до використання BYOD-технологій у професійній діяльності та організація педагогічного експерименту для підтвердження чи спростування її ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cancino, C. A., Merigó, J. M., & Coronado, F. C. (2017). A bibliometric analysis of leading universities in innovation research. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2(3), 106-124. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2017.03.006>.
2. Das, K. (2019). Role of ICT for Better Mathematics Teaching. *Shanlax International Journal of Education*, 7 (4), 9-28.
3. Drushlyak M.G., Semenikhina O.V., Kondratiuk S.M., Krivosheya T.M., Vertel A.V., & Pavlushchenko N.M. (2020). The Automated Control of Students Achievements by Using Paper Clicker Plickers. *MIPRO 2020 : Proceedings of 43 International convention on information and communication technology, electronics and microelectronics*, Opatija (Croatia), 688-692.
4. Drushlyak, M.G., Semenikhina, O.V., Proshkin, V. V., Kharchenko, S.Ya., & Lukashova, T.D. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of GeoGebra). *CTE 2020 Cloud Technologies in Education 2020: Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education* (CTE 2020). Kryvyi Rih, Ukraine.
5. Johnson, P. (2013). *Mobile Application Development for iOS*. Packt Publishing Ltd.
6. Koellner, K., & Jacobs, J. (2015). Distinguishing models of professional development: the case of an adaptive model's impact on teachers' knowledge, instruction, and student achievement. *Journal of Teacher Education*, 66(1), 51–67.
7. Meier, R. (2012). *Professional Android 4 application development*. John Wiley & Sons.
8. Ohrt, J., & Turau, V. (2012). Cross-platform development tools for smartphone applications. *Computer*, 45, 9, 0072-79.
9. Samochadin, A., Raychuk, D., Voinov, N., Ivanchenko, D., & Khmelkov, I. (2014). MDM based Mobile Services in Universities. *International Journal of Information Technology & Computer Science (IJITCS)*, 13, 2, 35–41.
10. Semenikhina, E., Drushlyak, M., Bondarenko, Yu., Kondratiuk, S., & Dehtiarova, N. (2019). Cloud-based and Its Use in the Educational Process: the -approach. *TEM JOURNAL – Technology, Education, Management, Informatics*, 8(1), 65-72. <https://doi.org/10.18421/TEM81-08>.
11. Semenog, O., Semenikhina, O., Oleshko, P., Prima, R., Varava, O., & Pykaliuk, R. (2020). Formation of Media Educational Skills of a Future Teacher in the Professional Training. *Revista Românească pentru Educație Multidimensională*, 12(3), 219-245. <https://doi.org/10.18662/rrem/12.3/319>.
12. Shen, C., & Ho, J. (2020). Technology-enhanced learning in higher education: A bibliometric analysis with latent semantic approach. *Computers in Human Behavior*, 104, 106177. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106177>.

13. Будянський, Д. В., Друшляк, М. Г., Семеніхіна, О. В., Харченко, І. І., Горбачук, В. О., & Чашечникова, О. С. (2021). Типологія електронних ресурсів у формуванні риторичної культури фахівця. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 81(1), 82–96. <https://doi.org/10.33407/itlt.v81i1.4292>.
14. Лазарев, М. І., Рубан, Н. П., & Лазарева, Т. А. (2009). *Теоретичні та методичні засади креативного навчання студентів технічних дисциплін*: монографія. Ліхтар.
15. Семеніхіна, О. В., Друшляк, М. Г., & Хворостіна, Ю. В. (2019). Використання хмарного сервісу geogebra у навчанні майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 73(5), 48–66. <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.2500>.
16. Семеніхіна, О.В., Семеног, О.М., & Друшляк, М.Г. (2018). Формування у майбутніх учителів умінь раціонально обрати програмний засіб: праксеологічний підхід. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 63(1), 230–241. <https://doi.org/10.33407/itlt.v63i1.1820>.
17. Чайка, В. М. (2006). *Підготовка майбутнього вчителя до самореалізації педагогічної діагностики*. Тернопіль: ТНПУ.
18. Чхало, О. М. (2018). Застосування технології BYOD в освітньому процесі аналітичної хімії. *Комп'ютер у школі та сім'ї*, 3, 10–16.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Cancino, C. A., Merigó, J. M., & Coronado, F. C. (2017). A bibliometric analysis of leading universities in innovation research. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2(3), 106–124. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2017.03.006>.
2. Das, K. (2019). Role of ICT for Better Mathematics Teaching. *Shanlax International Journal of Education*, 7 (4), 9–28.
3. Drushlyak M.G., Semenikhina O.V., Kondratiuk S.M., Krivosheya T.M., Vertel A.V., & Pavlushchenko N.M. (2020). The Automated Control of Students Achievements by Using Paper Clicker Pickers. *MIPRO 2020 : Proceedings of 43 International convention on information and communication technology, electronics and microelectronics*, Opatija (Croatia), 688–692.
4. Drushlyak, M.G., Semenikhina, O.V., Proshkin, V. V., Kharchenko, S.Ya., & Lukashova, T.D. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of GeoGebra). *CTE 2020 Cloud Technologies in Education 2020: Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*. Kryvyi Rih, Ukraine.
5. Johnson, P. (2013). *Mobile Application Development for iOS*. Packt Publishing Ltd.
6. Koellner, K., & Jacobs, J. (2015). Distinguishing models of professional development: the case of an adaptive model's impact on teachers' knowledge, instruction, and student achievement. *Journal of Teacher Education*, 66(1), 51–67.
7. Meier, R. (2012). *Professional Android 4 application development*. John Wiley & Sons.
8. Ohrt, J., & Turau, V. (2012). Cross-platform development tools for smartphone applications. *Computer*, 45, 9, 0072–79.
9. Samochadin, A., Raychuk, D., Voinov, N., Ivanchenko, D., & Khmelkov, I. (2014). MDM based Mobile Services in Universities. *International Journal of Information Technology & Computer Science (IJITCS)*, 13, 2, 35–41.
10. Semenikhina, E., Drushlyak, M., Bondarenko, Yu., Kondratiuk, S., & Dehtiarova, N. (2019). Cloud-based and Its Use in the Educational Process: the -approach. *TEM JOURNAL – Technology, Education, Management, Informatics*, 8(1), 65–72. <https://doi.org/10.18421/TEM81-08>.
11. Semenog, O., Semenikhina, O., Oleshko, P., Prima, R., Varava, O., & Pykaliuk, R. (2020). Formation of Media Educational Skills of a Future Teacher in the Professional Training. *Revista Românească pentru Educație Multidimensională*, 12(3), 219–245. <https://doi.org/10.18662/rrem/12.3/319>.
12. Shen, C., & Ho, J. (2020). Technology-enhanced learning in higher education: A bibliometric analysis with latent semantic approach. *Computers in Human Behavior*, 104, 106177. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106177>.
13. Budianskyi, D.V., Drushlyak, M.G., Semenikhina, O.V., Kharchenko, I.I., Horbachuk, V.O., & Chashechnikova, O.S. (2021). Electronic Resources Typology In The Formation Of Specialist's Rhetoric Culture. *Information technologies and learning tools*, 81(1), 82–96. <https://doi.org/10.33407/itlt.v81i1.4292>. (in Ukrainian).
14. Lazarev, M. I., Ruban, N. P., & Lazareva, T. A. (2009). *Teoretychni ta metodychni zasady kreatyvnoho navchannia studentiv tekhnichnykh dysyplin [Theoretical and methodical principles of creative education of students of technical disciplines]*. Likhtar. (in Ukrainian).
15. Semenikhina, O.V., Drushlyak, M.G., Khvorostina, Y.V. (2019). Use of geogebra cloud service in future math teachers' teaching. *Information Technologies and Learning Tools*, 73(5), 48–66. <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.2500>. (in Ukrainian).
16. Semenikhina, O. V., Semenog, O. M., & Drushlyak, M. H. (2018). Forming of the future teachers' abilities to choose software rationally: praxeology approach. *Information Technologies and Learning Tools*, 63(1), 230–241. <https://doi.org/10.33407/itlt.v63i1.1820>. (in Ukrainian).
17. Chaika, V. M. (2006). *Pidhotovka maibutnoho vchytelia do samorealizatsii pedahohichnoi diagnostyky [Preparation of the future teacher for self-regulation of pedagogical activity]*. Ternopil: TNPU. (in Ukrainian).
18. Chkhalo, O. M. (2018). Zastosuvannia tekhnolohii BYOD v osvithnomu protsesi analitychnoi khimii [Application of BYOD technology in the educational process of analytical chemistry]. *Kompiuter u shkoli ta simi – Computer in school and family*, 3, 10–16. (in Ukrainian).



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Виходить з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-008

УДК 378.147

РОЗВИТОК SOFT SKILLS У МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ПРИ ВИВЧЕННІ ТЕМИ «ДІОФАНТОВІ РІВНЯННЯ»

Тетяна ЛУКАШОВА

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С. Макаренка, Україна
 tanya.lukashova2015@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1465-9530>

Марина ДРУШЛЯК

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С. Макаренка, Україна
 marydru@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-9648-2248>

Юрій ХВОРОСТИНА

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С. Макаренка, Україна
 khvorostina13@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8354-944X>

DEVELOPMENT OF PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS' SOFT SKILLS STUDYING THE TOPIC "DIOPHANTINE EQUATIONS"

Tetiana LUKASHOVA

Makarenko Sumy State
 Pedagogical University, Ukraine
 tanya.lukashova2015@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1465-9530>

Marina DRUSHLYAK

Makarenko Sumy State
 Pedagogical University, Ukraine
 marydru@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-9648-2248>

Yurii KHVOROSTINA

Makarenko Sumy State
 Pedagogical University, Ukraine
 khvorostina13@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8354-944X>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. У сучасному світі роботодавці не в останню чергу звертають увагу на якості майбутнього – soft skills («Система 4К» – Колаборація, Комунікація, Креативність, Критичне мислення), які повинен мати майбутній конкурентноспроможний фахівець, особливо вчитель, оскільки це професія, у якій soft skills та hard skills відіграють рівнозначну роль.

Матеріали і методи. Системний аналіз наукової, навчальної та методичної літератури; порівняння та синтез теоретичних положень; узагальнення власного педагогічного досвіду.

Результати. Результати дослідження висвітлюють можливі шляхи вирішення проблеми розвитку soft skills майбутніх вчителів математики на прикладі вивчення теми «Діофантові рівняння» в курсі «Олімпіадна математика» освітньої програми «Середня освіта (Математика. Інформатика)» другого (магістерського) рівня вищої освіти Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка. Не претендуючи на повноту, автори виділяють десять найбільш поширених методів розв'язування діофантових рівнянь, кожен з яких проілюстровано відповідними прикладами з детальними поясненнями.

Висновки. В ході вивчення теми розвиваються такі soft skills, як креативність (вміння застосовувати евристичні прийоми; уміння використовувати набуті знання в нестандартних ситуаціях; здатність генерувати ідеї розв'язання); логічне мислення; критичне мислення (визначення типу діофантового рівняння та раціональний вибір того чи іншого методу його розв'язування, уміння «побачити роздінку», що дає ключ до розв'язку; здатність ставити конструктивні запитання в ході колективного розв'язування рівнянь на заняттях, аналізувати, аргументувати та оцінювати ідеї та розв'язання); комунікація (вміння відстоювати свою точку зору, аргументувати, чому обрано конкретний метод, чому інші методи не підходять до розв'язування заданого типу діофантового рівняння); навички тайм-менеджменту при встановленні дедлайнів виконання домашніх, індивідуальних завдань тощо, вміння при цьому раціонально розподіляти свій час; вміння вчитися, оскільки більшість часу освітньої компоненти відводиться на самостійне вивчення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: soft skills; майбутні учителі математики; діофантові рівняння; методи розв'язування діофантових рівнянь.

ABSTRACT

Formulation of the problem. In today's world, employers pay attention to the qualities of the future – soft skills ("System Four Cs" – Collaboration, Communication, Creativity, Critical thinking), which a future competitive specialist, especially a teacher, must have, since this is a profession in which soft skills and hard skills play an equal role.

Materials and methods. System analysis of scientific, educational, and methodical literature; comparison and synthesis of theoretical positions; generalization of own pedagogical experience.

Results. The results of the study highlight possible ways to solve the problem of developing of pre-service mathematics teachers' soft skills on the example of studying the topic "Diophantine Equations" in the course "Olympic Mathematics" of the educational program "Secondary Education (Mathematics. Computer Science)" of the second (master's) level of higher education at Makarenko Sumy State Pedagogical University. Without pretending to be complete, the authors highlight the ten most common methods of solving Diophantine equations, each of which is illustrated by relevant examples with detailed explanations.

Conclusions. During the study of the topic, such soft skills as creativity (the ability to apply heuristic techniques; the ability to use the acquired knowledge in non-standard situations; the ability to generate solution ideas); logical thinking; critical thinking (determining the type of Diophantine equation and the rational choice of one or another method of solving it, the ability to "see the highlight" that gives the key to the solution; the ability to ask constructive questions during the collective solving of equations in classes, analyze, argue and evaluate ideas and solutions); communication (the ability to defend one's point of view, to argue why a specific method is chosen, why other methods are not suitable for solving a given type of Diophantine equation); time management skills when setting deadlines for completing homework, individual tasks, etc., the ability to rationally allocate your time; the ability to learn, since most of the time of the educational component is devoted to independent study, are developed.

KEYWORDS: soft skills; pre-service mathematics teachers; Diophantine equations; methods of solving Diophantine equations.

Для цитування:

Лукашова Т., Друшляк М., Хворостина Ю. Розвиток soft skills у майбутніх учителів математики при вивченні теми «Діофантові рівняння». *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 57-63. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-008

Лукашова Т., Друшляк М., & Хворостина Ю. (2022). Розвиток soft skills у майбутніх учителів математики при вивченні теми «Діофантові рівняння». *Фізико-математична освіта*, 36(4), 57-63. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-008>

For citation:

Lukashova, T., Drushlyak, M., & Khvorostina, Yu. (2022). Development of pre-service mathematics teachers' soft skills studying the topic "Diophantine Equations". *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 57-63. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-008>

Lukashova, T., Drushlyak, M., & Khvorostina, Yu. (2022). Rozvytok soft skills u maibutnih uchyteliv matematiky pry vyvchenni temy «Diofantovi rivniannia» [Development of pre-service mathematics teachers' soft skills studying the topic "Diophantine Equations"]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 57-63. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-008>

ВСТУП

Постановка проблеми. При акредитації освітніх програм, серед іншого, звертається увага на те, яким чином освітня програма дозволяє забезпечити набуття упродовж періоду навчання здобувачами вищої освіти так званих soft skills, які відповідають цілям та результатам навчання освітньої програми. У науковій літературі можна зустріти синонімічні терміни «гнучкі навички», «м'які навички», «соціальні навички», «навички успішності», «навички XXI століття» тощо, але на думку Н. А. Тарасенкової, яку ми поділяємо, доцільно вживати англomовний термін «soft skills», оскільки складова синонімічних термінів «навичка» не відображає суті цього поняття: «у даному понятті йдеться про комплекс певних знань (чи інтуїтивних, невербалізованих передзнань), умінь, досвіду, ставлень, який як цілісність апіорі не може набути якості автоматизму (вродженого чи набутого), оскільки в численних проявах і застосуваннях нерідко передбачає розгортання цілої діяльності, її свідомого та підсвідомого (чи надсвідомого) супроводу й почасти вербалізації принаймні окремих її фрагментів» (Тарасенкова, 2019).

На Всесвітньому економічному форумі в 2018 році було визначено десять провідних soft skills як комплекс неспеціалізованих, важливих для кар'єри надпрофесійних здатностей, які відповідають за успішну участь у робочому процесі, високу продуктивність і є наскрізними, тобто не пов'язані з конкретною предметною областю. Це здатність вирішувати складні проблеми, критичне мислення, креативність, навички управління людьми, навички міжособистісного спілкування, емоційний інтелект, здатність робити висновки та приймати рішення, орієнтованість на клієнта, навички ведення переговорів, здатність легко та швидко навчатися новому. Узагальненням цих десяти провідних soft skills є «Four Cs» (Collaboration, Communication, Creativity, Critical thinking) – «Система 4К» (Колаборація, Комунікація, Креативність, Критичне мислення) (10 Top Soft Skills for 2020: What They Are and How To Train Them, 2016).

L. Lippman, R. Ryberg, K. Carney та A. Moore (2015) дотримуються поділу soft skills на п'ять груп: розумові (когнітивні) здатності (критичне мислення, навички вирішення проблем, інноваційне мислення, управління інтелектуальним навантаженням, навички самоосвіти, інформаційні навички); соціальні здатності (міжособистісні навички, групова робота, лідерство, соціальний інтелект, відповідальність); комунікативні здатності (комунікативні навички, етика спілкування); здатності самоконтролю (здатність контролювати імпульси, спрямовувати та зосереджувати увагу, керувати емоціями та регулювати поведінку, тайм-менеджмент); здатності позитивної самооцінки (емоційний інтелект, емпатія) (Lippman et al., 2015).

Це якості майбутнього, які повинен мати майбутній конкурентоспроможний фахівець і на які не в останню чергу звертають увагу роботодавці. Зокрема, фахівці у HR-сфері рекомендують навчитися планувати свій розвиток, стежити за інноваціями, постійно набувати нового досвіду, брати на себе складні завдання, використовувати різні форми навчання (підвищення кваліфікації, самонавчання, курси, майстер-класи, тренінги, семінари). Науковці наголошують на проблемі невідповідності результатів навчання в університетах, які зосереджуються на традиційному навчанні та набутті випускниками hard skills, та вимогами роботодавців, які звертають увагу на рівень розвитку soft skills у випускників. У цьому напрямку відмітимо роботу (Munir, 2021), який акцентує дану проблему у системі професійної підготовки інженерів. Саме тому при оцінюванні освітньої програми така увага приділяється саме формуванню soft skills. Причому Н.А. Бородіна, С.І. Чеберячко та Н.А. Шевчук (2020) вважають, що «існує направленість лише на надання програмних результатів навчання, а навички soft skills визначаються як соціальна спрямованість цих програмних результатів навчання». Особливо дана проблема актуалізується в системі підготовки майбутніх учителів, оскільки вчитель – це професія, у якій soft skills та hard skills відіграють рівнозначну роль, на чому наголошують, зокрема R. Ağcamı та A. Doğanlı (2021).

