

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 33, № 1

Суми – 2022

**Рекомендовано до видання вченою радою
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
(протокол №7 від 28.02.2022 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)
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)
М.Г. Друшляк	доктор педагогічних наук, доцент (Україна)
Т.Д. Лукашова	доктор фізико-математичних наук, доцент (Україна)
О.О. Пипка	доктор фізико-математичних наук, доцент (Україна)
О.В. Школьнік	доктор педагогічних наук, доцент (Україна)
В.О. Швець	кандидат педагогічних наук, професор (Україна)
А.М. Добровольська	кандидат фізико-математичних наук, доцент (Україна)
В.Г. Шамо́ня	кандидат фізико-математичних наук, доцент (Україна)

Ф45 Фізико-математична освіта : науковий журнал. Том 33, № 1. 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. 64 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. 33, № 1

Sumy – 2022

**Recommended for publication of the Academic Council
of Makarenko Sumy State Pedagogical University
(protocol №7 from 28.02.2022)**

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)
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. Osyypova	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)
M.G. Drushlyak	Doctor of Pedagogical Sciences, Associate 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)
O.O. Shkolnyi	Doctor of Pedagogical 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. Shamonina	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Associate Professor (Ukraine)

F 45 Physical and Mathematical Education : Scientific Journal. Vol. 33, № 1. Makarenko Sumy State Pedagogical University, Physics and Mathematics Faculty ; O.V. Semenikhina (chief editor). Sumy : [Makarenko Sumy State Pedagogical University], 2022. 64 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

Здешиц В., Здешиц А., Черних А.	7
ВИМІРЮВАННЯ СИЛИ ВІДРИВУ ДИСКА ВІД РІДИНИ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ..	7
Косовець О., Соя О., Крупський Я., Тютюн Л.....	14
ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ	
ІНФОРМАТИЦІ ТА МАТЕМАТИЦІ.....	14
Лукашова Т., Друшляк М.	20
ПРО РOLЬ І МІСЦЕ КУРСУ “АЛГЕБРА І ТЕОРІЯ ЧИСЕЛ” В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ	
МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ.....	20
Обіход Т.....	26
ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОГО МАТЕМАТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ФІЗИКИ ..	26
Олефіренко Н., Андрієвська В.	30
ОЗНАЙОМЛЕННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ	
З СУЧАСНИМИ ОСВІТНІМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ	30
Петрук В., Семеніхіна О., Сабадош Ю.....	36
НОВІ ПІДХОДИ ДО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ	
ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ	36
Савіцька В., Кричківська О.	43
ГЕЙМИФІКАЦІЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ: ТРИЄДНІСТЬ RVL ЯК ІНСТРУМЕНТ МОДЕРНІЗАЦІЇ	
ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ	43
Ситняківська С., Ілліна О.	48
МІЖНАРОДНІ ТА ВІТЧИЗНЯНІ ПРАКТИКИ РОБОТИ АСИСТЕНТА ПЕДАГОГА	48
Туранов Ю., Рак В., Луцик І., Франко Ю.	52
ЗМІНИ В ТЕНДЕНЦІЯХ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ	
ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ПРОФЕСІЙНОЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ	52
Швець В., Першина Н.	57
ФОРМУВАННЯ УМІНЬ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС РОЗВ’ЯЗУВАННЯ	
ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ ЕКОНОМІЧНОГО ЗМІСТУ	57

CONTENTS

Zdeshchyts V., Zdeshchyts A., Chernych A.	7
MEASUREMENT OF THE SEPARATION FORCE OF THE DISC FROM THE LIQUID IN DISTANCE LEARNING CONDITIONS	7
Kosovets O., Soia O., Krupskyi Ya., Tyutyun L.	14
DIGITAL TECHNOLOGIES AS A MEANS OF ADAPTIVE LEARNING FOR HIGHER EDUCATION INFORMATICS AND MATHEMATICS	14
Lukashova T., Drushlyak M.	20
ON THE ROLE AND PLACE OF THE COURSE "ALGEBRA AND NUMBER THEORY" IN THE SYSTEM OF THE PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHER TRAINING	20
Obikhod T.	26
FORMATION OF MODERN MATHEMATICAL APPROACH TO SOLVING PROBLEMS OF PHYSICS	26
Olefrenko N., Andriievska V.	30
FAMILIARIZATION OF PRE-SERVICE COMPUTER SCIENCE TEACHERS WITH MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES	30
Petruk V., Semenikhina O., Sabadosh Yu.	36
NEW APPROACHES TO THE STATISTICAL ANALYSIS OF THE RESULTS OF PEDAGOGICAL EXPERIMENT	36
Savitska V., Krychkivska O.	43
HIGHER EDUCATION GAMIFICATION: THE TRINITY OF PBL AS A TOOL FOR EDUCATIONAL PROCESS MODERNIZATION.....	43
Sytyniakovska S., Illina O.	48
INTERNATIONAL AND DOMESTIC PRACTICES OF ASSISTANT TEACHER'S WORK	48
Turanov Yu., Rak V., Lutsyk I., Franko Yu.	52
CHANGES IN THE TRENDS IN THE USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TOOLS FOR FUTURE PROFESSIONAL AND TECHNOLOGICAL EDUCATION SPECIALISTS	52
Shvets V., Pershyna N.	57
FORMATION OF MATHEMATICAL MODELING SKILLS DURING SOLVING APPLIED PROBLEMS OF ECONOMIC CONTENT	57

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 10.31110/2413-1571-2022-033-1-001

УДК 37.016:53

ВИМІРЮВАННЯ СИЛИ ВІДРИВУ ДИСКА ВІД РІДИНИ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Валерій ЗДЕЩИЦ

Криворізький державний педагогічний університет,
 Кривий Ріг, Україна
valeriy.zdeschits@kdpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-2404-8979>

Анастасія ЗДЕЩИЦ ✉

Криворізький державний педагогічний університет,
 Кривий Ріг, Україна
a.v.zdeschychts@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5092-6918>

Анастасія ЧЕРНИХ

Криворізький державний педагогічний університет,
 Кривий Ріг, Україна
anastasiya2002g@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3658-260X>

MEASUREMENT OF THE SEPARATION FORCE OF THE DISC FROM THE LIQUID IN DISTANCE LEARNING CONDITIONS

Valery ZDESHCHYTS

Kyryvi Rih State Pedagogical University,
 Kyryvi Rih, Ukraine
valeriy.zdeschits@kdpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-2404-8979>

Anastasia ZDESHCHYTS ✉

Kyryvi Rih State Pedagogical University,
 Kyryvi Rih, Ukraine
a.v.zdeschychts@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5092-6918>

Anastasia CHERNYCH

Kyryvi Rih State Pedagogical University,
 Kyryvi Rih, Ukraine
anastasiya2002g@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3658-260X>

АНОТАЦІЯ

Розглянуто методику проведення дистанційної лабораторної роботи з фізики, яка використовує саморобну дослідницьку установку для визначення функціональної залежності сили відливу диска, який дотикається до рідини плоскою поверхнею, від величини площі диска та його периметру.

Формулювання проблеми. Рівняння Юнга зв'язує кут змочування θ і коефіцієнти поверхневого натягу σ на межі середовищ. З цього рівняння випливає, що макроскопічний параметр θ не залежить від властивостей молекул, а уявлення про силову поле між молекулами враховується тільки на лінії їх розмежування. Тому студенти роблять помилковий висновок, що сили міжмолекулярної взаємодії діють тільки на лінії розмежування середовищ. Отже, виконання лабораторної роботи за вищенаведеною тематикою вирішує цю проблему.

Матеріали і методи. Поставлена мета: визначення функціональної залежності сили відливу диска, який доторкається до рідини плоскою поверхнею, від величини площі диска, наявності в ньому отворів та його периметру – вирішувалася за допомогою розробленої дослідницької установки. Для вимірювання величини сили відливу використовувався метод важеля.

Результати. Залежність сили відливу від периметра диска (лінії розмежування рідини і твердого тіла) виявилася нелінійною і прямо пропорційною змоченої площі. Коефіцієнт пропорційності склав величину $\beta \approx 40 \text{ N/m}^2$.

Висновки. 1) Сила відливу диска від поверхні води непропорційна периметру диска. Це доводить той факт, що поверхневий натяг рідини як особлива реально діюча сила себе у цьому досліді не проявляє. 2) Незмінність величини сили відливу одного і того ж диска при збільшенні кількості виконаних в ньому отворів і залежність сили відливу тільки від площі поверхні цільного диска доводить той факт, що в утриманні диска беруть участь всі молекули, що знаходяться в контактному шарі диска і рідини.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: дистанційне навчання; лабораторна робота; поверхневий натяг; сила відливу.

ABSTRACT

The method of remote laboratory work in physics is considered, which uses a self-made research installation to determine the functional dependence of the force of separation of the disk that touches the liquid with a flat surface, from the size of the disk area and its perimeter.

Formulation of the problem. Jung's equation connects the wetting angle θ and the coefficients of surface tension σ at the limit of the environments. It follows from this equation that the macroscopic parameter θ does not depend on the properties of molecules, and the idea of the force field between molecules is taken into account only on the line of their delimitation. Therefore, students erroneously conclude that the intermolecular force act only on the line of delimitation of environments. Thus, the implementation of laboratory work on the above topics solves this problem.

Materials and methods. The goal: to determine the functional dependence of the separation force of the disk that touches the liquid with a flat surface from the size of the disk area, the presence of holes in it, and its perimeter - was solved by using a developed research installation. To measure the value of the separation force the lever method was used.

Results. The dependence of the separation force from the perimeter of the disk (the line between the liquid and solid) was nonlinear and directly proportional to the wetted area. The coefficient of proportionality was $\beta \approx 40 \text{ N/m}^2$.

Conclusions. 1) The force of separation of the disk from the water surface is disproportionate to the perimeter of the disk. This proves the fact that the surface tension of the fluid as a special real acting force does not express itself in this experiment. 2) The invariance of the value of the separation force of the same disk with an increasing number of holes made in it and the dependence of the separation force only on the surface area of the entire disk proves the fact that all the molecules contained in the contact layer of disk and liquid take part in holding the disk.

KEYWORDS: distance learning; laboratory work; surface tension; separation force.

Для цитування:

Здещич В., Здещич А., Черних А. Вимірювання сили відливу диска від рідини в умовах дистанційного навчання. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33, № 1. С. 7-13. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-001

Здещич В., Здещич А., Черних А. (2022). Вимірювання сили відливу диска від рідини в умовах дистанційного навчання. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 7-13. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-001>

For citation:

Zdeschychts, V., Zdeschychts, A., & Chernych, A. (2022). Measurement of the separation force of the disc from the liquid in distance learning conditions. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 7-13. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-001>

Zdeschychts, V., Zdeschychts, A., & Chernych, A. (2022). Vymiruvannya sily vidryvu dyska vid ridyny v umovakh dystantsiynoho navchannia [Measurement of the separation force of the disc from the liquid in distance learning conditions]. *Fiziko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 33(1), 7-13. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-001>

ВСТУП

Постановка проблеми. Класична теорія явищ на межі рідини і твердого тіла базується на двох константах: коефіцієнті поверхневого натягу рідини σ і куті змочування рідиною твердого тіла θ . Однак ці "константи" залежать від цілого ряду додаткових обставин. Так, на величину конкретного кута змочування впливає більше десятка параметрів (Горюнов & Сумм, 1976). Цей кут залежить від суперпозиції ряду явищ і процесів і повинен бути кінцевим результатом обчислення, що відображає реакцію рідини на суму всіх зовнішніх впливів, а не основою для подальших розрахунків.

Під час викладання студентам навчального матеріалу нюанси визначення кута, як правило, випадають з розгляду, і в більшості випадків завдання зводяться до варіантів повного змочування або повного не змочування поверхонь; складна крива поверхні рідини в капілярі замінюється сферичною, а при розгляді рівноваги краплі на поверхні в якості незалежної змінної величини вводиться площа основи краплі, що обчислюється з її радіусу. Витоки таких спрощень лежать в способі отримання відомого рівняння Юнга (1804 р.), що зв'язує кут змочування θ і коефіцієнт поверхневого натягу σ на межі середовищ (Ландау & Лифшиц, 1964):

$$\cos \theta = (\sigma_{SG} - \sigma_{SL}) / \sigma_{LG}, \quad (1)$$

де нижні пари індексів відносяться до пар речовин, які контактують, на межі між якими вимірюється або обчислюється поверхневий натяг; S – тверда поверхня; L – рідина; G – газ.

Як видно з цього рівняння макроскопічний параметр θ_0 не залежить від властивостей молекул, а уявлення про силове поле між молекулами враховується тільки на лінії їх розмежування. Тому з постановки і трактування результатів експериментів по визначенню коефіцієнта поверхневого натягу рідини студенти роблять помилковий висновок, що сила діє тільки по лінії змочування. Взаємодія всіх інших молекул рідини і твердого тіла на контактуючих поверхнях з їх поля зору випадає. Це є дидактичною проблемою, і цей підхід до вивчення адгезії та когезії речовин (без урахування досить суттєвих поправок) треба виправляти.

Роль об'ємних і поверхневих сил при взаємодії рідини з твердим тілом можна з'ясувати, провівши два досліді: 1) з вимірювання величини сили відриву поверхні плоского тіла від рідини та 2) з ниткою у вигляді петлі. Простота постановки дослідів, можливість копіювання розробленого нами обладнання, доступність матеріалів дозволяє студентам досліджувати явища на межі двох середовищ не тільки в лабораторних умовах, а й дистанційно.

Аналіз актуальних досліджень. Розуміння міжмолекулярних взаємодій є ключовим для досягнення контролю над матеріалами на молекулярному рівні. Ці знання є важливими для нанотехнологій, а також різних галузей фізики. Базою для розуміння процесів, які відбуваються при взаємодії тіл на молекулярному рівні, є термінологія. У сучасній фізиці сили, які діють між поверхнями макроскопічних тіл через третє середовище (наприклад, вакуум і пару) називають поверхневими силами, тоді як сили, які діють для утримання двох тіл при контакті називають силами зчеплення. І в тому і в іншому випадку це, більшою мірою, сили Ван-дер-Ваальса, які можуть бути притягальними, відштовхувальними або дорівнювати нулю (Fabio et al., 2012).

Під адгезією розуміють взаємодію між приведеними в контакт поверхнями двох конденсованих (рідких або твердих) фаз різної природи. Сили взаємодії між молекулами двох різних конденсованих фаз називають силами адгезії. Під когезією розуміють взаємодію молекул усередині однієї конденсованої фази, тобто когезія – це внутріфазне явище. Сили зчеплення між молекулами всередині конденсованої фази (рідини або твердого тіла) називають силами когезії. "Кількісною характеристикою адгезійних і когезійних сил є робота адгезії і когезії, відповідно. Робота когезії дорівнює енергії, яка витрачається на оборотний ізотермічний розрив тіла по перерізу, рівному одиниці площі" (Прохоров, 1984). Як бачимо, при ясному фізичному сенсі терміна адгезії як сили відриву одного середовища від іншого навіть у фізичній енциклопедії (Прохоров, 1984) наводиться його визначення через роботу зміни поверхневої енергії контактуючих тіл. Таким чином, замість прямого вимірювання сили відриву середовищ використовуються три вищезазначених непрямих значень поверхневих натягів σ_{LG} , σ_{SG} , σ_{SL} плюс кут змочування θ .

Для визначення характеристик змочування застосовується також термін сили адгезійного натягу, тобто тангенціальної сили, що діє з боку твердого тіла на одиницю довжини лінії змочування. В роботі (Jonson, 1969) зроблена спроба прямого вимірювання цієї сили в експерименті з витягування із рідини плоскої пластини, встановленої вертикально.

Необхідно відзначити, що за 217 років існування рівняння (1) не отримано достатньо повного його експериментального підтвердження (Горюнов & Сумм, 1976). У публікаціях (Bikerman, 1958) справедливості цього рівняння ставиться під сумнів. В роботі (Eid et al., 2018) доводиться вплив шорсткості та хімічного складу поверхні на форму крапель води та кут контакту θ , чого не має бути згідно рівняння (1).

Сучасні вимірювання сили взаємодії між молекулами ведуться з використанням атомно-силової мікроскопії. За допомогою такого експериментального методу, як атомна силова спектроскопія (AFS), тепер можна точно виміряти сили міжмолекулярної взаємодії, що надає інформацію про такі властивості матеріалу, як еластичність, твердість та зчеплення (Fabio et al., 2012). Ця робота містить теоретичне та експериментальне підґрунтя AFS, експериментальні результати щодо сили зчеплення, міжмолекулярних взаємодій та поверхневих сил у повітрі, вакуумі та розчині. Отже, дослідження молекулярних сил є актуальними. Тому актуальним є і підготовка фахівців в тій області науки, а також пошук більш досконалої методики представлення явищ на межі двох (або трьох) середовищ. Для цього необхідні більш ретельний аналіз відомих фактів і нові, більш досконалі методи визначення ролі об'ємних і поверхневих сил при взаємодії рідини з твердим тілом.

Мета статті. Метою статті є визначення функціональної залежності сили відриву диску, який доторкається до рідини плоскою поверхнею, від величини площі диску, наявності в ньому отворів та його периметру.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для визначення залежності коефіцієнта поверхневого натягу рідини від температури у роботі (Здешиц, 2020) застосовується метод важеля, роль якого виконує прямолінійний алюмінієвий дріт. Дріт виконує дві функції: він є вагами і водночас аналогом дрютяної рамки, яку зазвичай витягують з рідини для вимірювання коефіцієнту її поверхневого натягу. Рівень рідини встановлюють на 1-1,5 мм нижче гострого краю посудини. При торканні води дротом утворюється тонка плівка рідини завширшки L_1 (рис. 1а).