Навчання математики, серед іншого, має високий потенціал щодо можливості розвитку soft skills. Це підтверджують розвідки (Cardoso-Espinosa et al., 2021; Semoushin et al., 2003; Stytsyuk et al, 2022), де аналізуються можливості проектного навчання та технологій STEM освіти в контексті розвитку soft skills.

При реалізації освітньої програми soft skills розвиваються в тій чи іншій мірі у межах всіх запропонованих освітніх компонент. Але повернемо вектор дослідження до освітньої компоненти ОК 5 «Олімпіадна математика» освітньої програми «Середня освіта (Математика. Інформатика)» другого (магістерського) рівня вищої освіти (https://sspu.edu.ua/images/2022/docs/opp/2022_opp_so_matematika_informatika_m_1_a1159.pdf) Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка, що обумовлює **мету статті** – розкрити потенціал вивчення теми «Діофантові рівняння» олімпіадної математики у контексті розвитку soft skills майбутніх вчителів математики.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення мети були використані методи теоретичного рівня наукового пізнання: аналіз наукової літератури, синтез, формалізація наукових джерел, опис, зіставлення, узагальнення власного досвіду.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Процес вивчення усіх без винятку математичних дисциплін передбачає кількісне накопичення знань та їх якісну переробку із подальшим узагальненням. Не секрет, що більшості студентів бракує умінь застосовувати свої знання на практиці, і, як наслідок, самостійно і творчо поповнювати їх, розширювати свої практичні вміння та навички і використовувати їх до розв'язування більш складних задач, що передбачають певну евристичну складову. Це обумовлено цілим рядом причин, але одним зі шляхів подолання цих труднощів є урівноважений розвиток hard skills та soft skills.

Широкі можливості до їх формування надає саме курс «Олімпіадна математика», який передбачає з одного боку, наявність у майбутніх учителів математики hard skills (ґрунтовних знань з багатьох розділів елементарної математики, теорії чисел, умінь застосовувати їх до розв'язування стандартних задач, знання типів діофантових рівнянь та методів їх розв'язування, вміння гармонійно поєднувати алгоритмічні методи і штучні прийоми розв'язання діофантових рівнянь), а з іншого, – певного рівня розвитку soft skills (сформованості вмінь застосовувати евристичні прийоми, гарної інтуїції, високого рівня розвитку логічного мислення, умінь використовувати набуті знання в нестандартних ситуаціях, вміння «побачити родзинку», що дає ключ до розв'язку, що характеризує високий рівень розвитку критичного мислення).

Розглянемо можливості розвитку soft skills у майбутніх вчителів математики на прикладі вивчення однієї з найпопулярніших тем олімпіадної математики – теми «Діофантові рівняння».

Нагадаємо, що *діофантовими* називаються невизначені рівняння з цілими (раціональними) коефіцієнтами, в яких значення невідомих, що задовольняють рівняння, є цілими числами. Як правило, запис умови діофантового рівняння відзначається простою і не потребує спеціальних знань. Добре відомі алгоритми розв'язування лінійних діофантових рівнянь з двома (трьома) невідомими, а також діофантових рівнянь другого степеня з двома невідомими. Проте, загального алгоритму, який би дозволяв розв'язати будь-яке конкретне діофантове рівняння немає. Ще у 1900 році на Другому міжнародному конгресі математиків німецький учений Давид Гільберт оголосив список з 23 найважливіших, на його думку, невіршених на той час математичних проблем, які вплинули на подальший розвиток математики. Десята проблема стосувалася діофантових рівнянь і полягала у пошуку універсального алгоритма, за допомогою якого можна встановити, чи є кожне конкретне діофантове рівняння розв'язним. Негативну відповідь на це питання дав у 1970 році Ю. В. Матіасевич. Таким чином, не існує й загального метода, який давав би ключ до розв'язання довільного діофантового рівняння. У зв'язку із цим кожне нелінійне діофантове рівняння є певною мірою унікальним, а його розв'язання передбачає як використання й аналіз вже відомих засобів і алгоритмів, так і пошук нових методів.

Розглянемо загальні та евристичні ідеї та прийоми, які застосовуються при розв'язуванні діофантових рівнянь. Не претендуючи на повноту, виділимо наступні, найбільш поширені методи розв'язування діофантових рівнянь:

- 1) застосування властивостей подільності, ідеї парності;
- 2) метод повної індукції або перебору;
- 3) метод послідовного виділення цілої частини (метод розсіювання);
- 4) метод остач та застосування властивостей конгруенцій;
- 5) порівняння останньої цифри виразів, що стоять у правій та лівій частинах рівняння;
- 6) метод нескінченного спуску;
- 7) пошук взаємно простих (примітивних) розв'язків;
- 8) ідея симетричності;
- 9) метод затискання;
- 10) метод введення нової змінної та оцінки її значень.

Зазначимо, що наведений поділ є дуже умовним, оскільки часто доводиться комбінувати декілька методів, а вказані вище прийоми у різних джерелах можуть мати різну назву. Окрім того, використання кожного із зазначених методів передбачає використання цілого комплексу фактів теорії подільності цілих чисел та елементарної математики й наявність відповідних умінь (уміння групувати, розкладати вирази на множники, виділяти повний квадрат або куб тощо).

Розглянемо особливості застосування вказаних методів до розв'язування діофантових рівнянь.

Метод 1. Застосування властивостей подільності, ідея парності. При розв'язуванні діофантових рівнянь, окрім загальних властивостей подільності цілих чисел, використовуються спеціальні твердження щодо подільності сум і добутків. Наведемо деякі з них:

- 1) добуток двох послідовних цілих чисел ділиться на 2, трьох послідовних чисел – на $3! = 6$, відповідно, k чисел – на $k!$:

$$n(n+1) : 2, n(n+1)(n+2) : 3! \quad n(n+1) \dots (n+k-1) : k!, k! = 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot k;$$
- 2) добуток двох послідовних парних чисел ділиться на 8: $2n(2n+2) : 8$;
- 3) $(a^n - b^n) : (a - b), n \in \mathbb{N}$;
- 4) $(a^{2n} - b^{2n}) : (a \pm b), n \in \mathbb{N}$;
- 5) $(a^{2n+1} + b^{2n+1}) : (a + b), n \in \mathbb{N}$.

Окремої уваги заслуговує питання *парності* сум та добутків цілих чисел. Очевидними і в той же час надзвичайно корисними у багатьох випадках є наступні властивості:

- 1) сума і різниця довільної кількості парних чисел є числом парним;
- 2) сума і різниця парної кількості непарних чисел – число парне;
- 3) добуток непарних чисел є числом непарним і навпаки;
- 4) сума і різниця цілих чисел мають одну й ту ж парність.

Проілюструємо тепер використання цих властивостей на прикладах.

Приклад 1.1. Розв'язати в цілих числах рівняння $xu(x+1)(y+1) = 2022$.

Розв'язання. Оскільки значення невідомих x та y є цілими числами, то вираз у лівій частині ділиться на 4 (бо містить добуток $x(x+1)$ та $y(y+1)$ послідовних цілих чисел), тому й ліва частина рівняння має ділитися на 4. Але $2022 \div 4$. Маємо суперечність. Отже, рівняння не має цілих розв'язків.

Приклад 1.2. Розв'язати в цілих числах рівняння $(2x+5y+1)(2^{|x|} + x^2 + x + y) = 21$.

Розв'язання. Зрозуміло, що значення виразів, що стоять у кожній з дужок є числами непарними (бо їх добуток дорівнює 21). Оскільки $x^2 + x = x(x+1) : 2$, то при $x \neq 0$ значення виразу $(2^{|x|} + x^2 + x)$ є числом парним. Отже, y – непарне, бо непарним є вираз $(2^{|x|} + x^2 + x + y)$. У такому випадку значення виразу у перших дужках буде парним як сума парного числа і парної кількості непарних чисел. Маємо протиріччя. Отже, $x = 0$.

Підставивши це значення у вихідне рівняння, одержимо $(5y+1)(y+1) = 21$. Останнє рівняння цілих розв'язків не має, отже, й вихідне рівняння не має розв'язків у $\mathbb{Z}$.

Метод 2. Метод повної індукції або метод перебору. Як відомо, метод повної індукції передбачає встановлення істинності загальних тверджень на основі перебору усіх можливих варіантів. Тому іноді цей метод називають методом перебору. Розглянемо застосування цього методу на прикладах.

Приклад 2.1. Довести, що рівняння $x^2 + 3y = 2$ не має розв'язків у множині цілих чисел.

Розв'язання. Припустимо, що дане рівняння має цілі розв'язки. Тоді за теоремою про ділення з остачею для числа x маємо одну з трьох можливостей: $x = 3n, x = 3n+1$ і $x = 3n+2$, де $n \in \mathbb{Z}$.

Нехай $x = 3n$. Тоді $x^2 + 3y = 9n^2 + 3y : 3$ і рівність $x^2 + 3y = 2$ у цьому випадку неможлива.

Нехай $x = 3n + 1$. Тоді $x^2 + 3y = 9n^2 + 6n + 1 + 3y = 3(3n^2 + 2n + y) + 1 \neq 2$ (бо ліва і права частина рівняння дають різні остачі при діленні на 3). Маємо протиріччя.

У випадку $x = 3n + 2$ маємо: $x^2 + 3y = 9n^2 + 12n + 4 + 3y = 3(3n^2 + 2n + 1 + y) + 1 \neq 2$ (бо, як і вище, ліва і права частина рівняння дають різні остачі при діленні на 3). Маємо протиріччя, тому припущення неправильне і дане рівняння цілих розв'язків не має.

Умову рівняння, поданого у Прикладі 2.1, можна переформулювати наступним чином: довести, що квадрати цілих чисел при діленні на 3 не можуть давати остачу 2.

У багатьох випадках перед застосуванням методу перебору корисно перетворити рівняння, розклавши вирази, що містять невідомі, на множники, або виділити повні квадрати. Подальше розв'язування полягає у переборі отриманих варіантів та зведенні рівняння до еквівалентної сукупності систем більш простих рівнянь.

Приклад 2.2. Знайти цілі розв'язки рівняння $xy = x + y + 4$.

Розв'язання. Перетворимо рівняння так, щоб отримати добуток виразів, що дорівнює деякому числу. Маємо: $xy - x - y + 1 = 5$, $x(y - 1) - (y - 1) = 5$ або $(x - 1)(y - 1) = 5$. Оскільки 5 – просте число, то вираз у кожній з дужок може набувати лише наступних значень.

$(x - 1)$	$(y - 1)$	x	y
1	5	2	6
-1	-5	0	-4
5	1	6	2
-5	-1	-4	0

Зауважимо, що подібні міркування можна застосувати й до знаходження цілочислових розв'язків рівняння $(5y + 1)(y + 1) = 21$, яке наводилося вище у коментарі до Прикладу 1.2.

Приклад 2.3. Розв'язати рівняння $x^2 + y^2 = x + y + 2$ в цілих числах.

Розв'язання. Помножимо обидві частини рівняння на 4 і виділимо повні квадрати по обом змінним:

$$4x^2 + 4y^2 = 4x + 4y + 8, 4x^2 - 4x + 4y^2 - 4y = 8, (4x^2 - 4x + 1) + (4y^2 - 4y + 1) = 10,$$

$$(2x - 1)^2 + (2y - 1)^2 = 10.$$

Оскільки $(2x - 1)^2 \geq 0$, $(2y - 1)^2 \geq 0$ і кожен з доданків лівої частини – повний квадрат, маємо наступні випадки:

$(2x - 1)^2$	$(2y - 1)^2$	$2x - 1$	$2y - 1$	x	y
1	9	± 1	± 3	1, 0	2, -1
9	1	± 3	± 1	2, -1	1, 0

Отже, розв'язками рівняння є пари чисел: (1,2), (1,-1), (0,2), (0,-1), (2,1), (-1,1), (2,0), (-1,0).

Метод 3. Метод послідовного виділення цілої частини (метод розсіювання). Ідея цього методу полягає у вираженні однієї змінної через іншу з наступним виділенням цілої частини отриманих алгебраїчних дробів та використанням властивостей подільності. Метод розсіювання застосовується, як правило, до тих рівнянь, що мають дві невідомі, причому степінь однієї з них вища за степінь іншої.

Приклад 3.1. Знайти цілі розв'язки рівняння $3x^2 + y - 3x + 5x + 5 = 0$.

Розв'язання. Виразимо змінну y через x :

$$3x^2 + 5x + 5 = 3xy - y, y(3x - 1) = 3x^2 + 5x + 5, y = \frac{3x^2 + 5x + 5}{3x - 1}, y = x + 2 + \frac{7}{3x - 1}.$$

Оскільки y є цілим числом, то $\frac{7}{3x - 1} \in \mathbb{Z}$, іншими словами $7 : (3x - 1)$, звідки $3x - 1 = \pm 1$ або $3x - 1 = \pm 7$. Враховуючи, що $x \in \mathbb{Z}$, маємо $x = 0$ і $x = -2$. Відповідно, $y = -5$ та $y = -1$. Таким чином, розв'язками даного рівняння є пари чисел (0, -5) і (-2, -1).

Метод 4. Метод остач та застосування властивостей конгруенцій. Даний метод застосовується для обґрунтування того, що задане діофантове рівняння не має розв'язків і полягає в аналізі остач, які можуть давати ліва й права частини рівняння при діленні на деяке натуральне число. Це число необхідно вибрати так, щоб вказані множини остач не перетинались.

Корисними у даному випадку є використання властивостей остач:

- при додаванні (відніманні) чисел, остачі від ділення на дане число додаються (віднімаються);
- при множенні чисел остачі від ділення на дане число перемножуються;
- при піднесенні числа до натурального степеня, остачі від ділення на дане число підносяться до того ж степеня.

Узагальненням методу остач є метод застосування конгруенцій, який розглядався авторами в (Лукашова, та ін., 2022).

Досить корисною при застосуванні даного методу є Таблиця 1, в якій наведено можливі узагальнені остачі, які дають квадрати, куби і біквадрати цілих чисел при діленні на 3, 4, 5, 7 і 8. Узагальненими остачами називатимемо найменші за величиною числа, конгруентні з даним за вказаним модулем.

Таблиця 1

Значення узагальнених остач від ділення деяких степенів a на число n

n	a^2	a^3	a^4
3	0, 1		0, 1
4	0, 1		0, 1
5	0, 1, -1		0, 1
7		0, 1, -1	
8	0, 1, 4		0, 1

Приклад 4.1. Розв'язати рівняння в цілих числах $21x^2 + 22y^2 = 2122$.

Розв'язання. Порівнюємо остачі, які дають при діленні на 3 ліва і права частини рівняння:

$$21x^2 \equiv 0 \pmod{3}, y^2 \equiv \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \pmod{3}, \text{ тому } 22y^2 \equiv \begin{cases} 2 \\ 0 \end{cases} \pmod{3}.$$

Отже, $21x^2 + 22y^2 \equiv \begin{cases} 2 \\ 0 \end{cases} \pmod{3}$. З іншого боку, $2122 \equiv 1 \pmod{3}$. Отже, остачі лівої і правої частин рівняння при діленні на 3 різні. Це означає, що дане рівняння не має цілих розв'язків.

Метод 5. Порівняння останньої цифри виразів, що стоять у правій та лівій частинах рівняння. Даний метод є частинним випадком попереднього, оскільки остання цифра числа є остачею від ділення на 10. У Таблиці 2 наведено останні цифри степенів a^n ($n = 1, 2, 3, 4, 5$) залежно від останньої цифри a . Як видно з таблиці, останні цифри чисел a та a^5 однакові.

Таблиця 2

Знаходження останньої цифри степенів числа a

a	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a^2	0	1	4	9	6	5	6	9	4	1
a^3	0	1	8	7	4	5	6	3	2	9
a^4	0	1	6	1	6	5	6	1	6	1
a^5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Таким чином, щоб знайти останню цифру числа a^n , потрібно знайти остачу r від ділення показника n на 4. Якщо остача $r \neq 0$, то останню цифру числа a треба піднести до степеня r ; якщо $r = 0$, то останню цифру підносимо до степеня 4 (для парного a вона рівна 0 або 6; для непарного – відповідно 1 або 5).

Приклад 5.1. Розв'язати рівняння $x^{2020} + y^{2020} = 2022^{2022}$ в цілих числах.

Розв'язання. Оскільки права частина рівняння парна, то числа x та y мають однакову парність. Більш того, враховуючи, що $2022^{2022} : 4$, нескладно довести, що x та y парні. Тоді x^{2020} та y^{2020} закінчуються на 0 або 6. Отже, їх сума закінчується 0, 2 або 6. З іншого боку, відповідно до сформульованого вище правила, 2022^{2022} закінчується на 4. Таким чином, ліва і права частина закінчуються різними цифрами, тобто дане рівняння не має цілих розв'язків.

Метод 6. Метод нескінченного спуску. В основу даного метода покладено процес побудови нескінченної спадної послідовності цілих додатних чисел. Оскільки кожна така послідовність має лише скінченне число членів, то маємо суперечність, а відповідне рівняння не матиме розв'язків у множині натуральних чисел.

Приклад 6.1. Розв'язати рівняння $x^2 + y^2 + z^2 = 2xyz$ в цілих невід'ємних числах.

Розв'язання. Очевидним розв'язком даного рівняння є трійка чисел $(0, 0, 0)$. Зрозуміло також, що якщо одна зі змінних дорівнює 0, то й дві інших також є нулями. Отже, далі будемо вважати, що x, y, z є натуральними числами. Оскільки права частина рівняння ділиться на 2, то і ліва має ту ж властивість. Це можливо лише за умови, коли значення усіх змінних x, y, z парні або ж два з них непарні, а одне – парне. Проте, в останньому випадку ліва частина $x^2 + y^2 + z^2$ ділиться лише на 2, а права $-2xyz$ – на 4. Отже, $x = 2x_1, y = 2y_1$ та $z = 2z_1$. Підставивши знайдені значення у вихідне рівняння, дістанемо: $(2x_1)^2 + (2y_1)^2 + (2z_1)^2 = 16x_1y_1z_1$, звідки

$$x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 = 4x_1y_1z_1.$$

Застосовуючи до останнього рівняння наведені вище міркування, дістанемо $x_1 = 2x_2, y_1 = 2y_2$ та $z_1 = 2z_2$, відповідно, $x_2^2 + y_2^2 + z_2^2 = 8x_2y_2z_2$. Продовжуючи процес далі, дістаємо нескінченну спадну послідовність натуральних чисел $x > x_1 > x_2 > \dots > x_n > \dots > 0$, де $x_n = 2x_{n+1}$.

Проте, кожна спадна послідовність натуральних чисел має бути скінченною. Суперечність. Отже, дане рівняння не має натуральних розв'язків і трійка $(0, 0, 0)$ – єдиний розв'язок даного рівняння.

Метод 7. Пошук взаємно простих (примітивних) розв'язків. Даний метод застосовується до рівнянь, які разом із розв'язком $(x, y, z, \dots)$ мають розв'язок $(kx, ky, kz, \dots), k \in \mathbb{Z}$. Тоді набір чисел $(x, y, z, \dots)$, який задовольняє рівняння, можна шукати, виходячи з того, що вони є взаємно простими (у сукупності). Як правило, відповідне міркування або приводить до протиріччя (і відповідне рівняння не має ненульових розв'язків) або дозволяє мінімізувати перебір можливих варіантів значень невідомих.

Приклад 7.1. Розв'язати рівняння $6x^3 + 12y^3 + 2022xyz = 2023z^3$ в цілих числах.

Розв'язання. Очевидно, що набір $(0, 0, 0)$ задовольняє дане рівняння. Нехай одна зі змінних дорівнює 0. Тоді підставляючи нуль замість невідомої в рівняння та застосовуючи метод нескінченного спуску, приходимо до того, що воно не має ненульових розв'язків. Отже, далі будемо вважати, що $x \neq 0, y \neq 0$ та $z \neq 0$.

Нехай (x, y, z) – розв'язок даного рівняння. Тоді його розв'язком є трійка чисел $(kx, ky, kz), k \in \mathbb{Z}$. Отже, можна вважати, що числа x, y, z взаємно прості. Оскільки ліва частина рівняння ділиться на 2, то й $z^3 : 2$, звідки в силу того, що 2 – просте число, $z : 2$ і $z = 2z_1$. Підставимо це значення у вихідне рівняння й скоротимо обидві частини на 2:

$$3x^3 + 6y^3 + 2022xyz_1 = 2023 \cdot 4z_1^3.$$

Аналогічно, в останньому рівнянні $3x^3 : 2$, тому $x : 2$ і $x = 2x_1$. Після підстановки цього значення у отримане на останньому кроці рівняння й скорочення обох частин на 2, одержимо

$$3 \cdot 4x_1^3 + 3y^3 + 2022x_1yz_1 = 2023 \cdot 2z_1^3.$$

Застосовуючи до останнього рівняння ті ж міркування, приходимо до висновку, що $y = 2y_1$. Але у такому випадку числа x, y, z не взаємно прості (бо вони кратні 2). Маємо суперечність із припущенням. Отже, єдиним розв'язком даного рівняння є трійка чисел $(0, 0, 0)$.

Метод 8. Ідея симетричності. Рівняння $F(x, y, z, \dots) = 0$ від невідомих $x, y, z, \dots$ називається *симетричним*, якщо воно не змінюється при довільних перестановках цих змінних: $F(x, y, z, \dots) = F(y, x, z, \dots) = F(z, x, y, \dots) = \dots = 0$.

Зрозуміло, що разом з кожним набором $(x_0, y_0, z_0, \dots)$, що задовольняє дане рівняння, його розв'язками є усі набори чисел, утворені перестановками компонент $x_0, y_0, z_0, \dots$ вказаного розв'язку. Тому можна шукати значення невідомих $x, y, z, \dots$, виходячи з умови $|x| \leq |y| \leq |z| \leq \dots$ (тобто, зводячи подальше розв'язання до перебору), й записуючи у відповідь усі можливі перестановки знайдених значень.

Приклад 8.1. Знайти натуральні розв'язки рівняння $xy + yz + xz = xyz$.

Розв'язання. Очевидно, що дане рівняння є симетричним, бо воно не змінюється при довільних перестановках змінних. Нехай значення x, y, z такі, що $x \leq y \leq z$. Розділимо обидві частини рівняння на $xyz \neq 0$:

$$\frac{1}{z} + \frac{1}{x} + \frac{1}{y} = 1.$$

Тоді, враховуючи умову $x \leq y \leq z$, маємо $\frac{1}{z} \leq \frac{1}{y} \leq \frac{1}{x}$, звідки $1 = \frac{1}{z} + \frac{1}{x} + \frac{1}{y} \leq \frac{1}{x} + \frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{3}{x}$, $\frac{3}{x} \geq 1$ і $x \leq 3$. Отже, $x = 1$, або $x = 2$ або $x = 3$. Якщо $x = 1$, маємо рівняння $\frac{1}{z} + \frac{1}{y} = 0$, яке не має натуральних розв'язків. У випадку $x = 2$, маємо $\frac{1}{z} + \frac{1}{y} = \frac{1}{2}$, звідки $y = 3, z = 6$ і $y = 4, z = 4$. Нарешті, у випадку $x = 3$, дістаємо рівняння $\frac{1}{z} + \frac{1}{y} = \frac{2}{3}$, розв'язками якого є числа $y = 3, z = 3$. Отже, розв'язками даного рівняння є трійки чисел $(2,3,6)$, $(2,4,4)$ та $(3,3,3)$ та всі набори, що утворюються перестановками цифр у вказаних розв'язках (загалом маємо 10 наборів-розв'язків).

Метод 9. Метод затискання. Суть даного методу полягає у тому, щоб довести, що кожна з невідомих може змінюватися лише у скінченному проміжку, а, отже, звести задачу до перебору (Бурбан, 1996). Частково цей метод був застосований до рівняння з Прикладу 8.1, проте окрім простих оцінок значень невідомих в деяких випадках корисно застосовувати більш складні співвідношення, наприклад, «затискати» вирази, які входять у рівняння, між квадратами (або кубами) послідовних цілих чисел. Розглянемо застосування цього прийому на прикладі.

Приклад 9.1. Розв'язати рівняння $x^2 + x = y^4 + y^3 + y^2 + y$ в цілих числах.

Розв'язання. Помножимо обидві частини рівняння на 4 і додамо до обох частин одиницю:

$$4x^2 + 4x + 1 = 4y^4 + 4y^3 + 4y^2 + 4y + 1.$$

Тоді в лівій частині рівняння стоїть повний квадрат $4x^2 + 4x + 1 = (2x + 1)^2$. Виділимо повний квадрат у правій частині $4y^4 + 4y^3 + 4y^2 + 4y + 1 = (2y^2 + y)^2 + 3y^2 + 4y + 1$. З іншого боку,

$$4y^4 + 4y^3 + 4y^2 + 4y + 1 = (2y^2 + y + 1)^2 - y^2 + 2y.$$

Отже, $(2x + 1)^2 = (2y^2 + y)^2 + 3y^2 + 4y + 1 = (2y^2 + y + 1)^2 - y^2 + 2y$. Тоді за умов

$$3y^2 + 4y + 1 > 0 \text{ і } -y^2 + 2y < 0 \text{ має місце нерівність:}$$

$$(2y^2 + y)^2 < (2x + 1)^2 < (2y^2 + y + 1)^2.$$

Тобто, за вказаних умов значення квадрата $(2x + 1)^2$ цілого виразу «затиснуто» між квадратами послідовних цілих чисел. Зрозуміло, що така ситуація неможлива і цілих значень x та y , які б задовольняли останню нерівність, не існує. Отже, дане рівняння має цілі розв'язки лише у випадку невиконання умов $3y^2 + 4y + 1 > 0$ та $-y^2 + 2y < 0$ (тобто, у випадку, коли виконуються нерівності $3y^2 + 4y + 1 \leq 0$ або $-y^2 + 2y \geq 0$). Розв'язуючи сукупність $\begin{cases} 3y^2 + 4y + 1 \leq 0 \\ -y^2 + 2y \geq 0 \end{cases}$ в цілих числах, отримуємо значення $y = -1, y = 0, y = 1$ та $y = 2$. Підставляючи їх у початкове рівняння, знаходимо відповідні значення x . Розв'язками рівняння є пари $(-1, 0)$, $(0, 0)$, $(-1, -1)$, $(0, -1)$, $(5, 2)$ та $(-6, 2)$.

Метод 10. Метод введення нової змінної та оцінки її значень. Вказаний метод застосовується до невизначених рівнянь, що містять дві змінних і передбачає заміну однієї змінної, що входить у рівняння, на суму іншої змінної та деякої довільної сталої, значення якої можна обмежити і звести подальший розв'язок до перебору.

Приклад 10.1. Знайти натуральні розв'язки рівняння $x^3 - y^3 = 2xy + 7$.

Розв'язання. Оскільки $2xy + 7 > 0$, то $x^3 > y^3$, звідки $x > y$. Отже, можна вважати, що $x = y + d$, де $d \geq 1$. Підставивши значення x у рівняння та виконавши відповідні перетворення, одержимо квадратне відносно у рівняння:

$$(3d - 2)y^2 + (3d^2 - 2d)y + d^3 = 7.$$

Оскільки перші два доданки у лівій частині останнього рівняння додатні, то $d^3 < 7$. Отже, $d = 1$ і $x = y + 1$. Тоді $y^2 + y - 6 = 0$ і $y = -3$ або $y = 2$. Оскільки $y \in \mathbb{N}$, то перший корінь є стороннім. Отже, $y = 2$ і $x = 3$.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У сучасному світі роботодавці не в останню чергу звертають увагу на якості майбутнього – soft skills, які повинен мати майбутній конкурентноспроможний фахівець, особливо вчитель, оскільки це професія, у якій soft skills та hard skills відіграють рівнозначну роль.

Результати дослідження висвітлюють можливі шляхи вирішення проблеми розвитку soft skills майбутніх вчителів математики на прикладі вивчення теми «Діофантові рівняння» курсу олімпіадної математики.

Оскільки не існує загальних методів розв'язування довільного діофантового рівняння і кожне нелінійне діофантове рівняння у цьому контексті можна вважати певною мірою унікальним, то в ході вивчення теми розвиваються як hard skills (грунтовні знання з багатьох розділів елементарної математики, теорії чисел, уміння застосовувати їх до розв'язування стандартних задач, знання типів діофантових рівнянь та методів їх розв'язування), так і soft skills, серед яких:

- креативність (вміння застосовувати евристичні прийоми; уміння використовувати набуті знання в нестандартних ситуаціях; здатність генерувати ідеї розв'язання);
- логічне мислення;
- критичне мислення (визначення «типу» діофантового рівняння та раціональний вибір того чи іншого методу його розв'язування, уміння «побачити родзинку», що дає ключ до розв'язку; здатність ставити конструктивні запитання в ході колективного розв'язування рівнянь на заняттях, аналізувати, аргументувати та оцінювати ідеї та розв'язання);
- комунікація (вміння відстоювати свою точку зору, аргументувати, чому обрано конкретний метод, чому інші методи не підходять до розв'язування заданого типу діофантового рівняння);

- навички тайм-менеджменту при встановленні дедлайнів виконання домашніх, індивідуальних завдань тощо, вміння при цьому раціонально розподіляти свій час;
 - вміння вчитися, оскільки більшість часу освітньої компоненти відводиться на самостійне вивчення.
- Перспективами подальших досліджень вбачаємо у вивченні особливостей розвитку soft skills у працюючих учителів математики під час підвищення кваліфікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 10 Top Soft Skills for 2020: What They Are and How To Train Them (2016). <https://www.game-learn.com/en/resources/blog/top-soft-skills-2020-how-to-train-them/>.
2. Ağçami, R., & Doğanii, A. (2021). A Study on The Soft Skills of Pre-Service Teachers. *International Journal of Progressive Education*, 17, 4, 35-48. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2021.366.3>.
3. Cardoso-Espinosa, E.O., Cortés-Ruiz, J. A., & Zepeda-Hurtado, E. (2021). The Development of Mathematics and Soft Skills at the Graduate Level through Project-Based Learning in Times of COVID-19. *TEM Journal*, 10, 4, 1638-1644, <https://doi.org/10.18421/TEM104-20>.
4. Lippman, L. H., Ryberg, R., Carney, K., & Moore, A. (2015). *Workforce connections: key "soft skills" that foster youth. Workforce success: toward a consensus across fields*. Child Trends, Inc.
5. Munir, F. (2021). Do the engineering education institutions provide soft skills education? Views of South African engineering professionals. *South African Journal of Higher Education*, 35, 4, 162-179. <http://dx.doi.org/10.20853/35-4-4264>.
6. Semoushin, I., Tsyganova, J., & Ugarov, V. (2003). Computational and soft skills development through the project based learning. *International Conference on Computational Science (ICCS 2003)*, 2658, 1098-1106.
7. Stytsyuk, R.Y., Lustina, T.N., Sekerin, V.D., Martynova, M., Chernaysky, M.Y., & Terekhova, N.V. (2022). Impact of STEM education on soft skill development in it students through educational scrum projects. *Revista Conrado*, 18, 84, 183-192.
8. Бородіна, Н.А., Чеберячко, С.І., & Шевчук, Н.А. (2020). Формування навичок soft skills та принципів академічної доброчесності у здобувачів вищої освіти при викладанні дисциплін зі спеціальності «Цивільна безпека». *Вісті Донецького гірничого інституту*, 2(47), 206-214. <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-2-206-214>.
9. Бурбан, І. І. (1996). Розв'язування рівнянь у цілих числах методом затискання. *У світі математики*, 2(4), 40-44.
10. Лукашова, Т., Друшляк, М., Шищенко, І., & Pokidko, O. (2022). Застосування методів та ідей теорії чисел в шкільному курсі алгебри: необхідність усвідомлення майбутніми вчителями математики. *Фізико-математична освіта*, 35 (3), 59-64. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-035-3-008>.
11. Тарасенкова, Н. А. (2019). Формування «soft skills» у навчанні математики: до постановки проблеми. *В Всеукраїнська науково-практична конференція «Особистісно орієнтоване навчання математики: сьогодення і перспективи»*, 19-20 листопада 2019 р. Полтава: Астрія, 22-23.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. 10 Top Soft Skills for 2020: What They Are and How To Train Them (2016). <https://www.game-learn.com/en/resources/blog/top-soft-skills-2020-how-to-train-them/>.
2. Ağçami, R., & Doğanii, A. (2021). A Study on The Soft Skills of Pre-Service Teachers. *International Journal of Progressive Education*, 17, 4, 35-48. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2021.366.3>.
3. Cardoso-Espinosa, E.O., Cortés-Ruiz, J. A., & Zepeda-Hurtado, E. (2021). The Development of Mathematics and Soft Skills at the Graduate Level through Project-Based Learning in Times of COVID-19. *TEM Journal*, 10, 4, 1638-1644, <https://doi.org/10.18421/TEM104-20>.
4. Lippman, L. H., Ryberg, R., Carney, K., & Moore, A. (2015). *Workforce connections: key "soft skills" that foster youth. Workforce success: toward a consensus across fields*. Child Trends, Inc.
5. Munir, F. (2021). Do the engineering education institutions provide soft skills education? Views of South African engineering professionals. *South African Journal of Higher Education*, 35, 4, 162-179. <http://dx.doi.org/10.20853/35-4-4264>.
6. Semoushin, I., Tsyganova, J., & Ugarov, V. (2003). Computational and soft skills development through the project based learning. *International Conference on Computational Science (ICCS 2003)*, 2658, 1098-1106.
7. Stytsyuk, R.Y., Lustina, T.N., Sekerin, V.D., Martynova, M., Chernaysky, M.Y., & Terekhova, N.V. (2022). Impact of STEM education on soft skill development in it students through educational scrum projects. *Revista Conrado*, 18, 84, 183-192.
8. Borodina, N.A., Cheberiachko, S.I., Shevchuk, N.A. (2020). Formuvannya navychok soft skills ta pryntsyviv akademichnoi [Formation of soft skills and principles of academic integrity in students of higher education when teaching the discipline of the specialty "Civil Security"]. *Visti Donetskoho hirnychoho instytutu – News of the Donetsk Mining Institute*, 2(47), 206-214. <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-2-206-214>. (in Ukrainian).
9. Burban, I. I. (1996). Rozv'iazuvannya rivnian u tsilykh chyslakh metodom zatyskannia [Solving equations in whole numbers by the clamping method]. *U sviti matematyky – In the world of mathematics*, 2(4), 40-44. (in Ukrainian).
10. Lukashova, T., Drushliak, M., Shyshenko, I., & Pokidko, O. (2022). Zastosuvannya metodiv ta idei teorii chysel v shkilnomu kursy alhebyry: neobkhdnist usvidomlennia maibutnimy vchyteliamy matematyky [The application of methods and ideas of number theory in the school course of algebra: the need for awareness by future teachers of mathematics]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and mathematical education*, 35 (3), 59-64. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-035-3-008>. (in Ukrainian).
11. Tarasenkova, N. A. (2019). Formuvannya «soft skills» u navchanni matematyky: do postanovky problemy [The formation of "soft skills" in teaching mathematics: before posing a problem]. In: *V Vseukrainska naukovopraktychna konferentsiia «Osobystisno oriientovane navchannia matematyky : sohodennia i perspektyvy» – V All-Ukrainian scientific and practical conference "Personally oriented teaching of mathematics: present and prospects"*, November, 19-20, 2019. Poltava: Astria, 22-23. (in Ukrainian).