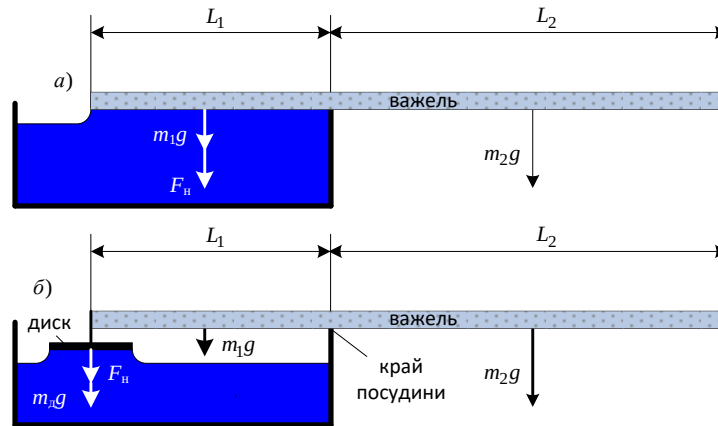


Рис. 1. Схема установки для вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу та сили відриву плоского тіла

Вздовж поверхні плівки діє сила поверхневого натягу $\vec{F}_n$, модуль якої дорівнює:

$$F_n = 2L_1\sigma \quad (1)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу. Множник 2 з'являється тому, що плівка має дві поверхні.

Нехай m – маса дроту, $L = L_1 + L_2$ – довжина дроту, m/L – маса одиниці довжини дроту. Запишемо умову рівноваги дроту щодо краю посудини, тобто рівність моментів сил:

$$(F_n + m_1g) \frac{L_1}{2} = m_2g \frac{L_2}{2}. \quad (2)$$

Підставимо в (2) силу поверхневого натягу (1), маси: $m_1 = \frac{L_1m}{L}$, $m_2 = \frac{L_2m}{L}$, $m = \rho V = \frac{\rho\pi d^2 L}{4}$ і виразимо коефіцієнт поверхневого натягу σ . Тоді остаточно отримаємо розрахункову формулу:

$$\sigma = \frac{mg}{2L} \left[\left(\frac{L_2}{L_1} \right)^2 - 1 \right] = \frac{\rho\pi d^2 g}{8} \frac{L}{L_1} \left(\frac{L_2}{L_1} - 1 \right). \quad (3)$$

Величини L та $L_1 = L - L_2$ вимірюються лінійкою, а діаметр дроту d – мікрометром. При відсутності мікрометра значення d визначаємо за допомогою смартфона, фотографуючи алюмінієвий дріт на фоні лінійки.

В умовах дистанційного навчання роль алюмінієвого дроту може виконувати кавава трубочка (соломинка для коктейлів) діаметром 4,8 мм. Прямолінійна ділянка трубочки – важеля складає 160 мм, маса 0,4 г. Досліди показали, що при кімнатній температурі $L_2 = 116$ мм, тобто $L_1 = 44$ мм. За формулою (3) величина $\sigma = 0,073$ Н/м, що підтверджує працездатність методу. Оскільки маса трубки невелика – чутливість методу висока. Тому цей прилад можна застосувати для розв'язання іншої задачі, а саме, вимірювання величини сили відриву поверхні плоского тіла від рідини (рис. 1б). Чому актуальна ця задача для студента, який вивчає тему поверхневого натягу рідини?

Відповідно до класичних уявлень за силову взаємодію під час відриву поверхні плоского тіла від рідини відповідають сили поверхневого натягу, і максимальна сила відриву, наприклад, плоского диска вагою m_dg від поверхні рідини пропорційна периметру круга πd і поверхневому натягу σ (Григорьев, 1991):

$$F = m_dg + \pi d \cdot \sigma \cdot \cos \theta, \quad (4)$$

де θ – крайовий кут у кромки диска.

Сила відриву досягає максимального значення при вертикальному напрямку поверхні рідини, тобто коли $\theta = 0$. Взагалі кажучи, сила взаємодії повинна б залежати від властивостей кожної з речовин, які контактують, але це не відображається у формулі (4). Тому такі пояснення фізики процесу відриву плоскої поверхні від рідини студентам не зрозумілі. У загальному випадку сумарна сила відриву тіла вагою m_dg повинна складатися з поверхневої сили, пропорційної периметру тіла, що виймається з рідини, і сили, що залежить від площі поверхні (Іголкин, 2007):

$$F = m_dg + k\sigma P + \beta S, \quad (5)$$

де k – поправковий коефіцієнт поверхневого натягу рідини; P – периметр, вздовж якого відбувається змочування твердого тіла; β – коефіцієнт пропорційності; S – площа змоченої поверхні.

У довідниках наведені значення коефіцієнтів поверхневого натягу рідин, які межують зі своєю парою. Коефіцієнти поверхневого натягу рідини, що межує зі своєю парою та з іншою густішою речовиною, значно різняться між

собою. Тому не можна довідкові значення використовувати без врахування умов контакту. Значення σ на межі двох рідин або на межі рідина–тверде тіло завжди менші, ніж у випадку вільної поверхні рідини, коли вона межує з власною паровою (Якібчук Клим, с. 427, 2013). Це цілком природно, оскільки молекули речовини взаємодіють з молекулами поверхневого шару рідини і послаблюють сили, які втягують молекули всередину рідини. Так, мило зменшує поверхневий натяг води. Розчин цукру, розчини різних солей збільшують поверхневий натяг рідин. Отже, коефіцієнт поверхневого натягу повинен мати два індекси, перший з яких відноситься до рідини, а інший – до середовища, з яким межує її вільна поверхня, або це враховувати, використовуючи коефіцієнт k .

Використовуючи “метод важеля” студент самотужки та, головне, дистанційно може дослідити функціональну залежність (5) від параметрів контактуючого з рідиною тіла: його площі контакту, периметру тощо. Запишемо умову рівноваги важеля (рис. 16):

$$(F_H + m_d g) L_1 + \left(\frac{L_1}{L} m g \right) \cdot \frac{L_1}{2} = \left(\frac{L_2}{L} m g \right) \cdot \frac{L_2}{2}.$$

Звідси

$$F_H \cdot L_1 = \left(\frac{L_2}{L} m g \right) \cdot \frac{L_2}{2} - \left(\frac{L_1}{L} m g \right) \cdot \frac{L_1}{2} - m_d g L_1 = \frac{m g}{2 L} (L_2^2 - L_1^2) - m_d g L_1 = \frac{m g (L_2 - L_1)}{2} - m_d g L_1,$$

або

$$F_H = 0,5 m g \left(\frac{L_2}{L_1} - 1 \right) - m_d g. \quad (6)$$

Якщо $m_d g \ll F_H$, тоді

$$f = \frac{F_H}{m g} = 0,5 \left(\frac{L_2}{L_1} - 1 \right). \quad (7)$$

$$F_H = 0,5 m g \left(\frac{L_2}{L_1} - 1 \right). \quad (8)$$

Отже, для обчислення сили поверхневого натягу $f = \frac{F_H}{m g}$ потрібно знати масу важеля m та відношення довжин

$\frac{L_2}{L_1}$. Вимірювання можна проводити з набором пластин різної форми і площі, тіл з незвичайною формою, наприклад

дисків з декількома отворами різного діаметру і т. і. Можна визначати силу відриву тіл, виготовлених з різних матеріалів. Варіювання в широких межах абсолютних розмірів, форми, стану поверхні і хімічного складу тіл, що випробовуються, є принциповою відмінністю цих експериментів від аналогічних “класичних” дослідів.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Робота носить теоретичний та прикладний характер. Методологічно робота базувалася на відомих законах класичної механіки, законі збереження енергії. Її основні науково-практичні результати отримані з використанням відеореєстрації та цифрових технологій обробки результатів експериментів. Для вимірювання величини сили відриву поверхні плоского тіла від рідини використовувалися статичні методи – метод важеля, а також метод висячої краплі.

Традиційно для визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини використовують статичні методи: метод вимірювання висоти підняття меніска в капілярі, метод Вільгельми, метод лежачої краплі, метод визначення σ за формою висячої краплі, метод краплі, яка обертається, і динамічні методи – метод дю Нуї (метод відриву кільця), сталагмометричний, або метод рахунку крапель, метод максимального тиску бульбашки, метод осцилюючого струменя, метод стоячих хвиль, метод біжучих хвиль і т.д.

Наприклад, метод відриву кільця є класичним. Суть методу впливає з назви. Кільце з платиного дроту, площа якого паралельна поверхні рідини, повільно піднімають з рідини, що змочує його. Зусилля в момент відриву кільця від поверхні і є силою поверхневого натягу, яка може бути перерахована в поверхневу енергію. Метод підходить для вимірювання поверхневого натягу ПАР, трансформаторних масел і т.д. Для вимірювання величини поверхневого натягу рідин використовується тензіометр дю Нуї. Принцип дії тензіометра полягає у вимірюванні сили відриву дріотного кільця з платіноіридієвого сплаву від поверхні розділу рідина–повітря. Сила відриву вимірюється в умовних одиницях, потім проводиться обчислення за формулами, що дозволяє отримати значення натягу в мілліньютонх на метр (мН / м).

У ряді дослідів тіло з плоским змочуваним днищем (циліндр) опускалося в посудину з водою, врівноважений на вагах. Після занурення всієї поверхні в процесі вертикального підйому вимірювалася сила відриву F твердої площини від поверхні рідини (Іголкин, 2007).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

З врахуванням того, що досліди студенти будуть робити вдома, за плоскі тверді тіла було вибрано прозорі пластмасові диски з полімерної плівки товщиною 270 мкм (рис. 2 а). По центру диска приклеювалося тонке кільце від кавової трубочки, в яке вставлявся алюмінієвий дріт – важіль (рис. 2 б). Маса алюмінієвого важеля складала 7,645 грам, діаметр $\varnothing 3,5$ мм, довжина 323 мм. Маса дисків була 0,071 – 1,384 г в залежності від діаметрів дисків $d = 15 - 70$ мм. Максимальна сила відриву визначалася, коли відбувався відрив диска від поверхні рідини. Для цього відрізок важеля довжиною L_2 збільшувався до моменту відриву. Метою дослідів було визначення залежності сили відриву від 1) площі поверхні тонких дисків, що виготовлені з різних матеріалів та торкаються поверхні рідини, 2) їх периметру, 3) наявності отворів в дисках. Результати дослідів наведені в табл. 1, графіках залежностей на рис. 3-6.

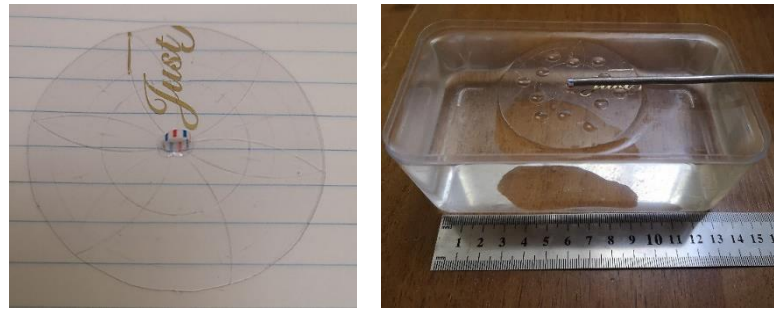


Рис. 2. Фото установки з важелем та диском

Таблиця 1

Результати вимірювання сили відриву F_H дисків з полімерної плівки від поверхні води

m_d , г	Діаметр диска, мм	Площа диска, мм ²	Периметр диска, мм	L_2 , мм	L_1 , мм	L_2/L_1	F_H , мН
0,071	15	176,7	47,1	174	149	1,17	5,68
0,137	20	314,16	62,8	185	138	1,34	11,41
0,26	30	706,86	94,3	201	122	1,65	21,75
0,458	40	1256,64	125,7	225	98	2,30	44,11
0,71	50	1963,5	157,1	241	82	2,94	65,75
1,002	60	2827,4	188,5	260	63	4,13	107,43
1,384	70	3848,45	219,9	273	50	5,46	153,67
1,091*	60	2827,4	188,5	259	64	4,05	103,55

*- полімерна плівка, покрита знизу Al плівкою

Як видно з рис. 3 лінійної залежності $F = \sigma \cdot l$ не існує (l в даному випадку – периметр). Тобто, сила поверхневого натягу під час підйому диска не працює, “виключена”. Графік на рис. 4 лінійний, тобто сила відриву диска від рідини прямо пропорційно залежить від площі диску. Це доводить, що сила відриву визначається об’ємними силами взаємодії молекул рідини зі всіма молекулами твердого тіла, а не тільки вздовж лінії розмежування. З рівняння лінії на рис. 4 визначено, що коефіцієнт пропорційності в рівнянні (5) $\beta \approx 40 \text{ Н / м}^2$, що узгоджується з результатами дослідів $\beta \approx 45 \text{ Н / м}^2$, наведених в роботі (Іголкин, 2007).

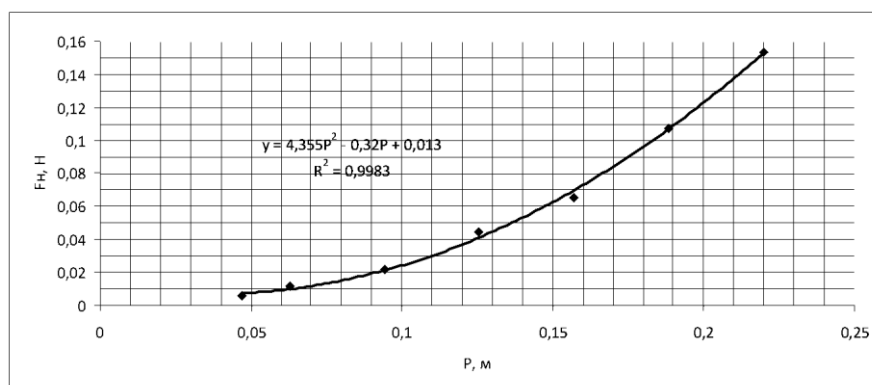


Рис. 3. Графік залежності сили відриву F_H від периметра диску $P = \pi d$

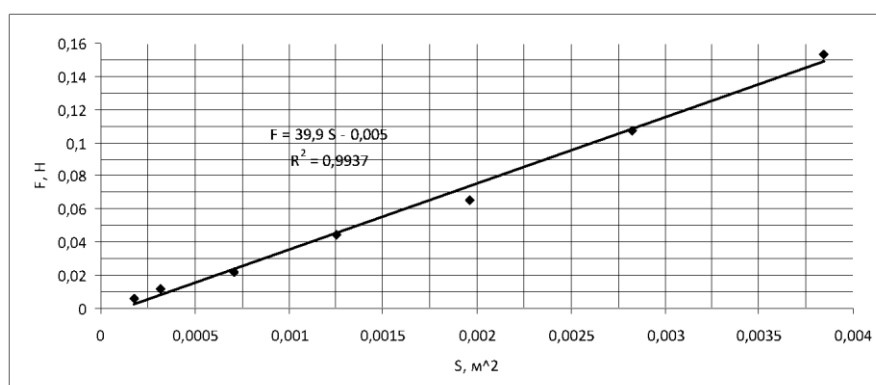


Рис. 4. Графік залежності сили відриву F_H від площі контактної поверхні диску $S = \pi d^2 / 4$

Крім пари вода – полімерна плівка, коефіцієнт β може бути визначений і для інших матеріалів. Так, якщо поверхню полімерного диску покрити знизу Al фольгою та провести ті ж досліди, тоді отримуємо коефіцієнт $\beta = 40 \text{ Н/м}^2$ (див. табл. 1). Для пари вода—скло $\beta = 38 \text{ Н/м}^2$, пари сталь—вода $\beta = 42 \text{ Н/м}^2$, для пари вода—латунь $\beta = 16 \text{ Н/м}^2$ (Іголкин, 2007). З цього можна зробити висновок, що коефіцієнти β для матеріалів, які добре змочуються, прямують до граничного значення $\beta \approx 40 \text{ Н/м}^2$, який визначається міцністю зв'язків молекул рідини між собою.

Щоб довести, що значення коефіцієнта β є константою і визначається не взаємодією фаз – твердого тіла і рідини, – а міцністю зв'язків молекул рідини між собою, в дисках дираколом робилися однакові отвори $\varnothing 6 \text{ мм}$ (див. рис. 2 б). Для симетрії отвори пробивали парами з різних боків геометричної осі диска. Площа диска діаметром $\varnothing 60 \text{ мм}$ при цьому зменшувалася, а довжина границі розмежування (периметр взаємодії) – збільшувалася. При пробитті 20 отворів в диску його площа зменшилася на 20%, а периметр з P_0 за рахунок отворів зріс і став рівним $3 P_0$. Проте сила відриву від води суцільного диску $F_0 = 96 \text{ мН}$ і перфорованого не змінилася. Це свідчить про те, що відповідальними за зчеплення є всі молекули води, які знаходяться під диском. Саме вони шляхом перерозподілу сил зчеплення в просторі зберігають майже незмінною величину сили відриву диску від рідини.

Пояснити виявлений зв'язок сили відриву та геометричних характеристик диску: периметру і площі – можна парною потенційною функцією взаємодії молекул, що описується, потенціалом Леннарда-Джонса. Ця силова взаємодія існує для будь-яких молекул. Потенційна функція подібна для всіх однакових пар молекул, де б вони не знаходилися. Для розрахунку сили взаємодії поверхонь рідких і твердих тіл досить визначення величини сил міжмолекулярної взаємодії між усіма молекулами рідини у всьому об'ємі рідини, а не тільки на границі твердого тіла з вільною поверхнею рідини.