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.
 Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-009

UDC 371.133

ДУАЛЬНА ОСВІТА ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОЇ ЯКОСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ В СУЧАСНІЙ УКРАЇНІ

Микола ПРАЦЬОВИТИЙ

Національний педагогічний університет
 імені М.П. Драгоманова, Україна
 m.v.pratsovytyy@npu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-6130-9413>

Оксана ТРЕБЕНКО

Національний педагогічний університет
 імені М.П. Драгоманова, Україна
 trebenko@npu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-5747-8246>

Олександр ШКОЛЬНИЙ ✉

Національний педагогічний університет
 імені М.П. Драгоманова, Україна
 o.v.shkolnyi@npu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3131-1915>

Яніна ГОНЧАРЕНКО

Національний педагогічний університет
 імені М.П. Драгоманова, Україна
 goncharenko.ya.v@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2702-7847>

DUAL EDUCATION AS A MEAN OF ENSURING PROPER QUALITY OF PROFESSIONAL TRAINING OF MATHEMATICS TEACHERS IN MODERN UKRAINE

Mykola PRATSIOVYTYI

National Pedagogical Dragomanov University, Ukraine
 m.v.pratsovytyy@npu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-6130-9413>

Oxana TREBENKO

National Pedagogical Dragomanov University, Ukraine
 trebenko@npu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-5747-8246>

Oleksandr SHKOLNYI ✉

National Pedagogical Dragomanov University, Ukraine
 o.v.shkolnyi@npu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3131-1915>

Yanina GONCHARENKO

National Pedagogical Dragomanov University, Ukraine
 goncharenko.ya.v@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2702-7847>

АНОТАЦІЯ

Постановка проблеми. Якісна підготовка вчителів, зокрема, вчителів математики, завжди була і є першочерговим завданням педагогічного університету. Наразі в педагогічних університетах України підготовка магістрів відбувається традиційним шляхом, який передбачає читання лекцій, проведення практичних, лабораторних та семінарських занять, а також практику в школі. Однак, традиційна схема підготовки магістрів не завжди може бути належним чином забезпечена, оскільки значна частина студентів вимушена працювати в школі, а отже, не відвідує потрібну кількість лекцій та практичних занять, а практика в школі зводиться до «відпрацювання» її на робочому місці. Одним з ефективних шляхів вирішення вказаної проблеми є створення ефективної системи якісного поєднання теоретичної та практичної підготовки майбутніх вчителів з професійною діяльністю ще в період навчання в університеті.

Матеріали та методи. Для досягнення мети роботи ми використовуємо теоретичний метод аналізу методичної літератури з досліджуваного питання. Ми також використовуємо деякі емпіричні методи: опитування студентів щодо їх працевлаштування, спостереження за навчальним процесом підготовки вчителів у педагогічних університетах, аналіз навчальних досягнень майбутніх вчителів математики в сфері їх теоретичної та практичної підготовки. У цій статті ми також використовуємо комплекс методів наукового пізнання: порівняльний аналіз для з'ясування різних поглядів на проблему; систематизація та узагальнення з метою зробити висновки та сформулювати рекомендації щодо напрямків вдосконалення методики підготовки майбутніх вчителів математики; узагальнення педагогічного досвіду та спостережень авторів.

Результати. Усунути основні недоліки традиційних форм і методів навчання майбутніх фахівців, подолати розрив між

ABSTRACT

Formulation of the problem. Qualitative training of teachers, in particular, teachers of mathematics, has always been and is the primary task of a pedagogical university. Currently, in pedagogical universities of Ukraine, master's training takes place in the traditional way, which involves reading lectures, conducting practical, laboratory and seminar classes, as well as practice at school. However, the traditional master's training scheme cannot be adequately provided always, because a significant part of students forced to work at school, and therefore do not attend the required number of lectures and practical classes, and practice at school is reduced to "practicing" it at the workplace. One of the effective ways to solve this problem is to create an effective system of qualitative combination of theoretical and practical training of future teachers with professional activities even during their studies at the university.

Materials and methods. To achieve the goal of the work, we use the theoretical method of analyzing methodological literature on the researched problem. We also use some empirical methods: surveying students regarding their employment, observing the educational process of teacher training in pedagogical universities, analyzing the educational achievements of future mathematics teachers in the field of their theoretical and practical training. In this article, we also use a set of methods of scientific knowledge: comparative analysis to clarify different views on the problem; systematization and generalization in order to draw conclusions and formulate recommendations regarding directions for improving the methodology of training future mathematics teachers; summarizing the pedagogical experience and observations of the authors.

Results. To reduce the main shortcomings of the traditional forms and methods of training future specialists, to overcome the gap between the teacher training program at the university and the current requirements of school practice, and to increase the quality indicators of the training of qualified personnel, taking into account the requirements of employers, with the aim of acquiring education seekers experience in the practical

Для цитування:

Pratsiovytyi M., Trebenko O., Shkolnyi O., Goncharenko Ya. Dual education as a mean of ensuring proper quality of professional training of mathematics teachers in modern Ukraine. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36. № 4. С. 64-69. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-009

Pratsiovytyi, M., Trebenko, O., Shkolnyi, O. & Goncharenko, Ya. (2022). Dual education as a mean of ensuring proper quality of professional training of mathematics teachers in modern Ukraine. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 64-69. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-009>

For citation:

Pratsiovytyi, M., Trebenko, O., Shkolnyi, O. & Goncharenko, Ya. (2022). Dual education as a mean of ensuring proper quality of professional training of mathematics teachers in modern Ukraine. *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 64-69. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-009>

Pratsiovytyi, M., Trebenko, O., Shkolnyi, O. & Goncharenko, Ya. (2022). Dual education as a mean of ensuring proper quality of professional training of mathematics teachers in modern Ukraine. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 64-69. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-009>

програмою підготовки педагога в університеті і актуальними вимогами шкільної практики та підвищити показники якості підготовки кваліфікованих кадрів з урахуванням вимог роботодавців з метою набуття здобувачами освіти досвіду практичного застосування практичних навичок та їх соціальної і професійної адаптації до умов реальної практичної діяльності можна, на нашу думку, шляхом впровадження дуальної форми здобуття освіти. Вирішення проблеми передбачається шляхом реалізації комплексу заходів з модернізації структури, змісту, технологій та методик підготовки вчителів математики, в тому числі розробки та впровадження моделей взаємовигідного партнерства між закладами вищої освіти, роботодавцями та здобувачами освіти, спрямованих на підвищення ефективності практичної підготовки майбутніх учителів до практичного застосування набутих знань і вмінь, їх соціальну та професійну адаптацію в умовах реальної професійної діяльності.

Висновки. Ми усвідомлюємо, що дуальна форма освіти - не єдиний спосіб подолання кризи підготовки вчителів математики в Україні. Однак, на нашу думку, саме ця форма дозволяє гармонійно поєднати теоретичну і практичну підготовку майбутнього педагога, сприятиме налагодженню механізмів тісної взаємодії закладів вищої освіти, які готують вчителів, із закладами загальної середньої освіти для врахування потреб шкіл і вимог роботодавців до фахової підготовки вчителя. Введення дуальної форми здобуття освіти допоможе змінити ставлення до власної професії в середовищі самих учителів, оскільки процес передавання досвіду від вчителя-наставника до студента забезпечує усвідомлення необхідності власної професії як для всього суспільства, так і для наступних поколінь вчителів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: дуальна форма здобуття освіти; якість освіти; професійна підготовка вчителів математики.

application of practical skills and their social and professional adaptation to the conditions of real practical activity is possible, in our opinion, by introducing a dual form of education. Solving the problem is envisaged through the implementation of a set of measures to modernize the structure, content, technologies and methods of training mathematics teachers, including the development and implementation of mutually beneficial partnership models between higher education institutions, employers and students, aimed at increasing the effectiveness of practical training of future teachers for the practical application of acquired knowledge and skills, their social and professional adaptation in the conditions of real professional activity.

Conclusions. We are aware that the dual form of education is not the only way to overcome the crisis of mathematics teacher training in Ukraine. However, in our opinion, it is this form that allows to harmoniously combine the theoretical and practical training of the future teacher, will contribute to the establishment of mechanisms of close interaction between institutions of higher education that prepare teachers and institutions of general secondary education to take into account the needs of schools and the requirements of employers for professional teacher training. The introduction of a dual form of education will help to change the attitude towards one's own profession among teachers themselves, since the process of passing on experience from a teacher-mentor to a student ensures awareness of the necessity of one's own profession both for the entire society and for the next generations of teachers.

KEYWORDS: dual form of education; quality of education; professional training of mathematics teachers.

INTRODUCTION

Formulation of the problem. Analysis of current research. The theory of *complex systems* is currently in a period of rapid development and has gained popularity in the world. As stated in (Bar-Yam, 2002), a complex system is a system consisting of many components that can interact with each other. Examples of complex systems are the Earth's global climate, organisms, the human brain, infrastructure such as energy systems, transportation or communication systems, social and economic organizations, ecosystems, living cells, etc. Complex systems are systems whose behavior is difficult to model in traditional ways, they have special properties, including, in particular, nonlinearity, heterogeneity, and spontaneity. Obviously, such systems can include both education in general and methods of its organization in any specific country, in particular, in Ukraine.

Qualitative training of teachers, in particular, teachers of mathematics, has always been and is the primary task of a pedagogical university. This goal is determined both by the demands of modern Ukrainian society (see, for example, (EdCamp, 2019) and (MES of Ukraine, 2022)), and by state documents regulating the activities of Ukrainian higher education institutions (Verhovna Rada, 2014; Verhovna Rada, 2017). The problem of ensuring the proper quality of professional training of mathematics teachers becomes particularly relevant in the context of the implementation of the New Ukrainian School project (NUS, 2019), which involves significant changes in methodological approaches to education. The implementation of these changes rests, first of all, on the teaching community, and therefore on the new generation of teachers who have just graduated from the university and are gaining their first experience at school.

According to the Law of Ukraine "On Higher Education", "the first (bachelor's) level of higher education provides for the acquisition of higher education graduates the ability to solve complex specialized tasks in a certain field of professional activity" (Verhovna Rada, 2014). The professional standard for the profession "Teacher of a general secondary education institution" (MES of Ukraine, 2020) stipulates that a bachelor's degree graduate can obtain the qualification of a teacher of a general secondary education institution. However, this training is only basic. Acquiring by students of higher education the ability to solve problems of a research and/or innovative nature in a certain field of professional activity requires the second (master's) level of higher education. Therefore, in our opinion, it is the training of masters in pedagogical universities that deserves special attention.

Currently, in the National Pedagogical Dragomanov University and other pedagogical universities of Ukraine, the training of masters in the specialty 014 Secondary Education (Mathematics) takes place in a traditional way, which involves lectures, practical, laboratory and seminar classes, as well as practice at school. A similar system has been tested for decades and under conditions of proper implementation provided good results. However, we should admit that in modern conditions, the traditional system of master's education is somewhat outdated and needs to be modernized.

Indeed, in conditions where the popularity of the teaching profession is declining, and the number of graduates of physical and mathematical faculties of pedagogical universities is constantly decreasing (Repko & Ruda, 2017; Perekrst, 2018; Censor.net, 2018), schools (especially in large cities of Ukraine) feel an urgent need for mathematics teachers. So, for example, according to information from the employment department of the National Pedagogical Dragomanov University, as of November 5, 2021, there were 342 vacancies for mathematics teachers in Kyiv, and 206 vacancies in the Kyiv region (NPDU, 2021). Thus, a significant part of master's students who already have a higher education and can work at the school actually work there. According to the statistics of the Dean Office of the Faculty of Mathematics, Informatics and Physics of the NPDU, every year from 35 to 50 percent of full-time master's students (!) combine study with work in Kyiv schools and are forced to study according to an individual schedule. So, for example, in 2021, 16 out of 29 master's students in mathematics worked at school as mathematics teachers. Among 45 mathematics students of the 4th year of bachelor's degree, 10 combined study with work at school.

As a result of the above circumstances, the traditional scheme of master's training cannot be adequately provided, because a significant part of students does not attend the required number of lectures and practical classes, and practice at school, in fact, is reduced to "attending" it at the workplace. In fact, instead of the teacher, fellow students, and the supervisor

from the university, only the latter is present at the lessons held by the master during the training practice. This significantly reduces the quality of the discussion of the classes, which, moreover, are often no longer training classes, but real lessons, in which methodological errors are not very desirable. So, the responsibility of the intern student increases, for which not all future masters are psychologically ready.

The given facts indicate the presence of *inconsistencies and contradictions* between:

- state requirements for the quality of training of mathematics teachers and the current state of ensuring this quality;
- the school's needs for qualified teachers of mathematics and the real possibilities of pedagogical universities to realize this need;
- the needs of pedagogical universities regarding qualitative practical training of future teachers of mathematics and the real state of the possibility of providing this training during educational practice at school;
- the need to adapt young teachers of mathematics to the specifics of school work and the insufficient opportunity to accomplish this adaptation during students' educational practice.

In modern conditions, the *main problem* of master's training of mathematics teachers is the discrepancy between the real quality of practical training of graduates of pedagogical universities and the existing requirements and demands of society (administrations of educational institutions, parent and student communities) to the level of teacher training.

This problem has a number of negative manifestations and consequences, the most negative of which are, on the one hand, the unpreparedness and reluctance of graduates of pedagogical universities to work in their profession, and on the other hand, dissatisfaction with the labor market, both quantitatively (a large number of unfilled vacancies for mathematics teachers), and qualitative aspects (insufficient level of competence of some specialists). At the same time, it is important to overcome the imbalance between the public demand for highly qualified teachers and the opportunities to organize their preparation in the conditions that have developed, as well as between the high-quality educational process and, accordingly, the real level of readiness of the majority of graduates of pedagogical universities for independent professional activity based on the obtained qualifications.

So, the problem has a complex nature. One of the effective ways to solve this problem, according to the authors opinion, is the creation of an effective system of qualitative combination of theoretical and practical training of future teachers with professional activities even during their studies at the university.

RESEARCH METHODS

To achieve the goal of the work, we use the theoretical method of analyzing methodological literature on the researched problem. We also use some empirical methods: surveying students about their employment, observing the educational process of teacher training in pedagogical universities, analyzing the educational achievements of future mathematics teachers in the field of their theoretical and practical training. In this article, we also use a set of methods of scientific knowledge: comparative analysis to clarify different views on the problem; systematization and generalization in order to draw conclusions and formulate recommendations regarding directions for improving the methodology of training future mathematics teachers; summarizing the pedagogical experience and observations of the authors.

RESULTS OF RESEARCH

To eliminate the main shortcomings of the traditional forms and methods of training future specialists, to overcome the gap between the teacher training program at the university and the current requirements of school practice, and to increase the quality indicators of the training of qualified personnel, taking into account the requirements of employers, with the aim of acquiring education seekers experience in the practical application of practical skills and their social and professional adaptation to the conditions of real practical activity is possible, in our opinion, by introducing a *dual form of education*.

Solving the problem is envisaged through the implementation of a set of activities to modernize the structure, content, technologies and methods of training mathematics teachers, including the development and implementation of mutually beneficial partnership models between higher education institutions (pedagogical universities), employers (schools) and students, aimed at increasing efficiency practical training of future teachers for the practical application of acquired knowledge and skills, their social and professional adaptation in the conditions of real professional activity.

The dual form of higher education is a method of obtaining education by full-time students, which involves training at the workplace at enterprises, institutions and organizations to acquire a certain qualification in the amount of 25 percent to 60 percent of the total amount of the educational program based on the contract. On-the-job training involves the performance of job duties in accordance with the employment contract (Verhovna Rada, 2014, chapter 49, part 6).

The homeland of dual education is rightly considered to be Germany, which standardized the training of specialists in vocational education institutions in close cooperation with enterprises as early as the 60s of the 20th century. At the same time, the training model "apprentice - assistant - master" was created by the first craft guilds in the cities of the development of trade in Germany as early as the 12th century, compulsory vocational education for workers was introduced in 1869, and in 1897 the Law on the Protection of Craftsmen - for the first time provided and regulated principle of dual vocational training. The Law on Vocational Training of 1967 standardized the norms, which previously differed depending on the region, and also provided for the participation and close cooperation of social partners in all matters of vocational training. This approach was later adopted in Europe, South Korea, China, and Canada. Today, 50% of people receiving education study in the dual education system of Germany, Austria, and Switzerland. In South Korea and China, it covers 33% of those who receive an education (Drozach, 2008).

In Ukraine, at the moment, there is an increased interest in the implementation of elements of dual education system. The first steps of the implementation of dual education in Ukraine were initiated in 2013 with the joint project of the representative office of the Friedrich Ebert Foundation in Ukraine, the Marketing Association and Sumy State University "Implementation of elements of the dual education system in higher education institutions of Ukraine to increase the competitiveness of graduates on the labor market". In 2014, with the support of MES of Ukraine, 14 pilot micro-projects for the

implementation of dual education in higher education institutions were organized, the Roadmap for the implementation of dual education in Ukraine (MES of Ukraine, 2017) was developed, and based on the results of the implementation of the four-year project, work began on the creation of the Concept of dual-form training of specialists obtaining an education (Cabinet of Minister of Ukraine, 2018). The working group included representatives of higher education institutions, scientific institutions, and the Federation of Employers of Ukraine. Developed and approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine in 2018 the Concept is based on the German experience of dual education.

In October 2019, a pilot project was launched in institutions of vocational pre-higher and higher education on training according to the dual form of obtaining education, designed for 2019-2023. Since 2019, 27 institutions of higher education, 17 institutions of professional preliminary higher education, and 198 partner enterprises have become participants in the project. In 2021, another 40 institutions of higher education, 13 institutions of professional preliminary higher education, and 381 partner enterprises joined the project. As a part of the project were developed and approved the Regulation on the dual form of professional (vocational and technical) education (Cabinet of Minister of Ukraine, 2019) and the Draft of Regulation on the dual form of education in institutions of higher and professional pre-higher education.

Pedagogical universities were not involved in the MES of Ukraine experiment. Presumably, the reason is that Germany, whose experience was primarily taken as a basis in Ukraine, does not have the practice of training teachers according to the dual form of education. However, it is worth noting that our own position regarding the perspective of teaching teachers using a dual form of education is shared by our colleagues from the University of Bielefeld (Germany). At the same time, the Concept of the Development of Pedagogical Education (MES of Ukraine, 2018) provides for the possibility of training teachers using a dual form of education.

Despite the presence of a significant number of publications devoted to various aspects of the training of mathematics teachers and the features of the dual form of education (Abashkina, 1998; Boychivska, 2013; Falyakhov, 2018; Oleksin & Yakubovska, 2018; Schelten, 2001; Stratmann & Schlosser, 1990; Stegmann 1986; Turner, 1993; Zembytska, 2016; etc.), the problem of introducing a dual form of education into the mathematics teacher training system in Ukraine was not systematically considered. In addition, we note that even in Germany, which is a pioneer of dual education, the dual form of obtaining education was not considered as potentially possible in the training of teachers and, as already mentioned above, at the moment German researchers are interested in joint development of this topic with the authors of this article.

Thus, a comprehensive study aimed at the development of the theoretical-methodical and organizational-pedagogical foundations of the introduction of professional training of future mathematics teachers according to the dual form of education in higher education institutions of Ukraine is relevant, which includes: the development and justification of the concept of dual form of education by future teachers of mathematics; development of documents regulating the goals, content and main results of teacher training; creation and approval of methodological recommendations for the implementation of a dual form of teacher training for higher education institutions and schools; implementation of the system of training mentors and practice managers of dual-educators. The introduction of a dual form of education for mathematics teachers should be based on fundamental research on the theory of learning, as well as implement the main didactic principles of this theory, take into account the features of the modern information society in accordance with the main directions of the development of innovative activity.

To realize this goal, the following *main tasks* have to be performed.

1. To develop a conceptual model of dual education of future teachers of mathematics at the master's level of education.
2. To determine the model, methodology and mechanisms of implementation of the innovative interaction "school-pedagogical university" (Matiash et. al., 2021) for effective coordination between the institution of higher education, local authorities and employers in terms of the content of education and practical training of students.
3. To develop a schedule for the organization of the educational process according to the dual form of education in the preparation of teachers of mathematics.
4. Prepare a description of the technology for developing an educational plan and programs for teacher training based on a dual form of education.
5. To develop training plans for teachers of mathematics according to the dual form of education.
6. To implement dual education in the system of training teachers of mathematics.
7. To develop instructional materials for schools and methodological recommendations for teacher-mentors (mentors) and practice managers from the university regarding the organization of the practical part of teacher training for mathematics according to the dual form of education.
8. Develop a program for training certified mentors.
9. To develop instructional materials and methodical recommendations for higher education institutions regarding the training of teachers of mathematics on a dual form of acquisition (master's level).
10. To develop methodological recommendations: regarding the application of innovative technologies in the conditions of a dual form of education, in particular the technology of mixed learning, regarding the teaching of certain disciplines and regarding the organization of research work.

Research within the framework of the scientific project "Dual form of education and blended learning in the mathematics teacher training system" was started at the National Pedagogical Dragomanov University (Kyiv, Ukraine) in 2021. The following research *results are expected*.

1. Results of monitoring the state of the problem of training and employment of mathematics teachers from the point of view of employers (schools), students (students) and higher education institutions.
2. Conceptual model of dual education of future mathematics teachers at the master's level of higher education, in particular:
 - 2.1. Organizational forms of university-based education in the conditions of a dual form of education.
 - 2.2. Organizational forms of education on the basis of a secondary education institution in the conditions of a dual form of education.

- 2.3. Methods, means, technologies of training of mathematics teachers according to the dual form of education.
3. The model and mechanisms of implementation of the innovative interaction "school-pedagogical university" for effective coordination between the institution of higher education, local authorities and employers in terms of the content of education and practical training of students.
4. Schedule of the organization of the educational process according to the dual form of education in the preparation of mathematics teachers.
5. Description of the technology for developing an educational program for training mathematics teachers according to the dual form of education.
6. Educational plan for the training of mathematics teachers according to the dual form of education (master's level).
7. Implementation of the system of training mathematics teachers according to the dual form of obtaining education (master's level).
8. Methodological recommendations regarding the organization of the practical part of mathematics teacher training:
 - 8.1. Methodical recommendations for teachers-mentors.
 - 8.2. Methodical recommendations for practice managers from the university.
9. Methodological recommendations for the training of future teachers of mathematics according to the dual form of education, in particular:
 - 9.1. Methodological recommendations for teaching individual disciplines.
 - 9.2. Methodological recommendations on the application of innovative learning technologies, in particular mixed learning technologies and ICT technologies.
 - 9.3. Methodological recommendations on the organization of scientific research work of students.
10. Instructional materials for schools regarding the organization of the practical part of mathematics teacher training.
11. Instructional materials for institutions of higher education regarding the training of mathematics teachers by the dual form of acquisition (master's level).
12. Training program for certified mentors.
13. Results of monitoring the implementation of the dual form of education in the training of mathematics teachers.

CONCLUSIONS AND PROSPECTS OF FURTHER RESEARCH

The introduction of a dual form of education will allow to increase the amount and change the nature of the practical training of future mathematics teachers, to give the school already adapted to the school team, working conditions and a professionally motivated specialist who will work in the chosen specialty for a long time and at the appropriate level of quality in the future. In particular, this will partially solve the problem of staff shortages in schools in big cities. During the year of practical work at the school, the young specialist will fully adapt to the working conditions and become a full-fledged member of the teaching team. His (her) fear of children will disappear, he (she) will fully understand the specifics of work and problems, and, at the same time, he (she) will know that he can always turn to a mentor-mentor for advice. All this will avoid difficulties at the initial stage of work after graduating from university. As a result, the graduate will remain working at the school.

Employers will have the opportunity to influence the process of training (and later, upgrading) a specialist with the necessary knowledge, skills and competences, to receive qualified personnel who are trained according to their requirements, familiar with the features (profile, specialization, etc.) of the school, pedagogical and student team and do not require additional training and adaptation, as well as the opportunity to select the most talented students for an invitation to work after graduation. The introduction of the institute of mentoring will contribute to the formation of an atmosphere of mutual assistance and mutual responsibility in the institution of secondary education, and will also allow preserving the continuity of generations and positive educational practices. A teacher-mentor in this system improves his (her) own qualifications by teaching students, as well as receives additional earn for accomplishing the duties of a mentor. At the same time, there will be an opportunity to develop a system for forecasting personnel needs.

Pedagogical universities will have access to up-to-date information on the requirements of employers for future teachers, will have a deeper understanding of the real needs and conditions of schools, which will make it possible to quickly update the content and methods (technologies) of training future teachers. For the university, closer cooperation with the institution of general secondary education under conditions of mutual trust will open up a new opportunity - not only to participate in the training of young professionals, but also to fully control the entire process of the teacher's professional growth (training, advanced training, constant support and cooperation). As a result, all this will contribute to increasing the competitiveness of the university in the market of educational services. In addition, the university will receive a highly motivated student (knowledge becomes in demand).

We are aware that the dual form of education is not the only way to overcome the crisis of mathematics teacher training in Ukraine. However, in our opinion, it is this form that allows to harmoniously combine the theoretical and practical training of the future teacher, will contribute to his professional growth and faster social and professional adaptation to the conditions of work at school, will contribute to the establishment of mechanisms of close interaction between institutions of higher education that train teachers and institutions of general secondary education to take into account the needs of schools and the requirements of employers for professional teacher training, and in the end should become an effective tool for solving a wide range of problems of modern Ukrainian society.

The introduction of a dual form of education will help to change the attitude towards one's own profession among the teachers themselves, since the process of passing on experience from the teacher-mentor to the student ensures the teacher's awareness of the necessity of one's own profession both for the whole society and for the next generations of teachers. The dual form of education, in contrast to the traditional practice at school, will make it possible to bring to school not a temporary observer of the educational process, but an active participant in it, as well as solve the problem of a shortage of teaching staff, which is especially relevant for large cities.

REFERENCES

1. Abashkina, N. (1998). *Pryncypy rozvytku profesiinoyi osvity v Nimechchyni [Principles of development of higher education in Germany]*. Vyshcha shkola. (in Ukrainian).
2. Bar-Yam, Y. (2002). General Features of Complex Systems. *Encyclopedia of Life Support Systems*. <http://www.eolss.net/sample-chapters/c15/E1-29-01-00.pdf>.
3. Boychivska, I. (2013). Rol systemy dualnoyi osvity u profesiinii pidhotovci molodi u Nimechchyni [The role of the dual education system in the professional training of young people in Germany]. *Studies in Comparative Education*, (2). <https://doi.org/10.31499/2306-5532.2.2009.18067>. (in Ukrainian).
4. Cabinet of Minister of Ukraine (2018). *Pro skhvalennia Konceptii pidhotovky fahivciv za dualnoyu formoyu zdobuttia osvity [On the approval of the Concept of training specialists in a dual form of education]*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/660-2018-p#n9>. (in Ukrainian).
5. Cabinet of Minister of Ukraine (2019). *Polozhennia pro dualnu formu zdobuttia profesiinoyi (profeciino-tehnichnoyi) osvity [Regulations on the dual form of professional (vocational and technical) education]*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0193-20>. (in Ukrainian).
6. Censor.net (2018). Vstupna kampaniya 2018: na filolohiyu zareyestrovano v 49 raziv bilshе zayav, nizh na matematyku [Admission campaign-2018: 49 times more applications were registered for philology than for math]. *Website Censor.net*. https://censor.net.ua/ua/news/3078097/vstupna_kampaniya2018_na_filologiyu_zareyestrovano_v_49_raziv_bilshе_zayav_nij_na_matematyku_tablytsya. (in Ukrainian).
7. Drozach, M. (2008). Rozvytok profesiinoho navchannia kadrov na vyrobnyctvi v konteksti zarubizhnogo dosvidu [Development of professional training of personnel in production in the context of foreign experience]. *Nauka ta innovacii – Science and innovation*, 4:3, 88–94. (in Ukrainian).
8. EdCamp (2019). Navchaty i navchatysia: yak i kudy zrostaty ukrayinskomy vchytelstvu? [Teaching and learning: how and where to grow Ukrainian teachers?]. *Website EdCamp*. <https://www.edcamp.org.ua/teachandlearn>. (in Ukrainian).
9. Falyakhov, I. (2018). Corporate Qualification of the Mentor in the Dual Education System. *Journal of Social Studies Education Research*, 9(2), 89-103. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1181971.pdf>.
10. Matiash, O., Mykhailenko, L., Shvets, V., & Shkolnyi, O. (2021). Educational environment as a form for development of math teachers methodological competence. *Mathematics and Informatics*, 64(5), 520-531.
11. MES of Ukraine (2017). Pry MON praciuvatyme robocha hrupa z vprovadzhenia dualnoyi osvity u vyshchu shkolu Ukrayiny [A working group on the implementation of dual education in higher education of Ukraine will work at the MES]. *Website MES of Ukraine*. <https://mon.gov.ua/ua/news/usi-novivni-povidomlennya-2017-02-22-pri-mon-pracyuvatyme-robocha-grupa-z-uprovadzheniya-dualnoyi-osviti-u-vishhu-shkolu-ukrayini>. (in Ukrainian).
12. MES of Ukraine (2018). Konceptiya rozvytku pedahohichnoyi osvity [Concept of development of pedagogical education]. *Website MES of Ukraine*. <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-konceptiyi-rozvitku-pedagogichnoyi-osviti> (in Ukrainian).
13. MES of Ukraine (2020). Pro zatverdzhennia profesiinoho standartu vchytelia [About the approval of the teacher's professional standard]. *Website MES of Ukraine*. <https://www.me.gov.ua/Files/GetFile?lang=uk-UA&fileId=22daac6a-f0db-4de0-8d49-47aa6b2ecb99>. (in Ukrainian).
14. MES of Ukraine (2022). Materialy instytutu osvitnioyi analityky [Materials of the Institute of Educational Analytics]. *Website MES of Ukraine*. <http://iea.gov.ua/material/>. (in Ukrainian).
15. NPDU (2021). Pracevlashtuvannia ta stazhuvannia studentiv: osvitni vakansii [Employment and internship of students: educational vacancies]. *Website NPDU*. <https://npu.edu.ua/studentam/navchalnyi-pratses/pratsevashtevannia-ta-stazhuvannia-studentiv#osvitni-vakansii>. (in Ukrainian).
16. NUS (2019). Nova Ukrayinska Shkola [New Ukrainian School]. *Official Website*. <http://nus.org.ua> (in Ukrainian).
17. Oleksin, Yu, & Yakubovska, S. (2018). Pedahohichna supervisiya yak element indyvidualizacii dualnoho navchannia [Pedagogical supervision as an element of individualization of dual education]. *Molodyi vchenyi – A young scientist*, 4.1, 102-105. (in Ukrainian).
18. Perekrest, Yu. (2018). Vstup 2018: populiarnymi sered abiturientiv i dosi zalyshayutsia filolohiya ta pravo [Admission 2018: philology and law are still popular among applicants]. <https://osvitoria.media/news/vstup-2018-populyarnymi-sered-abiturientiv-i-dosi-zalyshayutsia-filologiya-ta-pravo/>. (in Ukrainian).
19. Repko, M., & Ruda, Yu. (2017). *Osvita po-ukrayinsky: 129 milyardiv – marnotratstvo chy investyciya? [Education in Ukrainian: 129 billion - waste or investment?]* <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/02/15/620955/>. (in Ukrainian).
20. Schelten, A. (2001). Die Konvergenz von Bildungsinhalten und Bildungsformen im dualen System der Berufsausbildung - Ein Beitrag zur Konsensfindung [The convergence of educational content and forms of education in the dual system of vocational training - a contribution to finding a consensus]. *Institute of Vocational and Technical Education, Graduate School of Education and Human Development, Nagoya University*, 14, 1–10. https://www.edu.tum.de/fileadmin/tuedz01/www/Downloads/03Fakultaet/Professoren_Fotos/Schelten-Publikationen/2001konvbischeltennagoya.pdf (in German).
21. Stegman, H. (1986). *Das duale System im Blickpunkt: Strukturen, Entwicklungen und zukünftige Probleme in der betrieblichen Berufsausbildung in Materialien aus der Arbeitsmarkt und Berufsforschung [The dual system in focus: structures, developments and future problems in in-company vocational training in materials from the labor market and vocational research]*. Nürnberg, 9, 5–12. (in German).
22. Stratmann, K., & Schlosser, M. (1990). *Das Duale System der Berufsbildung. Eine historische Analyse seiner Reformdebatten, Verlag der Gesellschaft zur Förderung arbeitsorientierter Forschung und Bildung [The dual system of vocational training. A historical analysis of his reform debates, published by the Society for the Promotion of Work-oriented Research and Education]*. Frankfurt am Main. (in German).
23. Turner, M. (1993). The Role of Mentors and Teacher Tutors in School Based Teacher Education and Induction. *Journal of In-Service Education*, 19(1), 36-45. <https://doi.org/10.1080/0305763930190107>.
24. Verhovna Rada of Ukraine (2014). *Zakon Ukrayiny "Pro vyshchu osvitu". [Law of Ukraine "On Higher Education"]*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>. (in Ukrainian).
25. Verhovna Rada of Ukraine (2017). *Zakon Ukrayiny "Pro osvitu" [Law of Ukraine "On Education"]*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>. (in Ukrainian).
26. Zembytska, M. (2016). *Pedahohichne nastavnyctvo v systemi serednioyi osvity SSHA [Pedagogical mentoring in the US secondary education system]*. PhD dissertation. Ternopil. (in Ukrainian).



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.
 Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-036-4-010

УДК 378.37.004

РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ МОРСЬКИХ ОФІЦЕРІВ В УМОВАХ НЕФОРМАЛЬНОЇ ОСВІТИ: СУТНІСТЬ КЛЮЧОВИХ ПОНЯТЬ

Олена СЕМЕНОГ ✉

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Україна
olenasemenog@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8697-8602>

Роман БУРТОВИЙ

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Україна
platon19770329@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1642-0515>

Артем ЮРЧЕНКО

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Україна
a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

DEVELOPMENT OF INFORMATION AND DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE MARINE OFFICERS IN THE CONDITIONS OF INFORMAL EDUCATION: THE ESSENCE OF KEY CONCEPTS

Olena SEMENOG ✉

Makarenko Sumy State
 Pedagogical University, Ukraine
olenasemenog@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8697-8602>

Roman BURTOVY

Makarenko Sumy State
 Pedagogical University, Ukraine
platon19770329@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1642-0515>

Artem YURCHENKO

Makarenko Sumy State
 Pedagogical University, Ukraine
a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. В умовах військової агресії розширюються і поглиблюються види, функції, напрями професійної діяльності морських офіцерів. Тому загострюються і питання професійної підготовки майбутніх морських офіцерів. Актуалізується здатність майбутніх офіцерів орієнтуватися в потоці швидкозмінюваних даних, уміння працювати в інформаційному просторі, використовувати сучасні цифрові технології, системно й інноваційно мислити, порівнювати, аналізувати, прогнозувати, узагальнювати дані, за аналізом ситуації знаходити доцільні варіанти рішень, працювати із засобами масової інформації, дотримуючись цифрового етикету. Тому інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів набуває вагомої ролі. Розвиток означеної інтегративної якості майбутніх морських офіцерів має відбуватися у процесі неформальної освіти.

Матеріали і методи. Для вирішення поставленої проблеми використано низку теоретичних методів наукового пошуку, а саме аналіз та узагальнення нормативних документів, стандарту вищої освіти України у даній галузі та для певної спеціальності майбутніх морських офіцерів; аналіз інтернет-джерел для уточнення змісту поняття «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів», «неформальна освіта майбутніх морських офіцерів».