Доповнити цей висновок можна виконавши досліди з краплею води, що висить на стелі, де вона утримується не поверхневими силами викривленої лінії розмежування рідини з повітрям, а адгезійною силою на всій площі контакту рідини з твердим тілом в поєднанні з об'ємним розтягуванням усієї маси краплі (рис. 5).

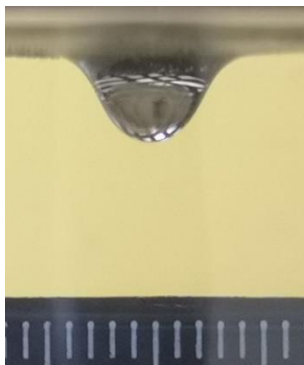


Рис. 5. Форма висячої краплі перед падінням (діаметр основи 8 мм)

Форма поверхні краплі є наслідком перерозподілу внутрішніх напружень починаючи від межі різнорідних середовищ. При цьому силою поверхневого натягу, яка діє у горизонтальному напрямку на лінії дотику до утримуючої краплю поверхні, неможливо пояснити, хто утримує краплю від падіння? Тому у студента виникає питання: чи є взагалі сила поверхневого натягу? Довести її існування можна виконавши інший дослід. Переконалим експериментальним доказом тангенціальності природи цієї сили є те, що показано на рис. 6: на поверхню мильної плівки накладена петля з нитки довільної форми. Вона з часом не змінюється.

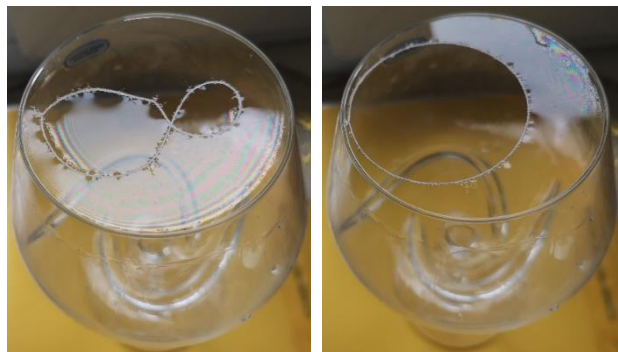


Рис. 6. Експериментальне підтвердження тангенціальної орієнтації сили поверхневого натягу

Якщо доторкнутися пальцем до поверхні обведеної нитки, тоді відразу ж петля приймає округлу форму, яка виникає в результаті дії тангенціальної сили поверхневого натягу, що діє по дотичній до поверхні води на кожну точку нитки. Кожен елементарний шматок нитки відчуває дію сил як з внутрішнього боку нитки так і з зовнішнього, але густина повітря значно менше густини води, тому і кількість взаємодіючих на межі молекул різна. Цей дослід підкреслює той факт, що поверхневий натяг залежить від двох рідин, що контактують.

Отже, роль об'ємних і поверхневих сил при взаємодії рідини з твердим тілом студент може з'ясувати вдома, провівши серію переконливих дослідів: з вимірювання величини сили відриву поверхні плоского тіла від рідини, висяченими краплями та з ниткою у вигляді петлі покладеною на плівку мильної води. Простота постановки дослідів, доступність матеріалів дозволяє студентам досліджувати явища на межі двох середовищ не тільки в лабораторних умовах, а й дистанційно.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

На прикладі серії дослідів розглядається явище поверхневого натягу, природа якого пояснюється силами міжмолекулярного зчеплення. В роботі доведено:

- 1) сила відриву диска від поверхні води непропорційна периметру диска. Це доводить той факт, що поверхневий натяг рідини як особлива реально діюча тангенціальна сила себе у цьому досліді не проявляє;
- 2) сила відриву диска від рідини прямо пропорційно залежить від площі диску: $F \propto \beta S$;
- 3) граничне значення міцності зв'язків молекул рідини між собою дорівнює $\beta = 40 \text{ Н / м}^2$;
- 4) незмінність величини сили відриву того ж самого диска при збільшенні кількості виконаних в ньому отворів і залежність сили відриву тільки від площі поверхні цільного диска доводить той факт, що в утриманні диска беруть участь всі молекули, що знаходяться в контактному шарі диска і рідини.

У перспективі буде розроблена самохідна система, яка використовуючи сили поверхневого натягу, буде рухатися проти сили тяжіння. Це дасть можливість студентам експериментально порівняти ці сили, а саму систему використати для визначення в'язкості повітря, довжини вільного пробігу молекул та обчислити їх діаметр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bikerman, J. J. (1958). *Surface Chemistry*. New York. Academic Press.
2. Eid, K. F., Panth, M., & Sommers, A. D. (2018). The physics of water droplets on surfaces: exploring the effects of roughness and surface chemistry. *Eur. J. Phys.*, 39. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa9cba>
3. Fabio, L. et al. (2012). Theoretical Models for Surface Forces and Adhesion and Their Measurement Using Atomic Force Microscopy. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 12773-12856. <https://doi.org/10.3390/ijms131012773>
4. Jonson, R. E., & Dettre, R. H. (1969). *Surface and Colloid Science*: Ed. by E. Matievic. New York, 2.
5. Горюнов, Ю. В., & Сумм, Б. Д. (1976). *Физико-химические основы смачивания и растекания*. М.: Химия.
6. Григорьева, И. С., & Мейлихова, Е. З. (ред). (1991). *Физические величины*. М.: Энергоатомиздат.
7. Здешиц, В.М., Здешиц, А.В., & Прихожа, Ю. О. (2020). Використання технології BYOD під час виконання лабораторних робіт з фізики. *Фізико-математична освіта*, 3 (25), 2, 43-49. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-025-3-024>
8. Иголкин, С. И. (2007). Критический анализ опытов по измерению углов смачивания и сил поверхностного натяжения. *Прикладная физика*, 4, 43-51.
9. Ландау, Л. Д., & Лифшиц, Е. М. (1964). *Статистическая физика*. М.: Наука.
10. Прохорова А. М. (ред). (1984). *Физический энциклопедический словарь*. М.: Сов. Энциклопедия.
11. Якібчук, П.М., & Клим, М.М. (2013). *Молекулярна фізика*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bikerman, J. J. (1958). *Surface Chemistry*. New York. Academic Press.
2. Eid, K. F., Panth, M., & Sommers, A. D. (2018). The physics of water droplets on surfaces: exploring the effects of roughness and surface chemistry. *Eur. J. Phys.*, 39. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa9cba>
3. Fabio, L. et al. (2012). Theoretical Models for Surface Forces and Adhesion and Their Measurement Using Atomic Force Microscopy. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 12773-12856. <https://doi.org/10.3390/ijms131012773>
4. Jonson, R. E., & Dettre, R. H. (1969). *Surface and Colloid Science*: Ed. by E. Matievic. New York, 2.
5. Gorjunov, Ju. V., & Summ, B. D. (1976). *Fiziko-himicheskie osnovy smachivaniya i rastekaniya [Physical and chemical bases of wetting and spreading]*. Moscow: Chemistry. (in Russian).
6. Grigorieva, I. S., & Meilikova, E. Z. (ed.). (1991). *Physical Quantities*. М.: Energoatomizdat. (in Russian).
7. Zdeschchys, V.M., Zdeschchys, A.V., & Prikhosha, Yu.O. (2020). Vykorystannia tekhnolohii BYOD pid chas vykonannia laboratornykh robіt z fizyky [Use of BYOD technology during frontal laboratory work in physics]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 3(25), 2, 43-49. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-025-3-024> (in Ukrainian).
8. Igolkin, S.I. (2007). Kriticheskij analiz opytov po izmereniju uglov smachivaniya i sil poverhnostnogo natjazheniya [Critical analysis of experiments on measuring contact angles and surface tension forces]. *Prikladnaya fizika – Applied Physics*, 4, 43-51. (in Russian).
9. Landau, L. D., & Lifshic, E. M. (1964). *Statisticheskaja fizika [Statistical physics]*. М.: Nauka. (in Russian).
10. Prokhorova, A. M. (ed.). (1984). *Fizicheskij jenciklopedicheskij slovar [Physical Encyclopedic Dictionary]*. М.: Sov. Encyclopedia. (in Russian).
11. Yakibchuk, P.M., & Klim, M.M. (2013). *Molekuliarna fizyka [Molecular physics]*. Lviv: LNU named after Ivan Franko. (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 10.31110/2413-1571-2022-033-1-002

UDK 378.013.32:378.147:681.3.06

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ІНФОРМАТИКИ ТА МАТЕМАТИКИ

Олена КОСОВЕЦЬ

Вінницький державний педагогічний університет
 імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, Україна
kosovets.op@vspu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-8577-3042>

Олена СОЯ

Вінницький державний педагогічний університет
 імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, Україна
soia.om@vspu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0937-299X>

Ярослав КРУПСЬКИЙ

Вінницький державний педагогічний університет
 імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, Україна
krupskiy.ya@vspu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-6324-2697>

Любов ТЮТЮН

Вінницький державний педагогічний університет
 імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, Україна
tyutyun.la@vspu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-9466-8746>

DIGITAL TECHNOLOGIES AS A MEANS OF ADAPTIVE LEARNING FOR HIGHER EDUCATION INFORMATICS AND MATHEMATICS

Olena KOSOVETS

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University,
 Vinnitsia, Ukraine
kosovets.op@vspu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-8577-3042>

Olena SOIA

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University,
 Vinnitsia, Ukraine
soia.om@vspu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0937-299X>

Yaroslav KRUPSKYI

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University,
 Vinnitsia, Ukraine
krupskiy.ya@vspu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-6324-2697>

Lyubov TYUTYUN

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University,
 Vinnitsia, Ukraine
tyutyun.la@vspu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-9466-8746>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. В умовах онлайн/змішаного навчання актуальність дослідження щодо використання цифрових технологій як засобу адаптивного навчання здобувачів вищої освіти інформатики та математики неперечна. Реалізація засад адаптивного навчання за допомогою цифрових технологій надає значні можливості для індивідуалізації й диференціації освітнього процесу відповідно до когнітивних особливостей та освітніх потреб кожного випускника.

Матеріали і методи. Дослідження ґрунтується на праці вітчизняних і зарубіжних науковців. Використані теоретичні та практичні методи. За допомогою методів системного аналізу і теоретичного узагальнення проведено дослідження впровадження системи адаптивного навчання в умовах дистанційного навчання у Вінницькому державному педагогічному університеті імені М. Коцюбинського.

Результати. Обґрунтовано, що з розвитком електронного навчання стало можливим ефективно забезпечення адаптивності процесу навчання здобувачів вищої освіти інформатики та математики. Адаптація передбачає аналіз індивідуальних особливостей і початкового рівня підготовки здобувачів освіти, впровадження процесу інтерактивного навчання, оцінку критеріїв успішності для переходу на наступний рівень навчання тощо. Розглянуто методичні аспекти адаптивного навчання в інформаційній навчальній системі закладу вищої освіти.

Висновки. Система адаптивного навчання математики та інформатики забезпечує оптимальну адаптацію освітнього процесу до індивідуальних особливостей і персональних уподобань студента, сприяє активізації їхньої пізнавальної діяльності, підвищує мотивацію до навчання, надає можливість здійснювати моніторинг навчання і його коригувати для досягнення запланованих індивідуальних результатів. Адаптивна система навчання має потенціал для забезпечення повного залучення студентів у процес побудови власної індивідуальної освітньої траєкторії, розвитку їхньої активності, удосконалення індивідуалізації освітнього процесу тощо.

ABSTRACT

Formulation of the problem. In the context of online / blended learning, the relevance of research on the use of digital technologies as a means of adaptive learning for higher education in computer science and mathematics is undeniable. Implementation of the principles of adaptive learning with the help of digital technologies provides significant opportunities for individualization and differentiation of the educational process in accordance with the cognitive characteristics and educational needs of each graduate.

Materials and Methods. The study is based on the work of domestic and foreign scientists. Theoretical and practical methods are used. Using the methods of system analysis and theoretical generalization a study of the implementation of adaptive learning in distance learning at Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University.

Results. It is substantiated that with the development of e-learning it became possible to effectively ensure the adaptability of the learning process of higher education in computer science and mathematics. Adaptation involves the analysis of individual characteristics and the initial level of training of students, the implementation of the process of interactive learning, evaluation of success criteria for the transition to the next level of education and more. Methodical aspects of adaptive learning in the information educational system of a higher education institution are considered.

Conclusions. The system of adaptive teaching of mathematics and computer science provides the optimal adaptation of the educational process to individual characteristics and personal preferences of students, promotes their cognitive activity, increases motivation to learn, provides monitoring of learning, and adjusts it to achieve planned individual results. The adaptive learning system has the potential to ensure the full involvement of students in the process of building their individual educational trajectory, development of their activity, improving the individualization of the educational process, and more.

Для цитування:

Kosovets O., Soia O., Krupskiy Ya., Tyutyun L. Digital technologies as a means of adaptive learning for higher education informatics and mathematics. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33. № 1. С. 14-19. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-002
 Kosovets, O., Soia, O., Krupskiy, Ya., & Tyutyun, L. (2022). Digital technologies as a means of adaptive learning for higher education informatics and mathematics. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 14-19. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-002>

For citation:

Kosovets, O., Soia, O., Krupskiy, Ya., & Tyutyun, L. (2022). Digital technologies as a means of adaptive learning for higher education informatics and mathematics. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 14-19. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-002>
 Kosovets, O., Soia, O., Krupskiy, Ya., & Tyutyun, L. (2022). Digital technologies as a means of adaptive learning for higher education informatics and mathematics. *Fizyko-matematichna osvita – Physical and Mathematical Education*, 33(1), 14-19. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-002>

✉ Corresponding author

© O. Kosovets, O. Soia, Ya. Krupskiy, L. Tyutyun, 2022

КЛЮЧОВІ СЛОВА: адаптивне навчання; цифрові технології; освітній процес; здобувач вищої освіти; навчання математиці та інформатиці.

KEYWORDS: adaptive learning; digital technologies; educational process; higher education seeker; teaching mathematics and computer science.

INTRODUCTION

Formulation of the problem. The introduction of online/blended learning and the widespread use of e-learning technologies encourage higher education institutions to move to a new quality level of educational services. The introduction of innovative technologies and distance learning in higher education is one of the operational goals, the objectives of which are "to create an industry of innovative technologies and teaching aids that meet the world scientific and technical level; digitalization of all processes in the higher education system; standardization of distance learning as a form of higher education" (Strategy for the development of higher education in Ukraine for 2021-2031, 2020). Due to quarantine restrictions, the main priorities, which include the organization of the educational process regardless of the time and location of its participants, providing interactive work of students with educational content, adapting the learning process to individual characteristics, needs and characteristics of students, use of e-learning tools and services of wide practical significance. There are changes in teaching methods and technologies, in particular regarding the role and place of teachers (Tiutiun & Soia, 2018). From traditional teaching, broadcasting, transfer, and control of knowledge, the functions of research and teaching staff are transformed and focused on the creation and functioning of the educational environment and its management with the widespread use of digital technologies in full-time, part-time, dual, and mixed forms of learning and active student participation. ; self-education, internships, advanced training, participation in grant programs and other projects, etc.

Thus, new requirements are set for educational institutions that must prepare responsible individuals for adult life who can adapt to modern society. Hence one of the main goals – is to create conditions for each graduate to receive the level of education that corresponds to his abilities, interests, and capabilities. According to the principles of adaptive learning, teachers should focus their efforts on providing students with individualization of the pace of study, differentiated complication of educational material, and development of individual tasks taking into account the interests of students and by the profile of the educational institution. To implement adaptive learning, it is necessary to take into account the individual characteristics of students in the organization of their educational activities, which will allow students to build their educational trajectory, taking into account individual pace of learning, depth of learning, and educational needs. The effectiveness of such training will increase significantly with the use of digital and information and communication technologies, which will provide significant opportunities for expanding the individualization and differentiation of the educational process by the cognitive characteristics of students.

An analysis of recent research. A significant number of scientific works of philosophers are devoted to the problems of adaptation in education, including vocational education (V. Andrushchenko, H. Vasianovych, I. Ziazun, V. Kremen), teachers (V. Bondar, S. Honcharenko, R. Hurevych, A. Dontsov, N. Kuzmina, V. Krutetskyi, O. Liashenko, L. Mitina, T. Opaliuk) and psychologists (L. Vyhotskyi, H. Kostiuk, S. Maksymenko, S. Rubinshtein) (Opaliuk, 2015).

In the article scientists (Mubarak & Hamada, 2016) propose a new adaptive learning framework that classifies learners based on individual preferences in terms of understanding and processing information.

The authors of the article (Zweig & Chechik, 2017) claim that the exchange of information between several training agents can speed up learning. It could be particularly useful if learners operate in continuously changing environments because a learner could benefit from previous experience of another learner to adapt to their new environment. Such group-adaptive learning has numerous applications, from predicting financial time-series, through content recommendation systems, to visual understanding for adaptive autonomous agents.

The monograph (Bondar et al., 2018) highlights the theoretical and practical issues of content and methods of teacher training for the implementation of adaptive learning of students of general secondary education from the standpoint of the modern professional and personal paradigm of competitiveness.