Результати. Ми з'ясували, що в науковому обігу узгодженість між сутностями понять «інформаційна компетентність», «інформаційно-комунікаційна компетентність», «цифрова компетентність», «інформаційно-цифрова компетентність» є відсутньою. Дослідники характеризують компетентності з урахуванням конкретних завдань галузі. Уточнено сутність ключових понять дослідження: «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів», «неформальна освіта майбутніх морських офіцерів». Показано, що закордонні та українські інституції звертають увагу роботодавців на необхідність визнавати набуті в умовах неформальної освіти компетентності і досвід. Тому ми вважаємо, що неформальну

ABSTRACT

Formulation of the problem. In the conditions of military aggression, the types, functions, and areas of professional activity of naval officers expand and deepen. Therefore, the issues of professional training of future naval officers are becoming more acute. The ability of future officers to navigate the flow of rapidly changing data, the ability to work in the information space, use modern digital technologies, think systematically and innovatively, compare, analyze, forecast, summarize data, to find appropriate options for solutions based on the analysis of the situation, to work with mass media, adhering to digital etiquette. Therefore, the informational and digital competence of future naval officers has an important role. The development of the specified integrative quality of future naval officers can take in the process of informal education.

Materials and methods. To solve the problem, several theoretical methods of scientific research were used, namely the analysis and generalization of normative documents, the standard of higher education of Ukraine in this field and for a certain specialty of future naval officers; analysis of Internet sources to clarify the content of the concept of "information and digital competence of future naval officers", "informal education of future naval officers".

The results. We found out that in scientific circulation there is no consistency between the concepts of "information competence", "information-communication competence", "digital competence", and "information-digital competence". Researchers characterize competencies by taking into account the specific tasks of the industry. We clarified the essence of the key concepts of the study: "information and digital competence of future naval officers", and "informal education of future naval officers". We have shown that foreign and Ukrainian institutions draw the attention of employers to the need to recognize competencies and experience acquired in informal education. Therefore, we believe that the informal education of future naval officers should be perceived as a type of alternative educational activity, which involves the development of professional competencies by joining, in particular, open online courses, webinars, and the development and use of electronic educational resources.

Conclusions. The analysis of the state of development of the problem of the development of information and digital competence of future naval

Для цитування:

Семенов О., Буртовий Р., Юрченко А. Розвиток інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти: сутність ключових понять. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 36, № 4. С. 70-78. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-036-4-010
 Семенов, О., Буртовий, Р., & Юрченко, А. (2022). Розвиток інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти: сутність ключових понять. *Фізико-математична освіта*, 36(4), 70-78. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-010>

For citation:

Semenog, O., Burtovy, R., & Yurchenko, A. (2022). Development of information and digital competence of future marine officers in the conditions of informal education: the essence of key concepts. *Physical and Mathematical Education*, 36(4), 70-78. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-010>
 Semenog, O., Burtovy, R., & Yurchenko, A. (2022). Rozvytok informatsiino-tsifrovoi kompetentnosti maibutnykh morskyykh ofitseriv v umovakh neformalnoi osvity: sutnist kluchovykh ponyat [Development of information and digital competence of future marine officers in the conditions of informal education: the essence of key concepts]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 36(4), 70-78. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-010>

освіту майбутніх морських офіцерів слід сприймати як вид альтернативної освітньої діяльності, що передбачає розвиток професійних компетентностей шляхом долучення, зокрема, до відкритих онлайн-курсів, вебінарів, розроблення і використання електронних освітніх ресурсів.

Висновки. Аналіз стану розробленості проблеми розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти засвідчив наявність певних нормативних документів, проте різновекторність наукових праць щодо професійної підготовки в контексті формування інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти. Зарубіжний та український досвід використання цифрових технологій для розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх офіцерів ВМС в умовах неформальної освіти потребує подальших наукових досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: компетентність; морський офіцер; цифрові технології; інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів; неформальна освіта майбутніх морських офіцерів.

officers in the conditions of informal education proved the presence of certain normative documents, but the diversity of scientific works on professional training in the context of the formation of information and digital competence of future naval officers in the conditions of informal education. The foreign and Ukrainian experience of using digital technologies for the development of informational and digital competence of future officers of the Navy in the conditions of informal education requires further scientific research.

KEYWORDS: competence; naval officer; digital technologie; information and digital competence of future naval officers; non-formal education of future naval officers.

ВСТУП

Постановка проблеми. Морський флот України - невід'ємний складник національної та євроатлантичної безпеки. Повномасштабна війна, яку російська федерація веде проти Українського народу з порушенням норм міжнародного права, спричинила значні втрати цивільної, промислової, військової інфраструктури, закриття морських портів. В умовах військової агресії розширюються і поглиблюються види, функції, напрями професійної діяльності морських офіцерів, загострюються і питання професійної підготовки майбутніх морських офіцерів. Українські морські університети частково зруйновані, частково - в окупації, частина переведені в інші області України. Кожний із закладів вищої освіти дотримується стратегії розвитку, незважаючи на воєнний час.

Обмеженість простору, спілкування, доступу до інформаційних ресурсів та засобів і разом з тим необхідність підтримання високого рівня бойової готовності частин під час бойових дій – ці та інші чинники актуалізують зміни у кваліфікаційних вимогах до фахових характеристик майбутніх морських офіцерів. Держава потребує фахівців, які вміють діяти у складних, нестандартних ситуаціях, вирішувати складні професійні завдання. Актуалізується і здатність майбутніх офіцерів орієнтуватися в потоці швидкозмінюваних даних, уміння працювати в інформаційному просторі, використовувати сучасні цифрові технології, системно й інноваційно мислити, порівнювати, аналізувати, прогнозувати, узагальнювати дані, за аналізом ситуації знаходити доцільні варіанти рішень, працювати із засобами масової інформації, дотримуючись цифрового етикету. Отже, вагомої ролі набуває інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів.

Розвиток означеної інтегративної якості майбутніх морських офіцерів відбувається у процесі професійної підготовки, зокрема формальної та неформальної освіти. Неформальна освіта характеризується доступністю, особистісно зорієнтованим характером, позбавлена від жорстких вимог формальної освіти й орієнтується на конкретні запити особистості курсантів. Тому актуальними є дослідження проблеми розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти. Окрім того, теоретичний аналіз наявних наукових праць та вивчення практичного досвіду у закладах вищої освіти дозволили виокремити суперечності між потенціалом неформальної освіти в галузі ІТ та обмеженістю уявлень про специфіку розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти.

Аналіз актуальних досліджень. Актуальність проблеми професійної підготовки майбутніх морських офіцерів підтверджується основними положеннями документів нормативно-правової бази України, зокрема Законів України «Про освіту» (2017), «Про вищу освіту» (2014), «Про військовий обов'язок і військову службу» (1992) з доповненнями 2020 р., положеннями Концепції підготовки Збройних Сил України (2016), Воєнної доктрини 2015: загрози, шляхи та ролі (2015).

Вимоги до професійної компетентності фахівців морської галузі викладені в Морській доктрині України на період до 2035 року (2009), у Міжнародній конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року (ПДНВ 78/95) з Манільськими поправками від 2010 р., що ратифіковано морськими державами, у т.ч. й Україною.

Окремі аспекти професійної, у т.ч. інформаційно-комунікаційної підготовки, професійної компетентності майбутніх морських офіцерів розкрито у працях М. Басанця, С. Буценка, М. Колегаєва, М. Кулакової, О. Роменського, А.Сваричевської, О. Слєпченка, С. Смірнова, О. Сороки, О. Тимофєєвої, О.Фролової, В. Худика, В. Чернявського та ін.

Вимоги щодо ефективного використання в освітньому процесі сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій окреслено в Указах Президента України «Про Доктрину інформаційної безпеки України» (2017), «Про заходи щодо розвитку національної складової глобальної інформаційної мережі Інтернет та забезпечення широкого доступу до цієї мережі в Україні» (2000).

Проведений аналіз дав підстави виявити дослідження, які висвітлюють: розроблення і використання електронних освітніх ресурсів для супроводу військової підготовки (Didenko et al., 2020); формування когнітивних навичок у військових, у т.ч. їх здібностей до обробки інформації (Yang et al., 2022); проблеми використання цифрових технологій для моделювання професійних ситуацій, у т.ч. мобільні ігрові додатки для військової підготовки (Asri et al., 2019).

Особливості інформаційно-цифрової компетентності означені Європейським Парламентом та Радою Європейського Союзу (2006), у Концепції розвитку цифрових компетентностей (2021), Проєкту Україна 2030 E – країна з розвинутою цифровою економікою.

Специфіку формування цифрової компетентності, інформаційно-цифрової компетентності майбутніх фахівців досліджують закордонні (Rodriguez-Garcia, Cabrera, Guerrero; Valverde-Crespo, de Pro-Bueno, Gonzalez-Sanchez та ін.) та українські дослідники (В.Биков, Р.Гуревич, В.Стома та ін.). Зокрема, у публікаціях (Revuelta-Domínguez et al., 2022) та (Spridzans & Dzerviniks, 2019) здійснено аналіз наукових розвідок щодо розробки концепції цифрової педагогічної

компетентності та вимірників цифрової педагогічної компетентності вчителів на основі статей з різних наукометричних баз, у т.ч. баз Web of Science та Scopus. Дослідники вказують на те, що через відсутність цифрової компетентності потенціал цифрового навчання використовується не повною мірою, освітянам необхідно актуалізувати компетентність щодо розробки інтерактивних навчальних матеріалів, а оцінка цифрової компетентності має бути більш достовірною та суворюю.

Питання неформальної освіти як важливої складової неперервної освіти упродовж життя означені в Рекомендації парламенту Європи про Європейські кваліфікаційні рамки для навчання впродовж життя (2008), Законах України «Про вищу освіту» (2014), «Про освіту» (2017), документах МОН України та Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти.

Цікавими є результати наукового пошуку авторів S. Denkowska, K. Fijorek, G. Wegrzyn (2020). Дослідження показує, що рівень інновацій у країнах ЄС значною мірою залежить частки людей\працівників (з вищою освітою і без), які здобувають додаткову формальну або неформальну освіту. Виявлено, що найменший вплив на інноваційність економік здійснює частка осіб, які здобувають додаткову формальну освіту. Отримані результати свідчать про значну роль додаткової освіти у підвищенні рівня інновацій та конкурентоспроможності в економіках ЄС (Denkowska et al., 2020).

Натомість у статті (Kalenda & Kočvarová, 2022) згадується теорія «суспільства ризику», що обумовлює запит на навчання\перенавчання дорослих. Автори досліджують вплив автоматизації виробництва на розвиток неформальної освіти та індивідуалізоване навчання в умовах неформальної освіти. Дослідники виявили, що чеська система освіти дорослих демонструє значний рівень індивідуалізації, що базується більшою мірою на інтеграції в ринок праці і меншою мірою на культурному капіталі. Індивідуалізація обумовлена ринковими силами і продиктована політикою виробництва.

У публікаціях Л. Лук'янової (2016) схарактеризовано очну (тренінги, майстер-класи, семінари, майстерні тощо) та дистанційну (дистанційні курси, вебінари) форми неформального навчання, що орієнтовані на конкретні потреби та інтереси суб'єктів учіння. У працях М. Друшляк, О. Семеног, Н. Грони, Н. Пономаренко, О. Семеніхіної означено типологію інтернет-ресурсів для розвитку інфомедійної грамотності молоді (Друшляк та ін., 2022), типологію цифрових технологій інклюзивного освітнього простору (Семеніхіна & Друшляк, 2022).

Мета статті. Виявити стан розробленості проблеми розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти, зокрема схарактеризувати сутність ключових понять «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів», «неформальна освіта майбутніх морських офіцерів».

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення поставленої мети використано низку теоретичних методів наукового пошуку, а саме аналіз, узагальнення нормативних документів, стандарту вищої освіти України у даній галузі та для певної спеціальності майбутніх морських офіцерів; аналіз інтернет-джерел для уточнення змісту поняття «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів», «неформальна освіта майбутніх морських офіцерів».

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.

Характеристику поняття «компетентність» у нашому дослідженні пропонуємо, враховуючи положення Закону України «Про вищу освіту» (2014): це динамічна комбінація знань, умінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, що характеризує здібність індивіда вдало реалізувати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти, а також визначення у проєкті Тюнінг.

У проєкті Тюнінг наголошується, що компетентність/ компетентності – це здатність особи до виконання певного виду діяльності, що виражається через знання, розуміння, уміння, цінності, інші індивідуальні якості. У дослідженні припускаємо, що компетентність є складною інтегративною здатністю особистості, яка охоплює комплекс знань, умінь, навичок, а також сформовані професійні особистісні якості (Tuning educational structures in Europe).

Для уточнення змісту поняття «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів» нами проведено аналіз понять «інформація», «інформаційно-комунікаційні технології», «цифрові технології».

Поняття «інформація» тлумачимо з урахуванням Закону України «Про інформацію». У положеннях документа зазначається про «відомості та/або дані, які можуть бути збережені на матеріальних носіях, або відображені в електронному вигляді» (Закон України «Про інформацію», 2020).

Поняття «інформаційно-комунікаційні технології» у межах наукового пошуку визначаємо за результатами аналізу наукових праць В. Бикова та М. Жалдака як:

– комп'ютерно орієнтовану складову педагогічної технології, що відображає деяку формалізовану модель певного компоненту змісту навчання, передбачає використання персонального комп'ютера, комп'ютерно орієнтованих засобів навчання і комп'ютерних комунікаційних мереж для розв'язування дидактичних завдань або їх частин (Биков, 2008);

– сукупність, засобів, методів і прийомів збирання, зберігання, оброблення, представлення та передавання повідомлень, що поглиблює знання людей та удосконалює їх перспективи стосовно управління технічними та соціальними процесами (Жалдак та ін., 2006).

За результатами аналізу наукових праць Н.Морзе обираємо характеристику поняття «цифрові технології» і в дослідженні розглядаємо як сукупність чотирьох основних електронних складових, які є взаємопов'язаними та взаємообумовленими: цифрові системи доставки даних (інтернет, гіпернет тощо); цифрові системи генерування або створення даних (інтернет-речей, смартсистеми, системи журналювання); цифрові системи зберігання даних (великі дані, озера даних тощо); цифрові системи автоматизованої аналітики (штучний інтелект, нейро-мережі тощо) (Морзе та ін., 2019).

Для уточнення змісту поняття «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів» на основі аналізу наукових джерел розглянуто кореляцію понять «інформаційна компетентність»; «інформаційно-комунікаційна

компетентність», «цифрова компетентність», «інформаційно-цифрова компетентність». Дослідники, як показує аналіз, характеризують зазначені компетентності з урахуванням конкретних завдань галузі.

Зокрема, поняття «інформаційна компетентність» та «Інформаційно-комунікаційна компетентність» трактують як:

– інтегративне утворення особистості, що відображає її спроможність визначати інформаційну потребу, пошук відомостей та ефективної роботи з ними у всіх їх формах та представленнях – як у традиційній, друкованій формі, так і в електронній формі; здатність щодо роботи з комп'ютерною технікою й телекомунікаційними технологіями (Баловсяк, 2004);

– здатність особистості використовувати інформаційні технології для гарантованого оволодіння та донесення інформації з метою забезпечення особистих потреб і задоволення соціальних вимог щодо формування загальних та професійно-спеціалізованих компетентностей особистості. (Спірін, 2009).

У дослідженні спираємось на стандарт Американської Асоціації дослідницьких бібліотек (Information Literacy Competency, 2000), що визначає досягнення високого рівня інформаційної грамотності: уміння і навички щодо пошуку головних фактів у зібраній інформації, перевірки їх на точність, правдивість та доречність, передачі повідомлення зрозумілою мовою, синтезу основних ідей для породження нового знання, його порівняння з попереднім та аналізу доданої цінності, підтвердження знання та інтерпретація інформації за допомогою діалогічного мовлення.

Науковці Valverde-Crespo, de Pro-Bueno, Gonzalez-Sanchez у статті (Valverde-Crespo et al., 2018) теж зазначають, що здатність керувати інформацією з різних джерел та її обробка є важливими аспектом цифрової компетентності. З цієї метою необхідно надати студентам процедури та стратегії, які дозволять їм здійснювати раціональний пошук відповідей на запитання. У публікаціях авторів статті більш детально представлено *змістове наповнення* формування медіаосвітніх умінь майбутнього вчителя як складника інформаційної грамотності (Semenog et al., 2020).

З визначень цифрової компетентності, які запропоновані Європейським Парламентом та Радою Європейського Союзу (2006), у Концепції розвитку цифрових компетентностей (2021), Проєкту Україна 2030 *E* – країна з розвинутою цифровою економікою, наукових дослідженнях українських (Л. Гаврілова, Я. Топольник) та закордонних вчених (A. Ferrari) обираємо для нашого дослідження таку характеристику: динамічна комбінація знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, інших особистих якостей у сфері інформаційно-комунікаційних та цифрових технологій, що визначає здатність особи успішно соціалізуватися, провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність із використанням таких технологій (Ferrari, 2012).

За результатами термінологічного аналізу понять «інформаційна компетентність», «ІК компетентність», виявляємо *спільні риси із характеристикою* інформаційно-цифрової компетентності. Ідеться про сукупність різноманітних технологічних інструментів і ресурсів, які використовуються для забезпечення процесу комунікації та створення, поширення, збереження й управління інформацією.

У дослідженні враховуємо характеристику інформаційно-цифрової компетентності, що представлена у Концепції НУШ: упевнене та водночас критичне застосування ІКТ для створення, пошуку, обробки, обміну інформацією на роботі, в публічному просторі та приватному спілкуванні; інформаційна й медіаграмотність, основи програмування, алгоритмічне мислення, роботи з базами даних, навички безпеки в Інтернеті та кібербезпеці; розуміння етики роботи з інформацією (авторське право, інтелектуальна власність тощо) (Нова українська школа, 2016).

Для уточнення змісту поняття «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів» нами було здійснено аналіз наукових джерел щодо цифрової компетентності різних фахівців та специфіки її формування.

У дослідженні A. Rodriguez-Garcia, A. Cabrera, A. Guerrero (2019) висвітлено результати формування цифрової компетентності у майбутніх учителів. Науковці зазначають, що майбутні вчителі закінчують навчання на середньому рівні цифрової компетентності щодо навігації, пошуку та фільтрації інформації і при цьому мають більший дефіцит умінь використовувати інструменти відсіювання для пришвидшення або поліпшення відбору інформації, а також визначення надійності інтернет-ресурсу та правдивості інформаційного контенту на ньому.

У роботі (Levano-Francia et al., 2019) автори вказують, що важливість формування цифрової компетентності у фахівців освітньої галузі зумовлена потребами цифрового управління та адміністрування, цифрової комерції та генерованими і оновлюваними щосекунди даними.

Акцитується увага на сучасних цифрових інструментах з огляду на поширення дистанційної освіти та ідеології електронного, мобільного і змішаного навчання. Автори зазначають, що з урахуванням попиту на робочу силу важливим для набуття цифрової компетентності на рівні кваліфікацій є здатність до адаптації та інновацій (Levano-Francia et al., 2019). Це засвідчує потребу формування не лише технологічних та предметних навичок.

Дослідники виокремлюють три важливі аспекти:

(а) потреба викладачів у розвитку навичок використання комп'ютерної техніки, постійного професійного вдосконалення у частині методик навчання відповідно до викликів і розвитку цифрових технологій;

(б) урахування індивідуальних (психологічних) особливостей фахівця, таких як когнітивні здібності, увага тощо;

(с) опанування механізмів щодо управління знаннями на основі цифрової обробки інформації та впровадження механізмів виробництва знань.

У контексті дослідницького пошуку відзначимо роботу (Ulmane-Ozolins & Priedolina, 2017). Автори характеризують особливості цифрової компетентності як інтегрованого особистісного утворення (інформаційна та технологічна грамотність, комунікація та співпраця, створення цифрового контенту, безпека та вирішення проблем). Наголошують на важливості розвитку цифрової компетентності сучасної молоді і ставлять запитання: «Багато авторів говорять про «чисте покоління», яке проводить свої дні з технологіями, але чи означає це, що вони є цифрово компетентними людьми».

Науковці, D. Valverde-Crespo, A. Pro-Bueno, J. González-Sánchez (2018) характеризували результати набуття науково-цифрових навичок студентів у процесі навчання: знання стратегії пошуку інформації в різних медіа та розвиток

таких навичок, як ідентифікація ідей, перевірка подібності та суперечностей, висновки з певної інформації тощо; розвиток критичного мислення на основі аналізу інформації, оцінки її достовірності, висловлення аргументованих позицій, оцінки її етичних та соціальних наслідків тощо; розвиток здатності сперечатися щодо наукового питання або проблеми, висловлюючи обґрунтовані та незалежні судження та думки на основі інформації, доступної в Інтернеті; знання форм е-спілкування, щоб співпрацювати, взаємодіяти, брати участь, колективно розмірковувати тощо в соціальних спільнотах; уміння створювати цифровий контент (зображення, відео, тексти) наукового характеру або опрацьовувати наявний вміст, щоб поширювати те, що відомо, поважаючи інтелектуальну власність, конфіденційність, права дітей тощо; безпечно використовувати ІКТ і, зокрема, Інтернет.

Дослідники зауважують, що ІКТ само собою не сприяють розвитку інформаційно-цифрової компетентності. Але знання про різні веб-сайти, ресурси, заходи, дидактичні підрозділи та наукові контексти, в яких можна використовувати потенціал ІКТ для вивчення пов'язаних з наукою знань, процедур або відношень, є ключовим.

Для уточнення змісту поняття «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів» нами було проведено також аналіз Стандарту вищої освіти України. Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти. Галузь знань - 27 Транспорт, спеціальність - 271 Річковий та морський транспорт. Стандарт вищої освіти затверджено та введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 13.11.2018 № 1239 (Стандарт вищої освіти України, 2018).

У Стандарті акцентовано на загальних і спеціальних (фахових) компетентностей фахівців за спеціалізаціями «Навігація і управління морськими суднами» та «Управління судновими технічними системами і комплексами» серед загальних компетентностей виокремлюємо навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Серед спеціальних (фахових) компетентностей спеціалізації «Навігація і управління морськими суднами» визначено, зокрема, такі:

- здатність використовувати концептуальні знання та критичне розуміння основних законів, теорій, принципів, методів і понять навігації та управління морськими суднами для вирішення професійних завдань;
- здатність передавати та отримувати інформацію з використанням підсистеми і обладнання глобального морського зв'язку, забезпечувати радіозв'язок у всіх випадках.

Серед спеціальних (фахових) компетентностей спеціалізації «Управління судновими технічними системами і комплексами» виокремлюємо і такі компетентності:

- критичне осмислення основних теорій, принципів, методів і понять сучасної морської інженерії;
- здатність збирати та інтерпретувати інформацію, обирати методи та інструментальні засоби, застосовувати інноваційні підходи для розв'язання складних професійних задач у сфері морської інженерії;
- здатність обґрунтовувати власну точку зору та висновки, використовуючи основні теорії та концепції у сфері морської інженерії.

До результатів навчання відповідно до Стандарту вищої освіти України. Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти. Галузь знань – 27 віднесено:

- уміння маневрувати та управляти судном в будь-яких умовах із застосуванням відповідних методів визначення місцезнаходження, а також з використанням сучасних електронних радіолокаційних засобів, електронних картографічних навігаційно - інформаційних систем (ЕКНІС);
- знання їх принципів роботи, обмежень, джерел помилок та вміння виявити неправильні показання;
- володіння методами корекції для точного визначення місцезнаходження; взаємозв'язку та оптимального використання всіх наявних навігаційних даних для здійснення плавання;
- навички оцінки навігаційної інформації, отриманої з усіх джерел, зокрема радіолокатора, засобів автоматизованої радіолокаційної прокладки та електронних комплексів навігаційно - інформаційної системи з метою прийняття рішень для уникнення зіткнення та управління безпечним плаванням судна; техніки судноводіння за умов відсутності видимості;
- знання питань управління персоналом на судні та його підготовки; уміння застосовувати методи управління, вирішувати задачі та керувати робочим навантаженням, доносити до фахівців і нефахівців інформацію, ідеї, проблеми та їх рішення, власний досвід у галузі професійної діяльності.

Для нашого наукового пошуку важливе дослідження В.Стоми (2020). Фахівець ґрунтовно характеризує поняття цифрової грамотності як складник інформаційно-цифрової компетентності. Зокрема дослідниця визначає такі уміння, як:

- уміння критично сприймати і творчо переосмислювати академічні і професійні комунікації в різних засобах масової інформації;
- уміння використовувати цифровий інструментарій для освіти і проведення досліджень;
- універсальні навички роботи з цифровими технологіями, зокрема конструювання, розроблення цифрового середовища;
- уміння створювати та модифікувати цифрові ресурси (Стома, 2020).

Проведений аналіз наукових джерел та Стандарту дає підстави припускати, що інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів – це інтегральна соціально значуща характеристика особистості, яка поєднує ціннісні установки і прагнення до професійного розвитку в галузі застосування цифрових технологій у професійній діяльності, ІТ-знання (про інформацію та інформаційні процеси, методи її опрацювання для вирішенні професійних завдань), базові та спеціальні інформаційно-цифрові вміння (обробляти інформацію у різних формах її надходження, вміння застосовувати цифрові технології загального призначення та спеціалізоване програмне забезпечення предметного спрямування), які у своїй сукупності дають змогу ефективно вирішувати професійні завдання морських офіцерів за невизначених початкових умов.

Розвиток інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів відбувається у процесі професійної підготовки, зокрема формальної та неформальної освіти. Неформальна освіта позбавлена від жорстких вимог формальної освіти й орієнтується на конкретні запити особистості.

У межах нашого дослідження керуємось тлумаченням понять «формальна освіта», «неформальна освіта», «інформальна освіта», враховуючи положення Закону України «Про освіту» (2017):

- формальна освіта – це освіта, яка здобувається за освітніми програмами відповідно до визначених законодавством рівнів освіти, галузей знань, спеціальностей (професій) і передбачає досягнення здобувачами освіти визначених стандартами освіти результатів навчання відповідного рівня освіти та здобуття кваліфікацій, що визнаються державою;

- неформальна освіта – це освіта, яка здобувається, як правило, за освітніми програмами та не передбачає присудження визнаних державою освітніх кваліфікацій за рівнями освіти, але може завершуватися присвоєнням професійних та/або присудженням часткових освітніх кваліфікацій;

- інформальна освіта (самоосвіта) – це освіта, яка передбачає самоорганізоване здобуття особою певних компетентностей, зокрема під час повсякденної діяльності, пов'язаної з професійною, громадською або іншою діяльністю, родиною чи дозволяям.

Результати навчання, наголошується в документі, здобуті шляхом неформальної та/або інформальної освіти, визнаються в системі формальної освіти у порядку, що визначено законодавством. Рада Європи, ЮНЕСКО, Міжнародна рада з освіти дорослих, Європейський центр з розвитку професійної освіти звертають увагу роботодавців на необхідність визнавати набуті в умовах неформальної освіти компетентності і досвід.

У Меморандумі навчання впродовж життя (Memorandum on Lifelong Learning (LLL), Резолюції про визнання неформального та інформального навчання (у сфері молоді) (Recognition of non-formal and informal learning (in the field of youth)) використовується термін навчання (learning).

Формальне навчання, зазначає Л. Лук'янова (2016), – це навчання, здійснюване в структурованому та організованому середовищі (в навчальному закладі, центрі навчання або на робочому місці); неформальне навчання – навчання, що ґрунтується на запланованій діяльності, яка не позначена як навчання (з точки зору завдань, тривалості навчання або підтримки тих, хто навчається), не завершується сертифікацією, але містить навчальний елемент (Лук'янова, 2016). Імпонує визначення дослідницею поняття неформальної освіти як виду альтернативної до формальної освітньої діяльності, який спланований самим суб'єктом такої діяльності та передбачає набуття компетентностей в обраній суб'єктом галузі.

На основі ретельного аналізу закордонних джерел Л. Лук'янова (2016) характеризує очну (тренінги, майстер-класи, семінари, майстерні тощо) та дистанційну (дистанційні курси, вебінари) форми неформального навчання, що орієнтовані на конкретні потреби та інтереси тих, хто навчається, мають ознаки організованості, доповнюваності щодо попередньо набутих знань, можуть здійснюватися у будь-якому місці.

Відповідно до Положення про порядок визнання результатів навчання отриманих у неформальній та інформальній освіті в морських університетах неформальна освіта може бути додатковою, альтернативною, суміжною до формального навчання, та забезпечується, як зазначають, О. Семеніхіна, А. Юрченко, А. Сбруєва, А. Кузьмінський, О. Кучай, О. Біда (2020), у формі онлайн-курсів та вебінарів, залучення до відкритих цифрових освітніх ресурсів у галузі ІТ.

Аналіз робіт закордонних авторів дав підстави виявити дослідження, які висвітлюють:

- проблеми використання цифрових технологій для моделювання професійних ситуацій, у т.ч. мобільні ігрові додатки для військової підготовки (Asri et al., 2019), інтерактивні навчальні платформи з кібербезпеки (Lee et al., 2022), спеціалізоване програмне забезпечення (зокрема, MilChat) у військовій освіті (Maistrenko, 2021) та електронні тренажери для підготовки морських офіцерів-прикордонників ("Navigation simulator", "AK-230 artillery simulator", "Navigation and boat management" "Artillery and machine gun armament of ships (boats) of the Marine Guard") у статті (Perehniak, 2021);

- проблеми використання імерсивних технологій навчання військових та використання технологій віртуальної реальності (García Rodríguez et al., 2021);

- проблеми використання мобільних додатків для покращення ментального здоров'я (зокрема, The Road to Mental Readiness (R2MR) app, Unit Victor, UrMMIND, iFeel у роботі (Vermetten et al., 2020),

- проблема розроблення і використання електронних освітніх ресурсів для супроводу військової підготовки (Didenko et al., 2020);

- проблема формування когнітивних навичок у військових, у т.ч. їх здібностей до обробки інформації (Yang et al., 2022).

Вивчення нормативних документів та основних положень наукових робіт дало підстави схарактеризувати неформальну освіту майбутніх морських офіцерів як вид альтернативної до формальної освітньої діяльності, що передбачає набуття інформаційно-цифрової компетентності шляхом долучення до відкритих онлайн-курсів, вебінарів, розроблення і використання електронних освітніх ресурсів. Аналізу закордонного та українського досвіду щодо використання цифрових технологій з метою розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти будуть присвячені наступні публікації.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз стану розробленості проблеми розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти на основі аналізу, узагальнення нормативних документів, стандарту вищої освіти України у даній галузі та для певної спеціальності майбутніх морських офіцерів; аналізу інтернет-джерел дав можливість уточнити сутність ключових понять дослідження: «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів», «неформальна освіта майбутніх морських офіцерів».

У дослідженні припускаємо, що компетентність є складною інтегративною здатністю особистості, яка охоплює комплекс знань, умінь, навичок, а також сформовані професійні особистісні якості

З'ясовано, що в науковому контенті немає узгодженості щодо сутності та вживання термінів «інформаційна компетентність»; «інформаційно-комунікаційна компетентність», «цифрова компетентність», «інформаційно-цифрова

компетентність». Дослідники характеризують зазначені компетентності з урахуванням конкретних завдань галузі.

Для уточнення змісту поняття «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів» проведено аналіз понять «інформація», «інформаційно-комунікаційні технології», «цифрові технології».

За результатами аналізу наукових праць поняття «цифрові технології» розглядаємо як сукупність чотирьох основних електронних складових, що є взаємопов'язаними та взаємообумовленими: цифрові системи доставки даних (інтернет, гіпернет тощо); цифрові системи генерування або створення даних (інтернет-речей, смартсистеми, системи журналювання); цифрові системи зберігання даних (великі дані, озера даних тощо); цифрові системи автоматизованої аналітики (штучний інтелект, нейромережі тощо).

Для уточнення змісту поняття «інформаційно-цифрова компетентність майбутніх морських офіцерів» нами було проведено також аналіз Стандарту вищої освіти України. Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти. Галузь знань - 27 Транспорт, спеціальність – 271 Річковий та морський транспорт. Інформаційно-цифрову компетентність майбутніх морських офіцерів означено як інтегральну соціально значущу характеристику особистості, яка поєднує ціннісні установки і прагнення до професійного розвитку в галузі застосування цифрових технологій у професійній діяльності, ІТ-знання (про інформацію та інформаційні процеси, методи її опрацювання для вирішенні професійних завдань), базові та спеціальні інформаційно-цифрові вміння (обробляти інформацію у різних формах її надходження, вміння застосовувати цифрові технології загального призначення та спеціалізоване програмне забезпечення предметного спрямування), які дають змогу ефективно вирішувати професійні завдання морських офіцерів за невизначених початкових умов.

Обґрунтовано, що розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів значною мірою сприяє неформальна освіта. Рада Європи, ЮНЕСКО, Міжнародна рада з освіти дорослих, Європейський центр з розвитку професійної освіти звертають увагу роботодавців на необхідність визнавати набуті в умовах неформальної освіти компетентності і досвід.

Неформальну освіту майбутніх морських офіцерів визначено як вид альтернативної до формальної освітньої діяльності, що передбачає набуття інформаційно-цифрової компетентності шляхом долучення до відкритих онлайн-курсів, вебінарів, розроблення і використання електронних освітніх ресурсів.

Водночас узагальнення наукових результатів засвідчило фрагментарність досліджень щодо розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти. Подальших наукових досліджень потребує аналіз закордонного та українського досвіду щодо використання цифрових технологій з метою розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Asri, M.M., Anuar, A.D.K., Fadzliah, A.F.A., Wahab, N., Shukran, M.A., Khairuddin, M.A., Isa, M.R.M., Talib, M.L., Razali, M.N., Thanakodi, S., Noor, N.M., Nordin, N.H., & Hussain, R. (2019). Modeling Critical Successfulness Factors of Mobile Game Applications for Military Training. *Proceedings Paper Inspirational Scholar Symposium (ISS)* (pp. 371-378), Hatyai, Thailand.
- Denkowska, S., Fijorek, K., & Wegrzyn, G. (2020). Formal and Non-Formal Education and Training As an Instrument Fostering Innovation and Competitiveness in EU Member Countries. *Journal of Competitiveness*, 12, 82-98. <https://doi.org/10.7441/joc.2020.03.05>.
- Didenko, O.V., Androshchuk, O. S., Maslii, O. M., Balendr, A. V., & Biliavets, S. Ya. (2020). Electronic educational resources for training future officers of border guard units. *Information Technologies and Learning Tools*, 80(6), 39-57. <https://doi.org/10.33407/itlt.v80i6.3816>.
- Ferrari, A. (2012). Digital Competence in Practice: An Analysis of Frameworks. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2791/82116>.
- García Rodríguez, C. C., Mosquera Dussán, O. L., Guzmán Pérez, D., Zamudio Palacios, J. E., & García Torres, J. A. (2021). Análisis de necesidades e implementación de tecnología de realidad virtual para entrenamiento y educación militar en Colombia. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 13(1), 8-18. <https://doi.org/10.22335/rict.v13i1.1271>.
- Information Literacy Competency. Standards for Higher education. (2000). Chicago, Illinois, USA: American Library Association.
- Kalenda, Ja., & Kočvarová, I. (2022). Participation in non-formal education in risk society. *International Journal of Lifelong Education*, 41(2), 146-167. <https://doi.org/10.1080/02601370.2020.1808102>.
- Lee, D., Kim, D., Lee, C., Ahn, M. K., & Lee, W. (2022). ICSTASY: An Integrated Cybersecurity Training System for Military Personnel. in *IEEE Access*, 10, 62232-62246. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3182383>.
- Levano-Francia, L., Sanchez Diaz, S., Guillén-Aparicio, P., Tello-Cabello, S., Herrera-Paico, N., & Collantes-Inga, Z. (2019). Competencias digitales y educación. *Propósitos Y Representaciones*, 7(2), 569-588. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.329>.
- Maistrenko, O. V. (2021). Application of milchat software environment in military education taking into account the features of training during a pandemic. *Information Technologies and Learning Tools*, 84(4), 80-103. <https://doi.org/10.33407/itlt.v84i4.4198>.
- Perehniak, I. V. (2021). Experience and prospects of ict application for professional training of ukrainian border guard specialists at the training center of the maritime guard. *Information Technologies and Learning Tools*, 83(3), 60-78. <https://doi.org/10.33407/itlt.v83i3.4181>.
- Revuelta-Domínguez, F.-I., Guerra-Antequera, J., González-Pérez, A., Pedrera-Rodríguez, M.-I., & González-Fernández, A. (2022). Digital Teaching Competence: A Systematic Review. *Sustainability*, 14(11), 6428. <https://doi.org/10.3390/su14116428>.
- Rodríguez-García, A.M., Cabrera, A.F., & Guerrero, A.J.M. (2019). Teaching digital competence for searching, selection, evaluation and storage of information. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado-rifop*, 94(3), 235-250.
- Semenog, O., Semenikhina, O., Oleshko, P., Prima, R., Varava, O., & Pykaliuk, R. (2020). Formation of Media Educational Skills of a Future Teacher in the Professional Training. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 12(3), 219-245. <https://doi.org/10.18662/rrem/12.3/319>.
- Spirdzans, M., & Dzerviniks, Ja. (2019). The topicality of educators' digital competence development. *Society, Integration, Education. Proceedings of the International Scientific Conference*, 5, 513-524. <https://doi.org/10.17770/sie2019vol5.3839>.
- Tuning educational structures in Europe, TUNING URL: <https://www.unideusto.org/tuningeu>. (дата звернення: 07.03.2022).
- Ulmane-Ozolins, L., & Priedolina, M. (2017). Digital competence and blended learning. *3rd International Conference on Lifelong Education and Leadership for All (ICLEL)* (pp. 508-513), Politechnica Univ Porto, Porto, Portugal.
- Valverde-Crespo, D., Pro-Bueno, A., & Gónzález-Sánchez, J. (2018). La competencia informacional-digital en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria obligatoria actual: una revisión teórica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2105. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2105.
- Vermetten, E., Granek, J., Boland, H., ten Berge, E., Binsch, O., Carmi, L., Zohar, J., Wynn, G., & Jetly, R. (2020). Leveraging technology to