The reports of the participants of the Sixth All-Ukrainian Scientific Forum with International Participation "Adaptive Processes in Education" (Yelnykova & Rostoka, 2021) highlighted current issues of the formation and development of adaptive processes in the national education system of Ukraine and revealed the methodological aspect of adaptive processes in education; adaptive technologies in the preparation of masters in the management of educational institutions; information analytics as a tool for regulating adaptive processes in education and the organization of scientific research; intensification of adaptive processes in the training of highly qualified specialists; adaptive management in education; adaptive education in preschool and general secondary education institutions; adaptive processes in the educational activities of domestic and foreign higher education institutions, appropriate decisions have been made.

The authors (Joo et al., 2021) study the types of visual presentations and tips; offer learning strategies for multi-representative adaptive learning; argue that visually adaptive learning should include individualized self-explanations; show that streamlining visual presentations by increasing their accuracy in learning materials and offering vanishing support for tips adapted to learning progress are two effective and additional ways to provide individual learning.

The author of the article (Kosovets, 2020) notes that the adopted curriculum of the discipline and the adapted content of education not only provide for the availability of educational topics and text presented in different forms but also offers other options that can help a particular student.

The analysis of the works shows that the main requirements for the implementation of the principle of adaptation are the flexibility of the educational process in educational institutions and the focus on students taking into account their educational characteristics.

The goal of the article. To substantiate expediency and methodical bases of the complex introduction of adaptive training of applicants of higher education to informatics and mathematics on use of digital technologies, to describe features of realization of the system of adaptive training in Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University.

RESEARCH METHODS

Our research is based on the work of domestic and foreign scholars, educators, and specialists who study the theoretical and methodological foundations of fundamental and modern provisions of pedagogical theory to implement the principles of adaptive learning in higher education, problems, and prospects of digital technology in education. The process of innovative learning tools and technologies in the system of adaptive learning. To achieve the goal of the research, theoretical methods (analysis of scientific and methodological sources, synthesis, comparison) and practical methods (observations, surveys, testing, etc.) were used. The method of logical generalization was used for theoretical substantiation of the significance of the tasks and clarification of key research concepts. Using the methods of system analysis and theoretical generalization a study of the implementation of adaptive learning in distance learning at Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University.

RESEARCH RESULT AND DISCUSSION

With the development of e-learning, it has become possible to effectively ensure the adaptability of the learning process of higher education in informatics and mathematics: a wide range of digital technologies opens new learning opportunities, monitoring the pace of educational activities and learning levels of each student. Verification of results provides an opportunity for the teacher to analyze the situation, if necessary, change the criteria, methods, technologies, and algorithms of teaching. Today, adaptive learning is a modern automated version of personalized learning. In particular, the adaptation involves the analysis of individual characteristics and the initial level of training of students, the process of interactive learning, evaluation of success criteria for the transition to the next level of education. This is a system of adaptive learning aimed at improving the quality of students' learning. It consists of adaptive planning, adaptive testing, and/or adaptive presentation of educational content, in particular with the use of digital technologies.

Information learning systems are elements of adaptation and modeling of student activities, as adaptive learning systems must build the educational strategy of the learner about personalization. Usually, personalization involves adaptive interaction, adaptive access to the course, adaptive content of educational material, adaptive support for cooperation. The origins of adaptation technologies used in adaptive learning systems come from the field of information learning systems (adaptive planning, data mining, support for interactive tasks, support for ready-made tasks, and support collaboration) or from the field of adaptive hypermedia systems that correspond to three criteria: the hypermedia system must be hypertext or hypermedia, have a user model and adapt its hypermedia space using this model.

In the scientific and pedagogical literature (Rohrkemper & Corno 1988) the concept of "adaptive learning" is formulated as a set of forms, methods, tools, technologies, and approaches to learning, which provides an alternative and flexible concept that expands students' self-control and allows them to actively respond to educational material with the possibility of its further adaptation in the learning process.

The main didactic principles of adaptive learning in the modern information system are the principles of activity – implies that the activities of students based on adaptive technology should promote the development of not only the ability to solve problems according to a given algorithm, but also build algorithms for creative tasks; independence – is expressed in the fact that students develop the ability to navigate independently in new sections and topics, to think independently and find algorithms for new tasks; individuality – provides individualized ways of interaction between student and teacher, which contributes to the formation of students with a high level of intellectual development; systematicity and consistency – involves the logical, consistent formation of general and professional competencies in each topic, and the logical connection between different topics.

The principle of adaptability of education in computer science and mathematics is aimed at building individual educational programs, aimed at psychological correction of the stereotype of the individual, his thinking, and implementation mechanisms (Pryima, 2012).

Information training system for adaptive teaching of computer science and mathematics should: provide conditions for achieving educational goals; combine different types of presentation of educational materials, taking into account the individual characteristics of students in terms of perception of the material (visual, audio, or kinesthetic); be adapted to different forms and methods of teaching (Ohneviuk, 2004).

The inclusion of information systems in adaptive learning is based on the following models: *the information-educational model* is aimed at acquiring new knowledge, formation of skills, application of innovative pedagogical technologies, self-knowledge; *control-corrective and diagnostic model* involves the use of knowledge control tools, expert training systems, dialogic solution of practical problems; the *research model* is related to the formation of research abilities of students and is aimed at gaining research experience; *the communicative model* is aimed at regulating the choice of modes of communication and interaction (Pryima, 2012).

These models are interconnected and meet the requirements of adaptive learning.

When organizing the educational process based on an individual-oriented approach, it is recommended to use a set of adaptation criteria that complement each other and/or take into account different aspects of learning, namely: individual characteristics of different categories of students; different levels of their education; multilevel training of pedagogical and scientific-pedagogical workers; the possibility of creativity by all participants in the educational process; regional features of learning conditions; career guidance; features of the labor market, especially in specialized training in computer science and mathematics; flexibility of the system, which allows you to use a nonlinear method of obtaining the final result.

Scientists (Osadcha et al., 2021) specify the purpose of adaptive systems of individualization and personalization of professional training of future professionals in blended learning in the following tasks: 1) to implement technologies of adaptive learning in higher education: adaptation of teaching materials, adaptation control, adaptation of devices, adaptation of face-to-face classes; 2) to introduce an individual approach to the process of professional training in the system of distance and full-time learning through the study of individual qualities of students, support and support of individual educational program, individualization of the learning process, development of individual characteristics of students and formation of new

characteristics; 3) to organize a personal educational environment for professional training of future specialists, including electronic; 4) to implement the systematic use of modern information and communication technologies and modern technical means of education to ensure the training of future professionals in a blended learning environment; 5) monitor the formation of professional competence of future professionals in the adaptive system of higher education institutions.

The Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University has implemented a learning management system LMS "Collaborator" (hereinafter Collaborator) for the organization of distance learning of students. Collaborator corresponds to the described models of inclusion of information systems in adaptive learning and fully allows to implement of the tasks of adaptive systems. This is an internal university system of adaptive learning, which is accessed through pre-registration through the system administrator.

After successful registration, teachers can work in two modes: **"Tutor"** and **"User"**. In the **"Tutor"** mode, the teacher has the opportunity to add adapted teaching material of relevant disciplines, which corresponds to individual educational characteristics and to control the knowledge of students. In the **"User"** mode, the teacher looks at the form in which the student will receive the sent study material.

To create the *information-learning model* of adaptive learning in Collaborator, the teacher places learning materials in the **"Tutor"** mode using the command of the main menu of **Resource Management** in the **Resources section**.

This section displays downloaded files of lectures, practical and laboratory work in pdf, docx, pptx, etc. (Figure 1).

Added teaching materials should be divided into separate **Topics**, such as lectures, laboratory tests, etc. This can also be done with the **Resource Management** command of the main menu of the system. For ease of searching for topics and resources, you should set a label, such as a specialty code or group number, that allows you to quickly search and sort by the label.

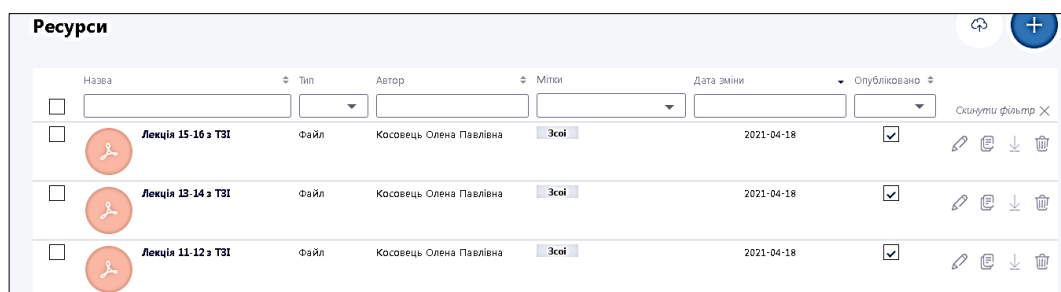


Figure 1. Adding training materials to the Collaborator

We recommend combining the grouped topics from the respective discipline into the **Curriculum** – this is the Collaborator section, in which the teacher places the work program of the discipline and combines all created topics with teaching materials, which ultimately give the full scope of the discipline. The teacher in the settings for individual topics can specify the date when to start training and sets the mode of access to educational materials of the discipline (go to the next topics when passed the previous task or completed the previous task, or completed all previous tasks) (Figure 2).

The next step in providing a control-corrective and diagnostic model of adaptive learning is the **Task Management section**. The developers of Collaborator stipulate that the teacher creates and sends tasks to the selected group of students for execution. To do this, you need to create **Tasks** based on added resources in the main menu of **Task Management** (pre-upload a file with a description of laboratory work in pdf format to the resources). The created task is displayed in the general list with parameters of editing, deletion. Also, use the **Assign** command button.

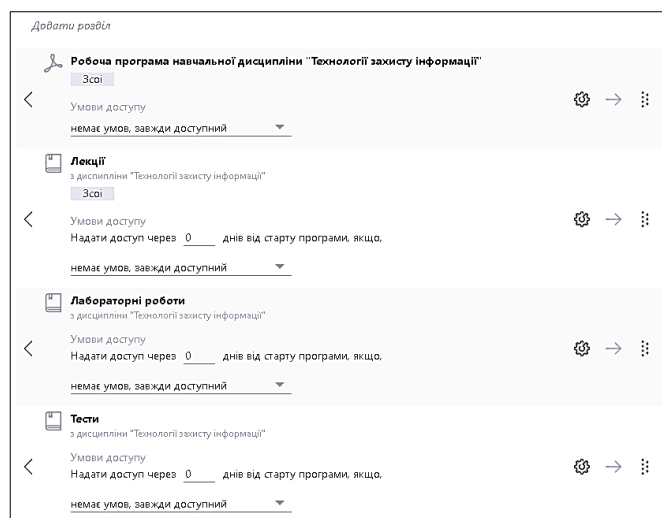


Figure 2. Creating a section of the Curriculum Collaborator

In the assignment window, you need to specify groups of students by department or label, select individual students to whom to send tasks to be performed using the **Assign Tasks** command. Students can be sent laboratory and practical

assignments, tests, etc. In response, the student sends a comment explanation or attaches a file with the completed task for assessment.

To implement the communicative model of adaptive learning, Collaborator has modern forms of communication and interaction between participants in the educational process at the **Forum** and in **Chats**. Chats can be group or personal. In the process of analyzing the submitted works of the student, the teacher has the opportunity to write questions, recommendations for feedback.

After the evaluation of the works, the **Training Reports** and **System Reports** are formed. In the study reports, the teacher receives a graphical and percentage report on the development of theoretical teaching material in the discipline, a report on laboratory (practical) group work, a test report, a report on individual student achievement (student learning history), and a consolidated report. Different forms of reports allow to fully assess the student's performance and monitor the formation of professional competence of future professionals in the adaptive system of higher education (Figure 3).

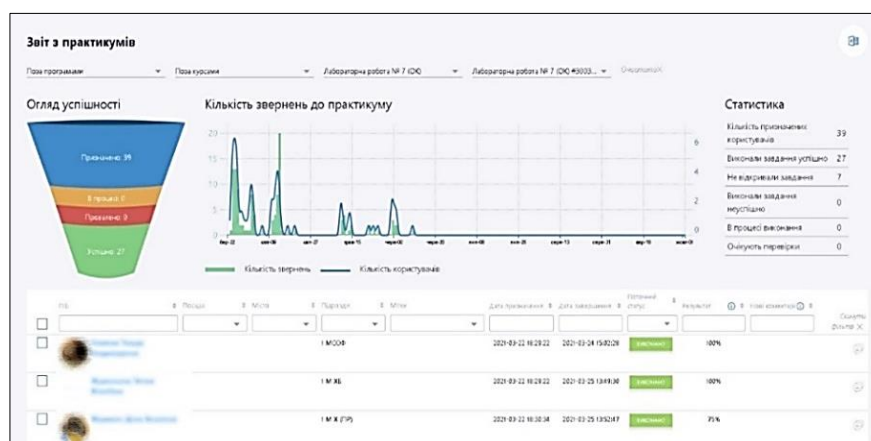


Figure 3. Collaborator Workshop Report

Let's compare Collaborator with the popular educational platform Moodle. Educational platforms Moodle and Collaborator provide an opportunity for teachers to create authors' distance learning courses in the curriculum of the discipline. Students receive many opportunities for remote access to educational materials, download files with completed tasks, tools for testing and communication, tools for group work (forums, chats, webinars, seminars, etc.), viewing the results of the training course, test results, etc. Students have access to a distance course on the Moodle and Collaborator platforms upon registration.

Adaptive learning technologies in Moodle are implemented by additional plug-ins that allow you to apply adaptive behavior to the learning trajectory of an individual student: adaptive Quiz, adaptive adapted for code runner, adaptive mode (multi-part questions), domoscio, and others.

In the absence of skills on the Moodle platform, the teacher has problems with content formats for creating and placing educational materials for the lesson. It is not always clear which element of the educational platform is best used to create a task. Designing one module of a distance course requires a lot of time, special knowledge, and skills to work with the platform.

Unlike Moodle Collaborator, it has an easy-to-use interface with intuitive menus and commands. You can master the basic principles of work in the educational system with the help of educational videos with short explanations, which are aimed at ordinary users of modern digital technologies and do not require special technical knowledge.

Disadvantages of Collaborator include the lack of grouping of student assignments by discipline, creating assignments and sending them to students is not convenient.

The lecturer of Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University using digital technologies to create conditions for adaptive learning through Collaborator provides the implementation of the above tasks of adaptive systems with the following tools: available in the system section Resources allows sections of the Program and Topics give the chance to organize an individual educational trajectory of the student; sections Tasks and Tests are designed to send tasks to selected groups of students, taking into account their individual qualities and special educational needs and the creation of test control of varying complexity; to monitor the formation of professional competencies of higher education students will help reports on the implementation of educational programs, reports on the implementation of laboratory and practical work, test reports, individual reports of individual student learning.

Given the capabilities of the described tools, Collaborator fully ensures the implementation of the main functions of the adaptive approach to learning: motivational function based on restructuring stereotypes of personality, understanding the active role of teachers in choosing strategies and methods of work; organizational and target, which is expressed in the approximation of the goals of those who participate in the educational process, taking into account the individual characteristics of students; content-design, which involves the selection of educational information, variability of curricula and programs, construction of new educational models; technological and managerial, which involves modeling, use of multilevel and differentiated learning, which includes a choice of forms and methods of teaching and changing socio-educational orientations.

CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

The main purpose of implementing an adaptive education system in higher education is to use a flexible educational environment that provides teachers and students with different individual characteristics and personal preferences, modern digital tools to improve training. An important aspect of such a system of education is the focus of students on self-awareness,

analysis, and understanding, and not just on listening to and replicating educational material in the process of their professional training in higher education institutions. Under the conditions of work in the system of adaptive learning, each student can study independently at a pace that corresponds to his psychological characteristics in solving educational problems, turning to the teacher if necessary for advice or assistance. Compared to other educational platforms, such as Moodle, LMS Collaborator has a simple and clear interface that does not require special knowledge and skills. It is worth noting that the Collaborator has certain shortcomings in the organization of learning tasks that students receive. Despite the shortcomings, the Collaborator educational platform is easy to use and fully meets the needs of the organization and implementation of adaptive learning. Thus, the system of adaptive learning provides the optimal adaptation of the educational process in higher education institutions to individual characteristics and personal preferences of students, promotes their cognitive activity, increases motivation to learn, and provides the opportunity to monitor learning and adjust the learning content to achieve planned individual results. The adaptive learning system has the potential to fully involve all students in the process of building their individual educational environment, developing their activities, improving the individualization of the educational process in one lesson, one educational program, and the entire higher education institution.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bondar, V. I., Shaposhnikova, I. M., Opaliuk, T. L., & Franchuk, T. Y. (2014). *Adaptyvne navchannia studentiv profesii vchytelia: teoriia i praktyka* [Adaptive learning of students of the teaching profession: theory and practice]. Kyiv: National Pedagogical Dragomanov University. (in Ukrainian).
2. Djananjay, P., & Ajay, B. (2019). A Declarative Approach for an Adaptive Framework for Learning in Online Courses. *43rd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2019.00039>.
3. Ibrahim, M. S., & Hamada, M. (2016). Adaptive Learning Framework. *16th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2016.7760738>.
4. Joo H., Park, J., & Kim, D. (2021). Visual representation fidelity and self-explanation prompts in multi-representational adaptive learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37, 4, 1091-1106. <https://doi.org/10.1111/jcal.12548>.
5. Kosovets, O. P. (2020). Kompleksna adaptatsiia metodychnoi systemy navchannia informatyky uchniv v inkluzyivnykh hrupakh [Comprehensive adaptation of the methodological system of teaching computer science to students in inclusive groups]. *Academic notes. Series: Pedagogical Sciences*. Kropyvnytskyi: EPC of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University, 191, 105–108. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2020-1-191-105-108>. (in Ukrainian).
6. Opaliuk, T. L. (2015). *Dydaktychni umovy realizatsii adaptyvnoi funktsii navchannia studentiv u protsesi profesiinoy pidhotovky vchytelia* [Didactic conditions of realization of adaptive function of training of students in the course of professional training of the teacher] : the dissertation author's abstract ... the candidate of pedagogical sciences : 13.00.09. Ternopil, 20. (in Ukrainian).
7. Osadcha, K. P., Osadchyi, V. V., Spirin, O. M., & Kruhlyk, V. S. (2021). Kontseptualni zasady rozrobky adaptyvnoi systemy indyvidualizatsii ta personalizatsii profesiinoy pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv v umovakh zmishanoho navchannia [Conceptual principles of development of adaptive system of individualization and personalization of professional training of future specialists in the conditions of blended learning]. *Pedagogy of creative personality formation in higher and general education schools*, 74, 65-70. (in Ukrainian).
8. Pryima, S. M. (2012). Osoblyvosti funktsionuvannia intelektualnykh adaptyvnykh navchalnykh system vidkrytoi osvity doroslykh [Features of functioning of intellectual adaptive educational systems of open adult education]. *Herald of National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytskyi*. Series: Pedagogical Sciences. Khmelnytskyi, 3. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadps_2012_3_21 (in Ukrainian).
9. Rohrkemper, M., & Corno, L. (1988). Success and Failure on Classroom Tasks: Adaptive Learning and Classroom Teaching. *The Elementary School Journal*, 88(3), 296-312.
10. *Strategiia rozvytku vyshchoi osvity v Ukraini na 2021-2031 roky*. (2020). [Strategy for the development of higher education in Ukraine for 2021-2031]. Kyiv, 71. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/rizne/2020/09/25/rozvitku-vishchoi-osviti-v-ukraini-02-10-2020.pdf> (in Ukrainian).
11. Tiutiun, L. A. & Soia, O. M. (2018). Zabezpechennia E-learning za dopomohoiu personalnoho сайту bykladacha [Providing e-learning through the teacher's personal website]. *Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference: Suchasni informatsiini tekhnologii ta innovatsiini metodyky navchannia: dosvid, tendentsii, perspektyvy - Modern information technologies and innovative education methods: experience, trends, perspectives*/ Ternopil, 247-249. (in Ukrainian).
12. Vanbecelaere, S., Van den Berghe, K., Cornillie, F., Sasanguie, D., Reynvoet, B., & Depaepe, F. (2020). The Effectiveness of Adaptive Versus Non-Adaptive Learning With Digital Educational Games. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.12416>.
13. Vinothini, K., Aida, M., & Imran, M. (2017). Adaptive learning system for higher learning. *International Conference on Information Technology (ICIT)* on May 17. <https://doi.org/10.1109/ICITECH.2017.8079975>.
14. Yelnykova, H. V., & Rostoka M. L. (ed.). (2021). *Adaptyvni protsesy v osviti* [Adaptive processes in education]. *Collection of materials of the 6th All-Ukrainian Scientific Forum with international participation*. Kharkiv, 3, 160. (in Ukrainian).
15. Zweig, A., & Chechik, G. (2017). Group online adaptive learning. *Machine Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10994-017-5661-5>



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 10.31110/2413-1571-2022-033-1-003

УДК 378.147

**ПРО РОЛЬ І МІСЦЕ КУРСУ
 «АЛГЕБРА І ТЕОРІЯ ЧИСЕЛ»
 В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ
 МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ**

Тетяна ЛУКАШОВА

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

Марина ДРУШЛЯК

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

**ON THE ROLE AND PLACE OF THE COURSE
 «ALGEBRA AND NUMBER THEORY»
 IN THE SYSTEM OF THE PRE-SERVICE
 MATHEMATICS TEACHER TRAINING**

Tetiana LUKASHOVA

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

Marina DRUSHLYAK

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

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. На користь імплементації курсу «Алгебра і теорія чисел» в систему професійної підготовки майбутніх учителів математики свідчать наступні аргументи: даний курс забезпечує необхідну теоретичну та практичну підготовку учителя математики та сприяє розумінню наукових основ шкільного курсу математики; окремі поняття і теми курсу алгебри представлені у програмі з математики закладів загальної середньої освіти (прості і складені числа, ділення з остачею, найбільший спільний дільник та найменше спільне кратне, ознаки подільності, основна теорема арифметики, многочлени та дії над ними), а також у програмі для класів з поглибленим вивченням математики (подільність цілих чисел, конгруенції за модулем, ділення многочленів з остачею, корені многочленів і теорема Безу, раціональні корені многочленів від однієї змінної тощо). Більшість із тем даного курсу є основою програм факультативів та математичних гуртків; а задачі алгебри і теорії чисел широко використовуються на олімпіадах і турнірах різних рівнів. Окрім того, знання та уміння, які набувають студенти при вивченні даного курсу, формують необхідну базу для вивчення інших фундаментальних та прикладних математичних дисциплін (математичного аналізу, дискретної математики, комплексного аналізу, методів обчислень, числових систем), а також курсу елементарної математики та методики навчання математики.

Матеріали і методи. Основою дослідження стали наукові здобутки вітчизняних і закордонних учених, які займаються вивченням питань підготовки майбутніх учителів математики та інформатики. Для досягнення мети були використані методи теоретичного рівня наукового пізнання: аналіз наукової літератури, синтез, формалізація наукових джерел, опис, зіставлення, узагальнення власного досвіду.

Результати. У статті детально описано досвід викладання курсу «Алгебра і теорія чисел» на кафедрі математики Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка, починаючи з 90-х років минулого століття і по теперішній час, виходячи з модифікацій у змістовому наповненні курсу, змін у кількості годин, відведених на опанування курсу, на перенесенні окремих тем до змісту інших фундаментальних дисциплін.

Висновки. Базуючись на власному досвіді, вважаємо, що в умовах подальшого зменшення кількості аудиторних годин та відсутності Державного стандарту освіти, проблеми, що виникають у зв'язку з необхідністю якісної професійної підготовки майбутніх учителів математики, можуть і повинні бути розв'язані шляхом впровадження в навчальний процес вибірових курсів, що розширюють і поглиблюють зміст основного курсу «Алгебри і теорії чисел» (зокрема, з теорії чисел або елементів сучасної алгебри).

ABSTRACT

Formulation of the problem. The following arguments support the implementation of the course "Algebra and Number Theory" in the system of professional training of pre-service mathematics teachers: this course provides the necessary theoretical and practical training of mathematics teachers and promotes understanding of the scientific basis of school mathematics course; some concepts and topics of the algebra course are presented in the mathematics curricula of general secondary education (prime and compound numbers, division with remainder, greatest common divisor and least common multiple, signs of divisibility, basic arithmetic theorem, polynomials and operations on them), as well as in the curricula for specialized classes (divisibility of integers, modular congruence, division of polynomials by remainder, roots of polynomials and Bezou theorem, rational roots of polynomials from one variable, etc.). Most of the topics of this course are the basis of elective curricula and math classes; and the problems of algebra and number theory are widely used in competitions and tournaments of various levels. In addition, the knowledge and skills that students acquire when studying this course, form the necessary basis for the study of other fundamental and applied mathematical disciplines (mathematical analysis, discrete mathematics, complex analysis, calculation methods, numerical systems), as well as elementary mathematics and methodology teaching mathematics.

Materials and methods. The study was based on scientific research of national and foreign scientists studying the training of pre-service mathematics and computer science teachers. To achieve this goal, the methods of the theoretical level of scientific knowledge were used: analysis of scientific literature, synthesis, formalization of scientific sources, description, and comparison.

Results. The article describes in detail the experience of teaching the course "Algebra and Number Theory" at the Department of Mathematics of Makarenko Sumy State Pedagogical University from the 90s of the last century to the present, based on modifications in the content of the course, changes in the number of hours devoted to mastering the course, on the transfer of certain topics to the content of other fundamental disciplines.

Conclusions. Based on our own experience, we believe that in the context of further reduction of classroom hours and the absence of the State Standard of Education, problems arising from the need for quality training of future mathematics teachers can and should be solved by implementing in the educational process elective courses that expand and deepen the content of the main course "Algebra and Number Theory" (in particular, on number theory or elements of modern algebra).

Для цитування:

Лукашова Т., Друшляк М. Про роль і місце курсу «Алгебра і теорія чисел» в системі підготовки майбутнього вчителя математики. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33, № 1. С. 20-25. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-003
 Лукашова, Т. & Друшляк, М. (2022). Про роль і місце курсу «Алгебра і теорія чисел» в системі підготовки майбутнього вчителя математики. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 20-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-003>

For citation:

Lukashova, T. & Drushlyak, M. (2022). On the role and place of the course «Algebra and number theory» in the system of the pre-service mathematics teacher training. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 20-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-003>
 Lukashova, T. & Drushlyak, M. (2022). Pro rol i mistse kursu «Algebra i teoriya chysel» v systemi pidhotovky maibutnoho vchytelia matematyky [On the role and place of the course «Algebra and number theory» in the system of the pre-service mathematics teacher training]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 33(1), 20-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-003>

✉ Corresponding author

© T. Lukashova, M. Drushlyak, 2022

КЛЮЧОВІ СЛОВА: алгебра і теорія чисел; підготовка вчителя математики; вибірковий курс.

KEYWORDS: algebra and number theory; mathematics teacher training; special course.

ВСТУП

Постановка проблеми. На важливості імплементації курсу «Алгебра і теорія чисел» в систему підготовки майбутніх учителів математики наголошують як зарубіжні, так і вітчизняні науковці. Так S. L. Bair та B.S. Rich, (2011) вважають, що теорія чисел є невід’ємним компонентом математичної освіти майбутніх учителів математики. R. Zazkis (2007) акцентує увагу на подвійній важливості курсу «Алгебра і теорія чисел», оскільки в процесі вивчення майбутні вчителі отримують необхідну теоретичну та практичну підготовку до професійної діяльності з одного боку, а з іншого – це сприяє розумінню наукових основ шкільного курсу математики. R. Zazkis та S. Campbell (1996) досліджують зміст знань учителів математики з алгебри і теорії чисел. На думку S.Y. Qiu та L.A. Liu (2010) курс теорії чисел в університетах має застарілий зміст і досить усталені методи навчання, що є несприятливим в контексті підвищення якості викладання теорії чисел та підготовки майбутніх учителів математики.

Повертаючи вектор дослідження у напрямку доробку вітчизняних науковців, слід відзначити результати авторського колективу Д.Я. Требенко, О.О. Требенко, який звертався до проблеми введення та формування поняття групи у курсі вищої алгебри (Требенко&Требенко, 2009), визначення доцільності окремого курсу «Теорія чисел» як складової професійної підготовки майбутніх учителів математики (Требенко&Требенко, 2010). Автори здійснили порівняльний аналіз змісту курсів вищої алгебри різних університетів світу (Требенко, 2012a; Требенко, 2012b), а також досліджували проблему структурування та змістового наповнення курсів «Лінійна алгебра» та «Алгебра і теорія чисел» в педагогічних ЗВО (Требенко&Требенко, 2017).

Потреба впровадження основ сучасної алгебри у програму підготовки майбутніх вчителів математики виникла достатньо давно. Так, ще у 1959 році С. Н. Denbow (1959), а у 1962 році R. A. Dean (1962) зазначали про необхідність вивчення елементів сучасної алгебри майбутніми вчителями математики. На сьогодні проблема необхідності вивчення окремого курсу, присвяченого елементам теорії груп, кілець та полів, залишається актуальною. J. A. Mendoza Álvarez та D. White (2018) наголошують на потребі переосмислення викладання основ теорії груп, кілець та полів майбутнім вчителям математики у напрямку акценту саме на зв’язках між абстрактною алгеброю та шкільним курсом математики, A. L. Suominen (2018) акцентує увагу на потребі «мислити структурами», досліджуючи думки стейголдерів (математиків-науковців та досвідчених вчителів математики), які виокремлювали зазначені вище зв’язки. До такого типу досліджень можна віднести і напрацювання A.S. Pramasdyahsari, R.D. Setyawati та I.U. Albab (2020). Цікавими видаються результати O. Fitzmaurice та M. Greene (2018), які досліджували відношення майбутніх учителів математики до вивчення теорії груп. З’ясувалося, що до початку роботи в школі вони не «відчують» зв’язків між шкільним курсом математики та теорією груп, яка є складною для розуміння, через що до її вивчення важко вмотивувати. Американське математичне товариство рекомендує, щоб курси з вивчення сучасної алгебри у системі підготовки майбутніх учителів були зорієнтовані за змістом на шкільний курс математики, що, з одного боку, буде мотивувати студентів на вивчення даних курсів, а, з іншого, буде сприяти концептуальному розумінню наукових основ шкільного курсу математики.

Зважаючи на світові та вітчизняні тенденції щодо удосконалення й оновлення змісту та методів викладання дисципліни «Алгебра і теорія чисел», автори зосередили власні пошуки у даному напрямку досліджень. Тому **метою даної статті** є обґрунтування доцільності та місця курсу «Алгебра і теорія чисел», а також уведення вибірових курсів («Вибрані питання теорії чисел», «Елементи сучасної алгебри») в систему професійної підготовки майбутніх учителів математики, базуючись на досвіді викладання даного курсу на кафедрі математики Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Основою дослідження стали наукові розвідки вітчизняних і закордонних учених, які займаються вивченням питань підготовки майбутніх вчителів математики. 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

Головною метою курсу «Алгебра і теорія чисел», який традиційно є невід’ємною складовою фундаментальної підготовки майбутнього вчителя математики, є формування у студентів погляду на сучасну алгебру як на науку про системи об’єктів довільної природи, в яких задано операції, що за своїми властивостями подібні до додавання і множення чисел; вивчення та розв’язання задач, що виникають у цих системах, а також вивчення алгебраїчної культури та наукового світогляду, які необхідні майбутньому вчителю для глибокого розуміння цілей та завдань основ шкільного курсу математики, спеціальних факультативних курсів, проведення наукових досліджень, забезпечення міжпредметних зв’язків тощо.

В рамках вказаного курсу дається наукове обґрунтування таких ключових математичних понять як подільність, конгруенція, група, кільце, поле, многочлен, що лежать в основі багатьох математичних теорій та безпосередньо стосуються фундаментальних курсів математичного аналізу, дискретної математики, методів обчислень, числових систем, теоретичних основ інформатики.

Починаючи з 80-х років минулого століття у зміст навчальних програм курсу «Алгебра і теорія чисел» педагогічних інститутів за спеціальностями «Математика» і «Математика та фізика» (а також перших, затверджених уже в часи незалежності України, навчальних програм для цих спеціальностей) входили наступні розділи: «Елементи теорії

множин», «Алгебри. Основні числові системи», «Системи лінійних рівнянь і арифметичний n -вимірний простір», «Матриці і визначники», «Векторні простори», «Групи», «Лінійні оператори», «Системи лінійних нерівностей», «Теорія подільності в кільці цілих чисел», «Теорія конгруенцій», «Кільця», «Многочлени (від однієї та кількох змінних)», «Многочлени над числовими полями», «Алгебраїчні числа». Була чітко визначена й мінімальна кількість аудиторних занять, відведених навчальною програмою на вивчення кожної теми. Загалом, на вивчення даного курсу для спеціальності «Математика» передбачалося не менш, ніж 124 лекційних і стільки ж практичних занять (загалом 248 год. лекційних і 248 год. практичних занять). Упродовж досить тривалого часу цей зміст, як і мінімальна кількість аудиторних годин, відведених на вивчення відповідних тем, майже не змінювалися.

Слід зазначити, що досить велика увага у курсі алгебри і теорії чисел приділялася питанням елементарної теорії чисел, зокрема, ґрунтовно вивчалися поняття й властивості подільності націло та ділення з остачею у кільці цілих чисел; поняття найбільшого спільного дільника та найменшого спільного кратного; властивості простих чисел та їх розподіл у натуральному ряді; факторизаційна теорема у кільці цілих чисел (більш відома як основна теорема арифметики); числові мультиплікативні функції та їх найважливіші приклади; систематичний запис натурального числа у різних системах числення та ланцюгові дробі як один зі способів зображення дійсних чисел. На вивчення цього розділу програмою з алгебри і теорії чисел 1993 року (розробники: Левіщенко С.С., Мажарівська Л.С.) відводилося не менш, як 20 годин лекційних і 20 годин практичних занять.

Перший серйозний перегляд змісту курсу «Алгебра і теорія чисел» було здійснено у 2002 році і представлено у Галузевому стандарті вищої освіти з підготовки вчителя математики (за спеціальністю 6.010100 Педагогіка і методика середньої освіти. Математика). У цьому стандарті зміст даного курсу був перерозподілений між двома курсами: «Лінійна алгебра» та «Алгебра і теорія чисел», на вивчення яких відводилося по 216 годин (з урахуванням самостійної роботи). Одним із завдань вказаного стандарту освіти було узгодження програм підготовки бакалаврів-математиків педагогічних та класичних університетів.

Незважаючи на ряд позитивних змін у змістовому наповненні обох новоутворених курсів, були і досить серйозні «втрати»: увесь матеріал, який стосувався теорії множин, теорії лінійних нерівностей та теорії подільності цілих чисел, був вилучений з курсу алгебри. Власне, теорія чисел у вказаному стандарті була представлена лише одним змістовим модулем: Р.09.03 Теорія конгруенцій. Усі інші питання з теорії чисел, а саме: «Подільність у кільці цілих чисел», «Ділення цілих чисел з остачею», «Найбільший спільний дільник та найменше спільне кратне цілих чисел», «Числові функції», «Системні числа», «Ланцюгові дробі», у цей стандарт не увійшли.