- improve military mental health: Novel uses of smartphone apps. *Journal of military veteran and family health*, 6, 36-43. <https://doi.org/10.3138/jmvfh.2019-0034>.
20. Yang, L., Zhang, Y., Zhang, Y., Liao, Y., Du, J., Geng, X. (2022). Research on Training Method of Information Processing Ability of Military Pilots. In: Long, S., Dhillon, B.S. (eds) *Man-Machine-Environment System Engineering: Proceedings of the 21st International Conference on MMESE. MMESE 2021. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 800. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5963-8_102
 21. Баловсяк, Н. В. (2004). Інформаційна компетентність фахівця. *Педагогіка і психологія професійної освіти*, 5, 21–28.
 22. Биков, В. Ю. (2008). Моделі організаційних систем відкритої освіти: монографія.. Київ: Атіка.
 23. Друшляк, М. Г., Семенов, О. М., Грона, Н. В., Пономаренко, Н. П., & Семеніхіна, О. В. (2022). Типологія інтернет-ресурсів для розвитку інфомедійної грамотності молоді. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 88(2), 1–22. <https://doi.org/10.33407/itlt.v88i2.4786>.
 24. Жалдак, М., Лапінський В., & Шут М. (2006). Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики. *Інформатика*, 3–4. Київ: Шкільний світ.
 25. Закон України “Про вищу освіту” від 16.07.2014 р. № 37-38. <https://zakon.help/law/1556-VII/>.
 26. Закон України “Про інформацію” від 02.10.1992р. № 2658-XII. (редакція від 16.06.2020 р. № 692-IX.) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12#Text>.
 27. Концепція розвитку цифрових компетентностей (2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text>.
 28. Лук'янова, Л. Б. (2016). Підготовка педагогічного персоналу для роботи з дорослими: теоретичний і методичний аспекти : монографія. К.: ІПООД НАПН України. https://lib.iitta.gov.ua/710017/1/2016_monograph_Lukianova.pdf
 29. Морзе, Н., Базелюк, О., Вороникова, І., Дементієвська, Н., Захар, О., Нанаєва, Т., Пасічник, О., Чернікова, Л. (2019). Опис цифрової компетентності педагогічного працівника: проект. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, Вип. спецвип., 1-53.
 30. Нова українська школа (2016). Концептуальні засади реформування середньої школи. Рішенням колегії МОН від 27.10.2016 р. <https://mon.gov.ua/ua/tag/nova-ukrainska-shkola>.
 31. Семеніхіна, О., & Друшляк, М. (2022). Типологія цифрових технологій інклюзивного освітнього простору. *Фізико-математична освіта*, 35(3), 65-70. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-035-3-009>.
 32. Семеніхіна, О. В., Юрченко, А. О., Сбруєва, А. А., Кузьмінський, А. І., Кучай, О. В., & Біда, О. А. (2020). Відкриті цифрові освітні ресурси у галузі ІТ: кількісний аналіз. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 75(1), 331-348. <https://doi.org/10.33407/itlt.v75i1.3114>.
 33. Спірін, О. М. (2009). Інформаційно-комунікаційні та інформатичні компетентності як компоненти системи професійно-спеціалізованих компетентностей вчителя інформатики. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 5(13), <https://doi.org/10.33407/itlt.v13i5.183>.
 34. Стандарт вищої освіти України (2022). Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти. Галузь знань - 27 Транспорт, спеціальність - 271 Річковий та морський транспорт. Стандарт вищої освіти затверджено та введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 13.11.2018 № 1239 <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/2022/Standarty.Vyshchoyi.Osvity/Zatverdzeni.Standarty/01/31/271-Richk.ta.morsk.transp-bak.31.01.22.pdf>.
 35. Стома, В. М. (2020). *Розвиток інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів природничо-математичних спеціальностей у процесі професійної підготовки*. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (кандидата педагогічних наук) за спеціальністю 01 – Освіта. 015 – Професійна освіта. Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Суми.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Asri, M.M., Anuar, A.D.K., Fadzlah, A.F.A., Wahab, N., Shukran, M.A., Khairuddin, M.A., Isa, M.R.M., Talib, M.L., Razali, M.N., Thanakodi, S., Noor, N.M., Nordin, N.H., & Hussain, R. (2019). Modeling Critical Successfulness Factors of Mobile Game Applications for Military Training. *Proceedings Paper Inspirational Scholar Symposium (ISS)* (pp. 371-378), Hatyai, Thailand.
2. Denkowska, S., Fijorek, K., & Wegrzyn, G. (2020). Formal and Non-Formal Education and Training As an Instrument Fostering Innovation and Competitiveness in EU Member Countries. *Journal of Competitiveness*, 12, 82-98. <https://doi.org/10.7441/joc.2020.03.05>.
3. Didenko, O.V., Androschuk, O. S., Maslii, O. M., Balendr, A. V., & Biliavets, S. Ya. (2020). Electronic educational resources for training future officers of border guard units. *Information Technologies and Learning Tools*, 80(6), 39–57. <https://doi.org/10.33407/itlt.v80i6.3816>.
4. Ferrari, A. (2012). Digital Competence in Practice: An Analysis of Frameworks. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2791/82116>.
5. García Rodríguez, C. C., Mosquera Dussán, O. L., Guzmán Pérez, D., Zamudio Palacios, J. E., & García Torres, J. A. (2021). Análisis de necesidades e implementación de tecnología de realidad virtual para entrenamiento y educación militar en Colombia. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 13(1), 8–18. <https://doi.org/10.22335/rict.v13i1.1271>.
6. Information Literacy Competency. Standards for Higher education. (2000). Chicago, Illinois, USA: American Library Association.
7. Kalenda, Ja., & Kočvarová, I. (2022). Participation in non-formal education in risk society. *International Journal of Lifelong Education*, 41(2), 146-167. <https://doi.org/10.1080/02601370.2020.1808102>.
8. Lee, D., Kim, D., Lee, C., Ahn, M. K., & Lee, W. (2022). ICSTASY: An Integrated Cybersecurity Training System for Military Personnel. *in IEEE Access*, 10, 62232-62246. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3182383>.
9. Levano-Francia, L., Sanchez Diaz, S., Guillén-Aparicio, P., Tello-Cabello, S., Herrera-Paico, N., & Collantes-Inga, Z. (2019). Competencias digitales y educación. *Propósitos Y Representaciones*, 7(2), 569–588. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.329>.
10. Maistrenko, O. V. (2021). Application of milchat software environment in military education taking into account the features of training during a pandemic. *Information Technologies and Learning Tools*, 84(4), 80–103. <https://doi.org/10.33407/itlt.v84i4.4198>.
11. Perehniak, I. V. (2021). Experience and prospects of ict application for professional training of ukrainian border guard specialists at the training center of the maritime guard. *Information Technologies and Learning Tools*, 83(3), 60–78. <https://doi.org/10.33407/itlt.v83i3.4181>.
12. Revuelta-Domínguez, F.-I., Guerra-Antequera, J., González-Pérez, A., Pedrera-Rodríguez, M.-I., & González-Fernández, A. (2022). Digital Teaching Competence: A Systematic Review. *Sustainability*, 14(11), 6428. <https://doi.org/10.3390/su14116428>.
13. Rodríguez-García, A.M., Cabrera, A.F., & Guerrero, A.J.M. (2019). Teaching digital competence for searching, selection, evaluation and storage of information. *Revista interuniversitaria de formacion del profesorado-rifop*, 94(3), 235-250.
14. Semenov, O., Semenikhina, O., Oleshko, P., Prima, R., Varava, O., & Pykaliuk, R. (2020). Formation of Media Educational Skills of a Future Teacher in the Professional Training. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 12(3), 219-245. <https://doi.org/10.18662/rrem/12.3/319>.
15. Spridzans, M., & Dzerviniks, Ja. (2019). The topicality of educators' digital competence development. *Society, Integration, Education. Proceedings of the International Scientific Conference*, 5, 513-524. <https://doi.org/10.17770/sie2019vol5.3839>.
16. Tuning educational structures in Europe, TUNING URL: <https://www.unideusto.org/tuningeu>. (дата звернення: 07.03.2022).
17. Ulmane-Ozolins, L., & Priedolina, M. (2017). Digital competence and blended learning. *3rd International Conference on Lifelong Education and Leadership for All (ICLEL)* (pp. 508-513), Politechnica Univ Porto, Porto, Portugal.

18. Valverde-Crespo, D., Pro-Bueno, A., & González-Sánchez, J. (2018). La competencia informacional-digital en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria obligatoria actual: una revisión teórica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2105. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2105.
19. Vermetten, E., Granek, J., Boland, H., ten Berge, E., Binsch, O., Carmi, L., Zohar, J., Wynn, G., & Jetly, R. (2020). Leveraging technology to improve military mental health: Novel uses of smartphone apps. *Journal of military veteran and family health*, 6, 36-43. <https://doi.org/10.3138/jmvfh.2019-0034>.
20. Yang, L., Zhang, Y., Zhang, Y., Liao, Y., Du, J., Geng, X. (2022). Research on Training Method of Information Processing Ability of Military Pilots. In: Long, S., Dhillon, B.S. (eds) *Man-Machine-Environment System Engineering: Proceedings of the 21st International Conference on MMESE. MMESE 2021. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 800. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5963-8_102
21. Balovsiak, N. V. (2004). Informatsiina kompetentnist fakhivtsia [Information competence of a specialist]. *Pedahohika i psykholohiia profesiinoi osvity – Pedagogy and psychology of professional education*, 5, 21–28. (in Ukrainian).
22. Bykov, V. Yu. (2008). *Modeli orhanizatsiinykh system vidkrytoi osvity [Models of organizational systems of open education]*. Kyiv: Atika. (in Ukrainian).
23. Drushlyak, M. G., Semenog, O. M., Hrona, H. B., Ponomarenko, H. P., & Semenikhina O. V. (2022). Typology of internet resources for the development of youth's infomedia literacy. *Information Technologies and Learning Tools*, 88(2), 1–22. <https://doi.org/10.33407/itlt.v88i2.4786>. (in Ukrainian).
24. Zhaldak, M., Lapinskyi V., & Shut M. (2006). Kompiuterno-orientovani zasoby navchannia matematyky, fizyky, informatyky [Computer-oriented means of teaching mathematics, physics, computer science]. *Informatyka – Informatics*, 3–4. Kyiv: Shkilnyi svit. (in Ukrainian).
25. *Zakon Ukrainy "Pro vyshchu osvitu" [Law of Ukraine "On Higher Education"]* vid 16.07.2014 r. № 37-38. <https://zakon.help/law/1556-VII/>. (in Ukrainian).
26. *Zakon Ukrainy "Pro informatsiiu" [Law of Ukraine "On Information"]* vid 02.10.1992r. № 2658-XII. (редакція від 16.06.2020 р. № 692-IX.) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12#Text>. (in Ukrainian).
27. *Kontsepsiia rozvytku tsyfrovyykh kompetentnostei [Concept of development of digital competences]* (2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text>. (in Ukrainian).
28. Lukianova, L.B. (2016). *Pidhotovka pedahohichnoho personalu dlia roboty z doroslymy: teoretychnyi i metodychnyi aspekty [Training of teaching staff to work with adults: theoretical and methodical aspects]*. K.: IPOOD NAPN Ukrainy. https://lib.iitta.gov.ua/710017/1/2016_monograph_Lukianova.pdf. (in Ukrainian).
29. Morze, N., Bazeliuk, O., Vorotnykova, I., Dementiievska, N., Zakhar, O., Nanaieva, T., Pasichnyk, O., Chernikova, L. (2019). Opys tsyfrovoy kompetentnosti pedahohichnoho pratsivnyka: proiekt [Description of the digital competence of the pedagogical worker: the project]. *Vidkryte osvittie e-seredovyshe suchasnoho universytetu – Open educational e-environment of a modern university*, Vyp. spetsvyp., 1-53. (in Ukrainian).
30. Nova ukrainska shkola [New Ukrainian School] (2016). *Kontseptualni zasady reformuvannia serednoi shkoly – Conceptual principles of secondary school reform*. Rishenniam kolehii MON vid 27.10.2016 r. <https://mon.gov.ua/ua/tag/nova-ukrainska-shkola>. (in Ukrainian).
31. Semenikhina, O., & Drushlyak, M. (2022). Typolohiia tsyfrovyykh tekhnolohii inkluzyvnoho osvitnoho prostoru [Typology of digital technologies of inclusive educational space]. *Fizyko-matematychna osvita –Physical and Mathematical Education*, 35(3), 65-70. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-035-3-009>. (in Ukrainian).
32. Semenikhina, O. V., Yurchenko, A. O., Sbruieva, A. A., Kuzminskyi, A. I., Kuchai, O. V., & Bida, O. A. (2020). The open digital educational resources in IT-technologies: quantity analysis. *Information Technologies and Learning Tools*, 75(1), 331–348. <https://doi.org/10.33407/itlt.v75i1.3114>. (in Ukrainian).
33. Spirin, O. M. (2010). Information and communication and informatic competences as komponents of the system of professional-specialized competences of informatics teacher. *Information Technologies and Learning Tools*, 13(5), <https://doi.org/10.33407/itlt.v13i5.183>. (in Ukrainian).
34. Standart vyshchoi osvity Ukrainy [Standard of higher education of Ukraine] (2022). Pershyi (bakalavrskyi) riven vyshchoi osvity. Haluz znan - 27 Transport, spetsialnist - 271 Richkovyi ta morskyy transport. Standart vyshchoi osvity zatverdzheno ta vvedeno v diiu nakazom Ministerstva osvity i nauky Ukrainy vid 13.11.2018 № 1239. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/2022/Standarty.Vyshchoyi.Osvity/Zatverdzeni.Standarty/01/31/271-Richk.ta.morsk.transp-bak.31.01.22.pdf>. (in Ukrainian).
35. Stoma, V. M. (2020). *Rozvytok informatsiino-tsyfrovoy kompetentnosti maibutnikh uchyteliv pryrodnycho-matematychnykh spetsialnostei u protsesi profesiinoi pidhotovky [Development of information and digital competence of future teachers of natural and mathematical specialties in the process of professional training]*. Dysertatsiia na zdobuttia naukovooho stupenia doktora filosofii (kandydata pedahohichnykh nauk) za spetsialnistiu 01 – Osvita. 015 – Profesiina osvita. Sumskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet imeni A. S. Makarenka, Sumy. (in Ukrainian).



АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Б		Н	
Биков В.	7	Нічишина В.	16
Ботузова Ю.	16		
Буров О.	7	П	
Буртовий Р.	70	Пінчук О.	7
		Працьовитий М.	64
В			
Вороніна М.	38	Р	
		Ріжняк Р.	16
Г			
Глазунова О.	26	С	
Гонгало Н.	32	Саяпіна Т.	26
Гончаренко Я.	64	Семенов О.	70
Д		Т	
Деордіца Т.	38	Толмачов В.	38
Друшляк М.	57	Требенко О.	64
Є		Х	
Єпіфанова О.	38	Хворостіна Ю.	57
К		Ш	
Корольчук В.	26	Шкільний О.	64
Кузьменков С.	46		
		Ю	
Л		Юрченко А.	70
Лобода В.	51		
Лукашова Т.	57	Я	
Лупаренко Л.	7	Яцишин А.	7

Наукове видання

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА

Науковий журнал

Key title: Fiziko-matematična osvita

Abbreviated key title: Fiz.-mat. osv.

Том 36, № 4

2022

Друкується в авторській редакції
Матеріали подані мовою оригіналу

Відповідальний за випуск

О.В. Семеніхіна

Комп'ютерна верстка

О.М. Удовиченко

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
КВ № 22304 – 12204Р від 29.08.2016 р.

Фізико-математичний факультет
СумДПУ імені А.С. Макаренка
вул. Роменська, 87
м. Суми, 40002
тел. (0542) 68 59 10

<https://fmo-journal.org/>