Окрім змін у змістовому наповненні, в новому стандарті було зменшено загальну кількість аудиторних годин, що відводилися на вивчення вищої алгебри (тобто, курсів «Лінійної алгебри» та «Алгебри і теорії чисел»). Для порівняння: за навчальними програмами 1992 року в Сумському державному педагогічному університеті на вивчення вищої алгебри відводилося 294 аудиторні години, а після введення вказаного стандарту число аудиторних годин, відведених на обидва курси («Лінійна алгебра» та «Алгебра і теорія чисел»), було скорочене до 240 годин. З них у 3-4 семестрах на вивчення тем: «Теорія подільності в кільці цілих чисел», «Теорія конгруенцій», «Кільця», «Многочлени (від однієї та кількох змінних)», «Многочлени над числовими полями», «Алгебраїчні числа» курсу «Алгебри і теорії чисел» за старими програмами відводилося 144 аудиторних години, а за новим Стандартом – відповідно 120 годин з наступним змістовим наповненням: «Групи», «Кільця (поля)», «Теорія конгруенцій», «Многочлени (від однієї та багатьох змінних)», «Многочлени від однієї змінної над числовими полями», «Алгебраїчні розширення полів»). Тому з метою економії часу ті теми, що відносилися до елементарної теорії чисел (і які не увійшли у новий стандарт), було винесено на самостійний розгляд як такі, що певною мірою дублюють шкільний курс математики.

З іншого боку, ґрунтовне вивчення саме цих розділів алгебри і теорії чисел забезпечувало необхідну теоретичну та практичну підготовку учителя математики та сприяло розумінню наукових основ шкільного курсу математики. Зокрема, теми «Подільність у кільці цілих чисел», «Ділення цілих чисел з остачею», «Найбільший спільний дільник та найменше спільне кратне цілих чисел» представлена у програмі з математики для 6 класу закладів загальної середньої освіти та 8 класу для класів з поглибленим вивченням математики. Без ґрунтового оволодіння цим навчальним матеріалом неможливим є, наприклад, вивчення дій над дробовими числами, зокрема, зведення чисел до спільного знаменника. Більш того, теми «Числові функції», «Системні числа» та «Ланцюгові дробі» лежать в основі цілої низки програм факультативних занять та математичних гуртків (це, зокрема, теми «Ціла і дробова частини числа», «Алгоритм Евкліда», «Діофантові рівняння», «Системи числення»), а відповідні задачі широко використовуються на олімпіадах і турнірах різних рівнів. У рамках теорії чисел можна навести цілу низку елементарних, на перший погляд, задач, розв'язання яких дало поштовх щодо створення абсолютно нових математичних теорій і методів. Одним із яскравих прикладів цього є велика теорема Ферма, на розв'язання якої математики й аматори усього світу витратили понад 300 років.

Нарешті, вивчення теорії подільності цілих чисел значною мірою передбачає оволодіння такими потужними методами як метод математичної індукції та метод остач, які широко застосовуються не лише в теорії чисел, а й інших математичних курсах. Погіршував ситуацію і той факт, що вказані питання у інших фундаментальних курсах або взагалі не розглядалися, або розглядалися досить поверхнево, без належного теоретичного підґрунтя.

З метою подолання протиріччя між недостатнім представленням теорії чисел в Галузевому Стандарті підготовки вчителя математики 2002 року, нестачею годин на якісне опанування цього курсу з одного боку та вимогами до знань, умінь та навичок майбутнього вчителя математики (у тому числі, щодо його можливості роботи у класах з поглибленим вивченням математики) – з іншого, у Сумському державному педагогічному університеті було прийнято рішення на кілька років (з 2003 по 2005 рр.) ввести в навчальний план підготовки бакалаврів-математиків спецкурс «Вибрані питання теорії чисел». Такий спецкурс було включено у програму підготовки першого року навчання за рахунок варіативної частини навчального плану. Загальна кількість годин, передбачених на вивчення вказаного курсу, становила 72 год. (2 кредити), з яких 36 годин відводилися на аудиторні заняття (18 годин лекцій, 18 год. – практичних занять). Формою підсумкового контролю було обрано залік. Тематичний розподіл курсу наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Тематичний план спецкурсу «Вибрані питання теорії чисел»

№	Тема заняття	Кількість лекц., годин	Кількість практ., год
1	Подільність цілих чисел. Теорема про ділення з остачею	4	2
2	Найбільший спільний дільник та найменше спільне кратне. Алгоритм Евкліда.	2	2
3	Прості і складені числа. Теорема Евкліда. Основна теорема арифметики. Канонічний розклад числа. Розподіл простих чисел у натуральному ряді.	2	4
4	Числові функції. Ціла і дробова частини числа. Мультиплікативні функції. Сума та кількість дільників натурального числа. Функція Ейлера.	4	4
5	Системні числа	2	2
6	Ланцюгові дроби. Підхідні дроби та їх застосування.	4	4
	Усього	18	18

Вказаний спецкурс був спрямований на формування готовності майбутнього вчителя до роботи у школі, зокрема, у класах із поглибленим вивченням математики та створював потрібну базу для вивчення інших фундаментальних курсів («Елементарна математика», «Математичний аналіз», «Числові системи», «Дискретна математика», «Інформатика»).

Згодом, після 2005 року, за рахунок певного збільшення аудиторних годин (зі 120 до 132) вказані вище теми елементарної теорії чисел (за виключенням теми «Ланцюгові дроби») було повернуто у зміст курсу «Алгебра і теорія чисел», а вивчення теми «Ланцюгові дроби» перенесено до курсу «Числові системи». Така ситуація проіснувала (з незначними коливаннями годин у навчальних планах підготовки майбутніх учителів математики) аж до чергового реформування системи вищої освіти і створення нової освітньої програми підготовки фахівців за спеціальністю 014 Середня освіта (Математика), яка була затверджена в Сумському державному педагогічному університеті імені А.С.Макаренка у 2020 році як освітній стандарт.

За новими навчальними планами, що були складені в університеті відповідно до вказаної освітньої програми, на вивчення курсу «Алгебра і теорія чисел» було виділено 7 кредитів (210 годин), з яких лише 82 години відводились на аудиторні заняття (40 год. лекційних і 42 год. – практичних занять).

Таблиця 2

Порівняльна таблиця кількості годин, відведених на вивчення курсу «Алгебра і теорія чисел», у 3–4 семестрах програми підготовки майбутніх учителів математики в СумДПУ імені А.С.Макаренка

Рік	Загальна кількість годин, відведених на вивчення курсу	Кількість аудиторних годин,
1992	–	144
2003	216	120
2020	210	82

Вивчення курсу, як і раніше, було заплановане на 3 та 4 навчальні семестри з екзаменом і заліком як формами підсумкової атестації відповідно. Різке зменшення кількості годин автори навчального плану пов'язували із загальними тенденціями скорочення числа аудиторних занять у вітчизняних ЗВО та вимогою стейкхолдерів (більшість із яких є вчителями математики шкіл міста Суми та області) зменшити число годин, відведених на фундаментальну підготовку, на користь практичної.

Дана ситуація є досить загрозливою, оскільки ні про яку якість навчання за такої кількості годин без перегляду навчальної програми даного курсу (як і більшості інших курсів фундаментальної математичної підготовки бакалаврів зі спеціальності 014 Середня освіта. Математика) говорити важко. Як вихід з такого становища фахівцями-алгебраїстами кафедри математики було запропоновано теми, що стосуються елементарної теорії чисел, теорії конгруенцій та теорії многочленів однієї та кількох змінних, а також основ теорії груп та кілець (вивчення останньої теми обмежити 4 год. лекційних і 4 год. практичних занять) залишити у рамках нормативного курсу алгебри, а усі спеціальні питання, що стосуються теорії груп, кілець та полів винести в окремий спецкурс, який пропонувати студентам другого або третього курсу бакалаврату спеціальності «Математика» як вибіркову дисципліну.

Слід зазначити, що теорії груп, кілець та полів є ключовими розділами «некількісної» математики і на відміну від усіх інших розділів курсу «Алгебра і теорія чисел» відносяться до основ сучасної математики. Вони дають підґрунтя та дієві засоби дослідження алгебраїчних рівнянь, геометричних перетворень, проблем теорії чисел, топології, теорії геометричних побудов тощо. Відповідні інструменти цих теорій широко використовуються в таких розділах сучасної фізики як теорія атома, теорія твердого тіла, кристалографія, квантова хімія, теорія елементарних частинок тощо. Тому без знання основ теорій груп, кілець та полів підготовка майбутнього вчителя математика буде неповною і позбавленою відповідної основи. Отже, введення в навчальний план вибіркової дисципліни з елементів сучасної алгебри є необхідним кроком.

На вивчення курсу «Елементи сучасної алгебри» планується відвести 4 кредити (120 годин) навчального часу, з них 42 години – на аудиторні заняття (22 год. лекційних та 20 год. практичних занять); форма атестації – залік. Основною метою вказаного курсу є формування у майбутніх учителів математики знань з основ сучасної алгебри та розкриття можливостей дослідження об'єктів різних математичних теорій засобами сучасної алгебри. Тематичний план курсу «Елементи сучасної алгебри» наводиться нижче у таблиці 3.

Таблиця 3

Тематичний план курсу «Елементи сучасної алгебри»

№	Тема заняття	Кількість лекц. годин	Кількість практичн. год
Елементи теорії груп			
1	Алгебраїчні операції. Алгебри з однією бінарною алгебраїчною операцією: групоїди, напівгрупи, моноїди, групи. Приклади.	2	2
2	Підгрупи та їх властивості. Система твірних елементів групи і підгрупи. Циклічні групи і підгрупи та їх властивості.	2	2
3	Властивості елементів групи. Класифікація груп за властивостями групової операції та за порядками і кількістю елементів групи. Ізоморфізм груп. Приклади.	2	2
4	Суміжні класи. Теорема Лагранжа та наслідки з неї.	2	2
5	Нормальні підгрупи, фактор-групи, гомоморфізми груп. Приклади.	2	2
Елементи теорії кілець та полів			
6	Алгебри з двома алгебраїчними операціями: півкілець, кільця, тіла і поля. Основні властивості, приклади	2	2
7	Підкілець, ідеали кілець, головні ідеали. Кільця головних ідеалів. Евклідові кільця.	2	2
8	Відношення подільності в асоціативних і комутативних кільцях з одиницею. Ізоморфізми та гомоморфізми кілець. Фактор-кільця.	2	3
9	Поля, підполя. Числові поля. Алгебраїчні і трансцендентні числа. Поле алгебраїчних чисел.	2	1
10	Прості розширення полів. Алгебраїчні і трансцендентні елементи над полем. Алгебраїчні розширення полів. Скінченні поля та їх основні властивості.	2	1
11	Побудови циркулем і лінійкою та розширення полів.	2	1
Усього		22	20

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

На користь імплементації курсу «Алгебра і теорія чисел», а також пов'язаних із ним курсів за вибором «Вибрані питання теорії чисел» та «Елементи сучасної алгебри» в систему професійної підготовки майбутніх учителів математики свідчать наступні аргументи:

- дані курси гарантують необхідну теоретичну та практичну підготовку учителя математики та сприяють розумінню наукових основ шкільного курсу математики;
- теми «Ділення цілих чисел з остачею», «Найбільший спільний дільник та найменше спільне кратне цілих чисел», «Основна теорема арифметики», «Ознаки подільності», «Многочлени від однієї змінної» представлені у Програмі з математики для закладів загальної середньої освіти, а теми: «Подільність у кільці цілих чисел», «Конгруенції за модулем», «Ділення многочленів з остачею», «Корені многочленів і теорема Безу», «Раціональні корені многочленів з цілими коефіцієнтами» – у програмі для класів з поглибленим вивченням математики;
- теми «Числові функції», «Ціла і дробова частини числа», «Алгоритм Евкліда», «Діофантові рівняння», «Системні числа» та «Ланцюгові дробі» лежать в основі програм факультативних занять та математичних гуртків;
- задачі з теорії чисел широко використовуються на олімпіадах і турнірах різних рівнів;
- знання основ теорії груп, кілець та полів дають підґрунтя та дієві засоби дослідження алгебраїчних рівнянь, геометричних перетворень, окремих проблем теорії чисел, топології й теорії геометричних побудов, а також розуміння основ шкільного курсу математики;
- знання та уміння, які набувають студенти під час вивчення курсу алгебри і теорії чисел формують необхідну базу для вивчення таких теоретичних та практичних курсів як «Математичний аналіз», «Числові системи», «Дискретна математика», «Елементарна математика».

Базуючись на досвіді викладання курсу «Алгебра і теорія чисел» на кафедрі математики Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка, вважаємо, що в умовах подальшого зменшення кількості аудиторних годин та відсутності Державного стандарту освіти, проблеми, що виникають у зв'язку з необхідністю якісної професійної підготовки майбутніх учителів математики, можуть і повинні бути розв'язані шляхом впровадження вибіркового дисциплін з елементів сучасної алгебри у навчальний процес.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bair, S.L., Rich, B.S. (2011). Characterizing the Development of Specialized Mathematical Content Knowledge for Teaching in Algebraic Reasoning and Number Theory. *Mathematical Thinking and Learning*, 13(4), 292-321. <https://doi.org/10.1080/10986065.2011.608345>.
2. Dean, R. A. (1962). Group theory for school mathematics. *The Mathematics Teacher*, 55, 2, 98-105.
3. Denbow, C. H. (1959). To teach modern algebra. *The Mathematics Teacher*, 52, 3, 162-170.
4. Mendoza Álvarez, J. A., White, D. (2018). Making Mathematical Connections Between Abstract Algebra and Secondary Mathematics Explicit: Implications for Curriculum, Research, and Faculty Professional Development. In N. H. Wasserman (Ed.), *Connecting Abstract Algebra to Secondary Mathematics, for Secondary Mathematics Teachers* (pp. 175-185). Springer.
5. Pramasdyahsari, A. S., Setyawati, R. D., Albab, I. U. (2020). How group theory and school mathematics are connected: an identification of mathematics in-service teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1663, 012068. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1663/1/012068>.

6. Qiu, S.Y., Liu, L.A. (2010). On Teaching Reform of Elementary Number Theory in Colleges. *International Conference on Education and Sports Education*, Wuhan, China, 1, 246-248.
7. Suominen, A. L. (2018). Abstract Algebra and Secondary School Mathematics Connections as Discussed by Mathematicians and Mathematics Educators. In N. H. Wasserman (Ed.), *Connecting Abstract Algebra to Secondary Mathematics, for Secondary Mathematics Teachers* (pp. 149-173). Springer.
8. Zakis, R. (2007). Number Theory in Mathematics Education: Queen and Servant. *SEMT 07: International Symposium Elementary Maths Teaching*, Prague, Czech Republic, 46-59.
9. Zakis, R., Campbell, S. (1996). Divisibility and multiplicative structure of natural numbers: Preservice teachers' understanding. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27 (5), 540-563. <https://doi.org/10.2307/749847>.
10. Лиман, Ф. М., Друшляк, М. Г., Лукашова, Т. Д. (2019). Формування логічної грамотності майбутніх учителів математики як важливої складової їх професійної підготовки. *Фізико-математична освіта*, 2(20), 72-79. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-020-2-012>.
11. Требенко, Д. (2012). Аналіз сучасної міжнародної практики конструювання курсу вищої алгебри. *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини*, 1, 291-297.
12. Требенко, Д. Я. (2012). Порівняльний аналіз змісту курсів вищої алгебри різних університетів світу. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 33, 41-50.
13. Требенко, Д.Я, Требенко, О.О. (2009). Введение и формирование понятия группы в курсе высшей алгебры. *Дидактика математики: проблемы и исследования*, 32, 125-133.
14. Требенко, Д.Я, Требенко, О.О. (2010). Теория чисел как необходимый компонент профессиональной подготовки будущего учителя математики. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Філософія. Політологія*, 94-96, 158-161.
15. Требенко, Д.Я, Требенко, О.О. (2017). Про структуру і зміст курсів «Лінійна алгебра» та «Алгебра і теорія чисел» для спеціальностей «Математика» і «Середня освіта (Математика)» в педагогічному університеті. *Актуальні проблеми теорії і методики навчання математики*, 224.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bair, S.L., Rich, B.S. (2011). Characterizing the Development of Specialized Mathematical Content Knowledge for Teaching in Algebraic Reasoning and Number Theory. *Mathematical Thinking and Learning*, 13(4), 292-321. <https://doi.org/10.1080/10986065.2011.608345>.
2. Dean, R. A. (1962). Group theory for school mathematics. *The Mathematics Teacher*, 55, 2, 98-105.
3. Denbow, C. H. (1959). To teach modern algebra. *The Mathematics Teacher*, 52, 3, 162-170.
4. Mendoza Álvarez, J. A., White, D. (2018). Making Mathematical Connections Between Abstract Algebra and Secondary Mathematics Explicit: Implications for Curriculum, Research, and Faculty Professional Development. In N. H. Wasserman (Ed.), *Connecting Abstract Algebra to Secondary Mathematics, for Secondary Mathematics Teachers* (pp. 175-185). Springer.
5. Pramasdyahsari, A. S., Setyawati, R. D., Albab, I. U. (2020). How group theory and school mathematics are connected: an identification of mathematics in-service teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1663, 012068. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1663/1/012068>.
6. Qiu, S.Y., Liu, L.A. (2010). On Teaching Reform of Elementary Number Theory in Colleges. *International Conference on Education and Sports Education*, Wuhan, China, 1, 246-248.
7. Suominen, A. L. (2018). Abstract Algebra and Secondary School Mathematics Connections as Discussed by Mathematicians and Mathematics Educators. In N. H. Wasserman (Ed.), *Connecting Abstract Algebra to Secondary Mathematics, for Secondary Mathematics Teachers* (pp. 149-173). Springer.
8. Zakis, R. (2007). Number Theory in Mathematics Education: Queen and Servant. *SEMT 07: International Symposium Elementary Maths Teaching*, Prague, Czech Republic, 46-59.
9. Zakis, R., Campbell, S. (1996). Divisibility and multiplicative structure of natural numbers: Preservice teachers' understanding. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27 (5), 540-563. <https://doi.org/10.2307/749847>.
10. Lyman, F. M., Drushliak, M. H., Lukashova, T. D. (2019). Formuvannya lohichnoi hramotnosti maibutnikh uchyteliv matematyky ya k vazhlyvoi skladovoi yikh profesiinoyi pidhotovky [Formation of logical literacy of future teachers of mathematics as an important component of their training]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and mathematical education*, 2(20), 72-79. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-020-2-012>. (in Ukrainian).
11. Trebenko, D. (2012). Analiz suchasnoi mizhnarodnoi praktyky konstruiuvannya kursu vyshchoi alhebry [Analysis of modern international practice of constructing a course in higher algebra]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Pavla Tychny – Collection of scientific works of Uman State Pedagogical University named after Pavel Tychny*, 1, 291-297. (in Ukrainian).
12. Trebenko, D. Ya. (2012). Porivnialnyi analiz zmistu kursiv vyshchoi alhebry riznykh universytetiv svitu [Comparative analysis of the content of higher algebra courses of different universities around the world.]. *Suchasni informatsiini tekhnologii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy – Modern information technologies and innovative teaching methods in training: methodology, theory, experience, problems*, 33, 41-50. (in Ukrainian).
13. Trebenko, D.Ja, Trebenko, O.O. (2009). Vvedenie i formirovanie ponjatija grupy v kurse vysshej alhebry [Introduction and formation of the concept of a group in the course of higher algebra]. *Didaktika matematiki: problemy i issledovaniia – Didactics of mathematics: problems and research*, 32, 125-133. (in Russian).
14. Trebenko, D.Ia, Trebenko, O.O. (2010). Teoriia chysel kak neobkhodymyi komponent professyonalnoi podhotovky budushcheho uchytelia matematyky [Number theory as a necessary component of the training of future mathematics teachers]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. Tarasa Shevchenka. Filosofiia. Politolohiia – Bulletin of Kyiv National University. Taras Shevchenko. Philosophy. Politology*, 94-96, 158-161. (in Ukrainian).
15. Trebenko, D.Ia, Trebenko, O.O. (2017). Pro strukturu i zmist kursiv «Liniina alhebra» ta «Alhebra i teoriia chysel» dlia spetsialnostei «Matematyka» i «Serednia osvita (Matematyka)» v pedahohichnomu universyteti [On the structure and content of the courses "Linear Algebra" and "Algebra and Number Theory" for the specialties "Mathematics" and "Secondary Education (Mathematics)" at the Pedagogical University]. *Aktualni problemy teorii i metodyky navchannia matematyky – Current issues of theory and methods of teaching mathematics*, 224. (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 10.31110/2413-1571-2022-033-1-004

UDK 514.84

FORMATION OF MODERN MATHEMATICAL APPROACH TO SOLVING PROBLEMS OF PHYSICS

ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОГО МАТЕМАТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ФІЗИКИ

Тетяна ОБИХОД ✉

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна
 obikhod@kinr.kiev.ua
<https://orcid.org/0000-0003-1103-4006>

Tetiana OBIKHOD ✉

Institute for Nuclear Research NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
 obikhod@kinr.kiev.ua
<https://orcid.org/0000-0003-1103-4006>

АНОТАЦІЯ

Постановка проблеми. Точні дослідження бозона Хіггса, суперсиметричних частинок, магнітного моменту мюона, електричного дипольного моменту електрона, аномалій аромату демонструють відхилення від Стандартної моделі. Вони пов'язані з новим розумінням квантової теорії поля через об'єднання гравітації з фізикою елементарних частинок в рамках теорії струн - потужного інструменту, який змінює картину теорії. Стаття присвячена вивченню нової фізики через ці дві складові. Спочатку ми розглянули фізику елементарних частинок з точки зору останніх експериментальних даних, а потім перейдемо до математичного апарату теорії струн.

Матеріали та методи. Теорія Янга-Мілса $N = 2$ є аналогом гетеротичної струни, що визначається у десятивимірному просторі: чотири звичайні просторово-часові координати та шість додаткових вимірів, відомих як многовиди Калабі-Яу у зваженому проективному просторі. Ми досліджували многовиди Калабі-Яу в термінах як диференціальних форм, так і рефлексивних багатограників, щоб отримати інформацію про елементарні частинки. Для подальшої роботи з многовидами Калабі-Яу були використані диференціальні форми для обчислення груп когомологій та рефлексивні багатограники для обчислення чисел Ходжа. Ми використали два визначення загальних властивостей торичних многовидів: як гіперповерхні в термінах диференціальних форм і як проективний простір у термінах рефлексивного багатограника. Потім ми досліджували гратчасті багатограники Δ , які породжують сімейства гіперповерхень Калабі-Яу у зваженому проективному просторі $P\Delta$. Такі багатограники допускають комбінаторну характеристику і називаються рефлексивними.

Результати. Порівняння двох підходів до опису многовиду Калабі-Яу як комплексного многовиду і як зваженого проективного простору привело нас до висновку про еквівалентність цих двох трактувань у контексті обчислення характеристики Ейлера. Оскільки характеристикою Ейлера для фізики елементарних частинок є кількість поколінь кварків і лептонів, вибір многовидів Калабі-Яу з відповідними топологічними властивостями є однією з актуальних проблем сучасної фізики. Необхідно підкреслити, що важливим результатом нашої роботи є збіг значення ейлерової характеристики, знайденої в термінах когомологій Дольбо і в термінах рефлексивного поліедра. Отримана інформація про топологічні інваріанти необхідна для прогнозування кількості поколінь у фізиці елементарних частинок.

Висновки. Хоча єдиної теорії всіх взаємодій поки що не знайдено, однак певні аспекти, пов'язані з трактуванням єдиної теорії всіх взаємодій з точки зору сучасної математики, дають свої вагомі результати. Тому використання та розробка апарату алгебраїчної геометрії для пошуку топологічних інваріантів, що мають значення спостережуваних у фізиці, є актуальним завданням.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Стандартна модель; многовид Калабі-Яу; торичні многовиди; диференціальна форма; зважений проективний простір; рефлексивний багатограник; когомологія Дольбо; Характеристика Ейлера.

ABSTRACT

Formulation of the problem. Precision studies of the Higgs boson, supersymmetric particles, the magnetic moment of the muon, electric dipole moment of the electron, flavor anomalies demonstrate the deviation beyond Standard Model. They are connected with a new understanding of quantum field theory through the unification of gravity with particle physics in the framework of string theory - the powerful instrument, which has changed the theory picture. The article is devoted to the study of new physics through these two components. First, we considered particle physics in terms of the latest experimental data and then moved on to the mathematical apparatus of string theory.

Materials and methods. The $N = 2$ Yang-Mills theory is the heterotic string analog determined in ten-dimensional space: four usual space-time coordinates and six extra dimensions, known as Calabi-Yau manifold in weighted projective space. We studied the Calabi-Yau manifold in terms of both differential forms and reflexive polyhedra to extract the elementary particle information. For further work with Calabi-Yau manifolds, differential forms for calculation of cohomology groups and reflexive polyhedra for calculation of Hodge numbers were used. We used two definitions of general properties of toric varieties: hypersurfaces in terms of differential forms and projective space in terms of reflexive polyhedra. Then we investigated lattice polyhedra Δ which gives rise to families of Calabi-Yau hypersurfaces in weighted projective space, $P\Delta$. Such polyhedra admit a combinatorial characterization and are called reflexive polyhedra.

Results. The comparison of two approaches to the description of Calabi-Yau manifold as a complex manifold and as weighted projective space led us to the conclusion about the equivalence of these two treatments in the context of calculation of the Euler characteristic. As Euler's characteristic for elementary particle physics is the number of generations of quarks and leptons, the selection of Calabi-Yau manifolds with appropriate topological properties is one of the urgent problems of modern physics. It is necessary to stress that the important result of our paper is the coincidence of the value of the Euler characteristic, found in terms of Dolbeault cohomology and terms of reflexive polyhedra. The obtained information about topological invariants is necessary for predicting the number of generations in particle physics.

Conclusions. Although a unified theory of all interactions has not yet been found, however, certain aspects related to the interpretation of the unified theory of all interactions in terms of modern mathematics give their significant results. Therefore, the use and development of the apparatus of algebraic geometry for finding topological invariants that have the value of observables in physics is an urgent task.

KEYWORDS: Standard Model; Calabi-Yau manifold; toric varieties; differential form; weighted projective space; reflexive polyhedra; Dolbeault cohomology; Euler characteristic.

INTRODUCTION

Formulation of the problem. The discovery of the Standard Model (SM) Higgs boson at electroweak scale was a triumph of field theory. But the existence of hierarchy problems, dark matter, and dark energy, the recent experimental data (LHCb Collaboration, 2021; Crivellin et al., 2021; Bobeth et al., 2021; Muon g-2 collab., 2021) has led us to the most important channels for

Для
 цитування:

Obikhod T. Formation of modern mathematical approach to solving problems of physics. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33. № 1. С. 26-29.
 DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-004
 Obikhod, T. (2022). Formation of modern mathematical approach to solving problems of physics. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 26-29.
<https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-004>

For
 citation:

Obikhod, T. (2022). Formation of modern mathematical approach to solving problems of physics. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 26-29.
<https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-004>
 Obikhod, T. (2022). Formation of modern mathematical approach to solving problems of physics. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 33(1), 26-29. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-004>

✉ Corresponding author

© T. Obikhod, 2022

the search for new physics: a) B -decay anomalies, connected with the transition between quarks, $b \rightarrow sll$, strongly suppressed by SM showed 3.1σ from SM predictions; b) BaBar, Belle and LHCb analysis of charged-current $b \rightarrow c\tau\nu$ decays showed the combined significance of roughly 3σ ; c) combined measurements at Brookhaven and Fermilab of the magnetic moment of the muon presented the overall significance of 4.2σ ; d) Cabibbo-Kobayashi-Maskawa elements determined with unitarity relation demonstrated a deficit at the 3σ level. To resolve the problems of SM, we will consider particle physics in terms of the mathematical apparatus of superstring theory.

The $N = 2$ Yang-Mills theory is the heterotic string analog recently solved in the work of Seiberg and Witten (Seiberg & Witten, 1994). This theory is determined in ten-dimensional space: four usual space-time coordinates and six extra dimensions, known as Calabi-Yau manifold in weighted projective space. It turns out that physical information about matter content can be obtained from the study of geometric properties and the calculation of topological invariants of the space of extra dimensions that appears in string theory. So, we'll study the Calabi-Yau manifold in terms of differential forms and reflexive polyhedra to extract the information about the number of particle generation.

Analysis of current research. The emergence of string theory is associated with the analysis of experimental data on pion scattering, which was described in 1968 by J. Veneciano and M. Suzuki using beta functions. In 1970, Nambu J., Goto T., Nielsen H. and Susskind L. put forward the idea of the interaction between pi-mesons through "an infinitely thin thread that oscillates", (Susskind, 1970). Thus, the theory of superstrings appeared, which describes elementary particles and the interactions between them. Scientists such as Green M., Schwarz J., Volkov DV, Kazakov DI (Green et al., 2012) associated with the development of this theory. In the 1990s, Witten E., Polchinsky J., and others discovered evidence for combining superstring theories into an 11-dimensional M-theory, (Susskind, 1970). Such theories are connected with Calabi-Yau space with properties necessary for preservation supersymmetry after compaction of ten-dimensional space on a six-dimensional torus.

The purpose of the article. The statement about the Yang-Mills theory presented in terms of heterotic string theory gives us the possibility to receive the problems of high energy theory in the mathematical language of string theory. So, the purpose of our paper is to present the equivalence of the calculation of topological invariants of algebraic geometry through the Dolbeault cohomology or in terms of reflexive polyhedral, which gives us the information of the number of generation in physics.

THEORETICAL BASES OF THE RESEARCH

In the future, we will work with a section of mathematics - topology. Topology is connected with bending, stretching, and compressing of the material without limit, but cannot create or destroy holes within shapes. So, a new concept called homology helps mathematicians connect topology with algebra. We will deal with the counting of a specific type of hole, which can be described as a closed and hollow space. The samples of one-dimensional holes of different types are presented in Fig. 1.

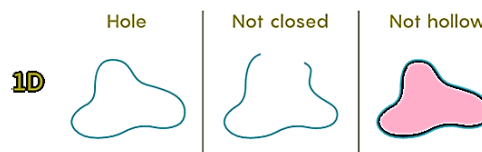


Fig. 1. One-dimensional holes of different types

To distinguish closed and hollow spaces it is necessary to know the information about its boundaries: the boundary of a one-dimensional line segment, solid triangle, and solid pyramid are the two points, the hollow triangle, and hollow pyramid correspondingly. Different types of holes are characterized by mathematicians by a chain complex. For example, a pyramid bounded by four triangles, six lines, and four points can be presented as a chain complex, Fig. 2.

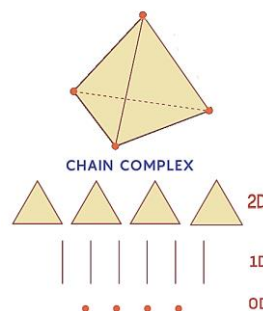


Fig. 2. Chain complex of the pyramid that gives the assembly instructions for a shape

So, any shape is built by grouping by dimension and arranging through gluing pieces of different dimensions. In mathematical language, we'll describe this procedure in the following way. Let's consider n -simplex σ , which is a continuous mapping of $\Delta_n \rightarrow X$ (X is the space), and consider the mapping $F_i : \Delta_{n-1} \rightarrow \Delta_n$ obtained by the restriction of linear embedding $R^n \rightarrow R^{n+1}$. The composition $\sigma \circ F_i$ is an $(n-1)$ -simplex and is called the i -th face of σ . From these faces is constructed n -cochain with values in A (abelian group), which associates with each singular n -simplex the element from A . For such a cochain α we can define its coboundary: the $(n+1)$ -cochain $d\alpha$,

$$d\alpha(\sigma) = \sum_{i=0}^{n+1} (-1)^i \alpha(\sigma \circ F_i).$$

So, the construction of any shape in X from the pyramid is presented through the complex

$$S(X)^{\bullet} : 0 \rightarrow S_X^0 \rightarrow \dots \rightarrow S_X^n \rightarrow \dots$$

called singular cochain complex of the space X . Its cohomology is called singular cohomology of X with values in A denoted by $H^i(X, A)$. The language of differential forms, simplexes for the description of extra-dimensional space – Calabi-Yau manifold will be used in the presented paper.

METHODS OF THE RESEARCH

For further work with Calabi-Yau manifolds, we will use two approaches: a) calculation of cohomology groups using differential forms b) calculation of Hodge numbers using reflexive polyhedra.

a) To describe complex manifolds of Calabi-Yau type, we'll consider differential forms on such manifolds with basic differentials

$$dz^j = dx^j + i dy^j.$$

For (p, q) -forms

$$\omega = \omega_{i_1 \dots i_p, \bar{j}_1 \dots \bar{q}} dz^{i_1} \wedge \dots \wedge dz^{i_p} \wedge d\bar{z}^{\bar{j}_1} \wedge \dots \wedge d\bar{z}^{\bar{q}}$$

the external derivatives have the form

$$\partial \omega = \frac{\partial}{\partial z^i} \omega_{i_1 \dots i_p, \bar{j}_1 \dots \bar{q}} dz^i \wedge \dots \wedge dz^{i_p} \wedge d\bar{z}^{\bar{j}_1} \wedge \dots \wedge d\bar{z}^{\bar{q}}, \quad \bar{\partial} \omega = \frac{\partial}{\partial \bar{z}^{\bar{i}}} \omega_{i_1 \dots i_p, \bar{j}_1 \dots \bar{q}} d\bar{z}^{\bar{i}} \wedge \dots \wedge d\bar{z}^{\bar{q}} \wedge dz^{i_1} \wedge \dots \wedge dz^{i_p}.$$

Dolbo's cohomology, (Griffiths & Harris, 2014), which characterize the type of manifold is defined by

$$H^{p,q} = \frac{\bar{\partial} - \text{closd}(p, q) - \text{form}}{\bar{\partial} - \text{exact}(p, q) - \text{form}}.$$

b) Calabi-Yau manifold $X_d(\omega_1, \dots, \omega_5)$ in weighted projective space

$$P_{\omega_1, \dots, \omega_5}^4 = P^4 / Z_{\omega_1} \times \dots \times Z_{\omega_5},$$

with P^4 - four-dimensional projective space and Z_{ω_i} - the cyclic group is defined from the superpotential $W(\varphi_1, \dots, \varphi_5) = 0$, (Candelas et al., 1990; Greene et al., 1991), which satisfies the homogeneity condition,

$$W(x^{\omega_1} \varphi_1, \dots, x^{\omega_5} \varphi_5) = x^d W(\varphi_1, \dots, \varphi_5), \quad d = \sum_{i=1}^5 \omega_i, \quad \varphi_1, \dots, \varphi_5 \in P_{\omega_1, \dots, \omega_5}^4.$$

Such a variety is called toric one, Fig.3

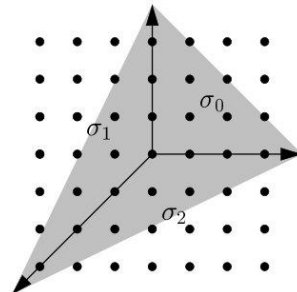


Fig. 3. Example of toric variety in P^2

which comes from the fans by gluing them all together. So, we can construct reflexive polyhedron, (Batyrev, 1993), from fans

$$\Delta(\bar{\omega}) := \left\{ (x_1, \dots, x_{n+1}) \in R^{n+1} \mid \sum_{i=1}^{n+1} \bar{\omega}_i x_i = 0, x_i \geq -1 \right\}.$$

Fans are combined from a set of convex cones σ in R^d . For $\bar{n}_1, \dots, \bar{n}_r \in Z^d$, $\sigma = R_{\geq} \bar{n}_1 + \dots + R_{\geq} \bar{n}_r$, d is equal to $d = \sum_{i=1}^r \omega_i$

- the sum of Calabi-Yau weights. For further consideration, we need the notion of a hypersurface - a manifold or an algebraic variety of dimension $n - 1$, which is embedded in an ambient space of dimension n . In general, it is a Euclidean space, an affine space, or a projective space. We are dealing with projective spaces. Most definitions assume the Calabi-Yau manifold is non-singular, but for singular Calabi-Yau's, the canonical bundle and canonical class may still be defined. V. Batyrev has proposed the following theorem, (Batyrev, 1993):

Theorem. Let Δ be n -dimensional integral polyhedron, P_Δ - the n -dimensional projective toric variety, $F(\Delta)$ - the family of hypersurfaces $\bar{Z}_f$ in P_Δ . Then the family $F(\Delta)$ of hypersurfaces in P_Δ consists of Calabi-Yau varieties with canonical singularities.

RESULTS OF RESEARCH

To distinguish between two shapes that are hard to visualize an invariant in the form of a single number exists, which doesn't vary after the change of an object's inessential features (if you stretch or distort some shape). Centuries ago mathematicians discovered, that a combination of the number of shapes plus the number of corners minus the number of edges

always comes out the same. For example, a tetrahedron (with four triangles, four corners, and six edges), has the number $4 + 4 - 6 = 2$. The same procedure can be done for Calabi-Yau hypersurface Z_f through the calculation of the Hodge-Deligne number $h^{n-2,1}(Z_f)$ of the cohomology group $H^{n-1}(Z_f)$ as follows

$$h^{n-2,1}(Z_f) = l(\Delta) - n - 1 - \sum_{\text{codim } \Theta=1} l^*(\Theta).$$

where face $\Theta \subset \Delta$, $l(\Delta)$ – Mori generators, (Candelas et al. 1994). The Euler characteristic for $p, q=n$ is defined as the alternated sum of Hodge-Deligne numbers,

$$\sum_{i \geq 0} (-1)^i h^{p,q}(H_c^i(V)).$$

On the other hand, we can construct Euler's characteristics using Dolbo's cohomology. Knowing, that

$$\dim H_{\bar{\partial}}^{p,q}(M) = h^{p,q}$$

where $h^{p,q}$ – Hodge numbers, the Euler characteristic for a flat plane variety is determined from Hodge numbers as follows

$$\chi = \sum_{p,q=n} (-1)^{p+q} h^{p,q} = 2(h^{1,1} - h^{2,1}).$$

$$\text{A number of generations} = \frac{1}{2} |\chi|.$$

CONCLUSIONS AND PERSPECTIVES FOR A FURTHER RESEARCH

The comparison of two approaches to the description of Calabi-Yau manifold as a complex manifold and as toric variety led us to the conclusion about the equivalence of these two treatments in the context of calculation of the Euler characteristic. Topological invariants reflect the geometric properties of the manifold, and on the other hand, the Euler characteristic for elementary particle physics is the number of generations of quarks and leptons. Thus, Einstein's statement that "physics is geometry" is realized. Therefore, the selection of Calabi-Yau manifolds with appropriate topological properties is one of the urgent problems of modern physics. On the other hand, it is necessary to stress the important result of the coincidence of the value of the Euler characteristic, found in terms of Dolbeault cohomology or terms of reflexive polyhedral. Such a result leads us to the conclusion about the importance of modern mathematical approaches to physical problems.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Batyrev, V. (1993). Dual Polyhedra and Mirror Symmetry for Calabi-Yau Hypersurfaces in Toric Varieties. *Algebraic Geometry*, <https://arxiv.org/abs/alg-geom/9310003>.
2. Bobeth, C., Bordone, M., Gubernari, N., Jung, M., & Danny van Dyk. (2021). Lepton-flavour non-universality of $B^- \rightarrow D^* \ell \nu^-$ angular distributions in and beyond the Standard Model. *Eur. Phys. J. C* 81, 984. <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-021-09724-2>.
3. Candelas, P., Lynker, M., & Schimmrigk R. (1990). Calabi-Yau Manifolds in Weighted $P(4)$. *Nucl. Phys. B* 341, 383-402. [https://doi.org/10.1016/0550-3213\(90\)90185-G](https://doi.org/10.1016/0550-3213(90)90185-G)
4. Candelas, P., de la Ossa, X., & Katz, S. (1994). Mirror Symmetry for Calabi-Yau Hypersurfaces in Weighted P_4 and Extensions of Landau Ginzburg Theory. *Nucl. Phys. B* 450. <https://arxiv.org/abs/hep-th/9412117>.
5. Crivellin, A., Manzari, C., Algueró, M., & Matias, J. (2021). Combined Explanation of the $Z \rightarrow b^+ b^-$ Forward-Backward Asymmetry, the Cabibbo Angle Anomaly, and $\tau \rightarrow \mu \nu \nu$ and $b \rightarrow s \ell^+ \ell^-$ Data. *Phys. Rev. Lett.*, 127, 011801. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.011801>
6. Green, M., Schwarz, J., & Witten, E. (2012). Superstring theory. Vol. 1: *Introduction*. Cambridge University Press.
7. Green, M., Schwarz, J., & Witten, E. (2012). Superstring theory. Vol. 2: *Loop amplitudes, anomalies and phenomenology*. Cambridge University Press.
8. Greene, B.R., Roan, S.S., & Yau, S. T. (1991). Geometrie singularities and spectra of Landau-Ginzberg models. *Commun. Math. Phys.* 142, 245-259. <https://doi.org/10.1007/BF02102062>
9. Griffiths, P., & Harris, J. (2014). *Principles of Algebraic Geometry*. John Wiley & Sons.
10. LHCb Collaboration (2021). Tests of lepton universality using $B^0 \rightarrow K^0 S \ell^+ \ell^-$ and $B^+ \rightarrow K^+ \ell^+ \ell^-$ decays. LHCb-PAPER-2021-038. <http://cds.cern.ch/record/2784954>
11. Muon g-2 collab. (2021). Measurement of the Positive Muon Anomalous Magnetic Moment to 0.46 ppm. *Phys.Rev.Lett.*, 126, 141801. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.141801>
12. Seiberg, N. & Witten, E. (1994). Electric-magnetic Duality, Monopole Condensation, and Confinement in $N=2$ Supersymmetric Yang-Mills Theory. *Nucl. Phys.*, B426, 19-52. [https://doi.org/10.1016/0550-3213\(94\)00124-4](https://doi.org/10.1016/0550-3213(94)00124-4)
13. Susskind, L. (1970). Structure of Hadrons Implied by Duality. *Physical Review D*. 1 (4), 1182–1186. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevD.1.1182>



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 10.31110/2413-1571-2022-033-1-005

УДК [378.016 : 004]: 373.3

ОЗНАЙОМЛЕННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ З СУЧАСНИМИ ОСВІТНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Надія ОЛЕФІРЕНКО

Харківський національний педагогічний університет
 імені Г.С. Сковороди, Харків, Україна
 olefirenkonn@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9086-0359>

Віра АНДРІЄВСЬКА ✉

Харківський національний педагогічний університет
 імені Г.С. Сковороди, Харків, Україна
 andvera80@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1632-4045>

FAMILIARIZATION OF PRE-SERVICE COMPUTER SCIENCE TEACHERS WITH MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

Nadiia OLEFIRENKO

H.S. Skovoroda Kharkiv National
 Pedagogical University, Kharkiv, Ukraine
 olefirenkonn@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9086-0359>

Vira ANDRIIEVSKA ✉

H.S. Skovoroda Kharkiv National
 Pedagogical University, Kharkiv, Ukraine
 andvera80@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1632-4045>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Основною рушійною силою у реформуванні освіти є інноваційні освітні технології, як такі, що уможливають: створення цілісного ІКТ-орієнтованого освітнього середовища; створення Science-простору; використання дидактичних можливостей сучасних персональних ІТ-пристроїв та їх доцільне застосування у процесі навчання; розширення інструментальної підтримки пізнавальної діяльності; надання різноаспектної педагогічної підтримки. Визначено причини модернізації методичної підготовки майбутніх учителів інформатики, зокрема, пов'язаних з перманентним оновленням шкільного курсу інформатики, зміною парадигм навчання, збільшенням інтересу освітян до сучасних ІКТ-зорієнтованих технологій навчання, наскрізним використанням ІКТ у освітньому процесі, розширенням спектру додаткових курсів з поглибленого вивчення окремих розділів інформатики тощо.

Матеріали і методи. Використано теоретичні методи дослідження, зокрема, аналіз, узагальнення, систематизація і вивчення психолого-педагогічної, методичної та спеціальної літератури, інформаційних джерел з проблеми дослідження.

Результати. Для відповідної підготовки майбутніх вчителів оновлено зміст курсу «Методика навчання інформатики» модулем «Освітні технології». Уточнено сутність ІКТ-орієнтованих освітніх технологій (дистанційне навчання, E-Learning, M-Learning, F-Learning, Blended-Learning, STEM-навчання, Smart-навчання, технологія самоосвіти). Схарактеризовано очікувані результати вивчення майбутніми педагогами оновленої навчальної дисципліни «Методика навчання інформатики».

Висновки. Оновлення курсу «Методика навчання інформатики» і запровадження модуля «Освітні технології» у систему підготовки студентів спеціальності «014.Середня освіта. Інформатика» сприяє формуванню у майбутніх фахівців комплексу теоретичних знань і практичних умінь, потрібних для продуктивного використання ІКТ-орієнтованих освітніх технологій у професійній педагогічній діяльності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: освітні технології; підготовка майбутніх вчителів інформатики; методика навчання інформатики.

ABSTRACT

Formulation of the problem. The main driving force in education reform is innovative educational technologies, as they enable: the creation of a holistic ICT-oriented educational environment; creation of Science-space; use didactic possibilities of modern personal IT devices and their expedient application in the learning process; expansion of instrumental support of cognitive activity; providing multifaceted pedagogical support. The reasons for modernization methodical training of pre-service computer science teachers are identified, in particular, related to permanent renewal of school computer science course, change of learning paradigms, increasing teacher's interest to modern ICT-oriented learning technologies, use of ICT in educational process, expanding the range of additional courses on in-depth study some sections of computer science, etc.

Materials and methods. Theoretical research methods are used, in particular, analysis, generalization, systematization and study of psychological and pedagogical, methodological and special literature, information sources on the research problem.

Results. For the appropriate training of pre-service teachers update the content of the course "Methods of teaching computer science" module "Educational Technology". The essence of ICT-oriented educational technologies (distance learning, E-Learning, M-Learning, F-Learning, Blended-Learning, STEM-learning, Smart-learning, self-education technology) is specified. The expected results of pre-service teachers' study of the updated discipline "Methods of teaching computer science" are characterized.

Conclusions. Renewal of the course "Methods of teaching computer science" and the introduction of the module "Educational Technology" in the system of training students of pedagogical specialties contributes to the formation of future professionals a set of theoretical knowledge and practical skills needed for productive use of ICT-oriented educational technologies.

KEYWORDS: educational technologies; training of pre-service computer science teachers; methods of teaching computer science.

ВСТУП

Постановка проблеми. Зміна ролі інформатичних наук в розвитку виробництва і суспільства, високий рівень технологізації професійної діяльності зумовлює підвищення вимог до рівня підготовки майбутніх учителів. В першу чергу модернізації потребує методична підготовка майбутнього учителя інформатики, який є рушієм цифрових змін, що відбуваються у закладі освіти, помічником іншим працівникам освіти у впровадженні інноваційних освітніх технологій у процес навчання та виховання.

Для цитування:

Олефіренко Н., Андрієвська В. Ознайомлення майбутніх учителів інформатики з сучасними освітніми технологіями. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33, № 1. С. 30-35. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-005

Олефіренко, Н., & Андрієвська, В. (2022). Ознайомлення майбутніх учителів інформатики з сучасними освітніми технологіями. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 30-35. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-005>

For citation:

Olefirenko, N., & Andriievska, V. (2022). Familiarization of pre-service computer science teachers with modern educational technologies. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 30-35. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-005>

Olefirenko, N., & Andriievska, V. (2022). Oznaiomlennia maibutnix uchyteliv informatiky z suchasnymi osvitnimi tekhnolohiiami [Familiarization of pre-service computer science teachers with modern educational technologies]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 33(1), 30-35. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-005>

✉ Corresponding author

© N. Olefirenko, V. Andriievska, 2022

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання методичної підготовки майбутніх учителів інформатики знаходяться в руслі розвідок багатьох науковців. Зокрема, теоретичні і методичні засади професійної підготовки вчителя висвітлені у працях І. Зязюна, О. Мариновської, Н. Мачинської, С. Сисоєвої, Т. Суценко, І. Якиманської та інших. Обґрунтування, розробка та удосконалення системи навчання майбутніх учителів інформатики висвітлені у наукових працях М. Жалдака, Н. Морзе, Ю. Рамського, С. Семерікова, О. Співаковського, Ю. Тріуса та інших, питання організації дистанційного навчання майбутніх фахівців розкриваються у роботах Ю. Руденко, О. Семеніхіної, І. Харченко, С. Харченко (2021).

Сьогодні необхідність модернізації методичної підготовки майбутніх учителів інформатики пов'язана з низкою причин:

- систематичним оновленням змісту шкільного курсу інформатики як базової, так і профільної школи, відсутності сталості у змісті основних розділів. З'являються нові розділи (Dagienė et al., 2021), знижується вік школярів, які вперше знайомляться з тією чи іншою темою (зокрема, для 5 класу в модельній програмі з інформатики 2021 року пропонується новий підрозділ «Карти знань» (Морзе & Барна, 2021); розділ «Робототехніка» (Радченко & Боровцова, 2021; Chalmers, 2018)), ознайомлення з програмуванням молодших школярів (Panskyi & Rowińska, 2021). тощо. Крім того, соціальне замовлення вимагає від сучасних випускників закладів середньої освіти компетентності щодо використання інформаційно-комунікаційних технологій; володіння ними технологіями для майбутнього професійного зростання (Sysoieva & Osadcha, 2020);

- зміною парадигм навчання й переходу до дитиноцентристського, компетентнісного, діяльнісного підходів;
- уведенням і збільшенням інтересу освітньої спільноти до STEM технологій, впровадженням у шкільну освіту STEM проєктів, які ґрунтуються на використанні цифрових технологій, появою спеціалізованих кабінетів, які потребують нових підходів (Барна & Балик, 2017; Сороко & Рокоман, 2019);

- збільшенням ролі освітніх технологій, пов'язаних з використанням засобів ІКТ - дистанційного й змішаного навчання (Карпінський та ін., 2020), мобільного (Биков, 2013) й смарт-навчання (Андрієвська та ін., 2021) тощо;

- появою й швидким розвитком приватних і державних закладів позашкільного навчання, які пропонують для школярів курси, майстер-класи, заняття з окремих розділів інформатики – програмування, робототехніки, комп'ютерної анімації, 3D моделювання тощо;

- різноманітним технічній забезпеченості шкільного кабінету інформатики (як наслідок, учитель інформатики, який не є інженером або системним адміністратором, має вміти налагодити роботу з наявним набором комп'ютерної техніки, встановлювати програмне забезпечення відповідно до ліцензійних умов, оновлювати версії тощо);

- наскрізним використанням засобів інформаційно-комунікаційних технологій в освітньому процесі. Учитель інформатики, який не є фахівцем з інших предметів, має розуміти дидактичний потенціал технологічних засобів, електронних освітніх ресурсів різного функціонального призначення та вміти допомогти у їх використанні на уроках (Olefirenko et al., 2020).

Зазначені причини зумовлюють необхідність перебудови й оновлення методичної підготовки учителя інформатики, впровадження нових методів роботи зі здобувачами освіти, формування готовності до впровадження нових освітніх технологій у шкільне життя.

Основним курсом, який забезпечує методичну підготовку майбутніх учителів інформатики, є курс методики навчання інформатики, який вивчається на першому (бакалаврському) і другому (магістерському) рівнях спеціальності 014.Середня освіти (Інформатика). При цьому маємо на увазі, що методична підготовка на бакалаврському рівні спрямована на формування методичної компетентності майбутнього учителя закладів базової загальної освіти, а також на ознайомлення та застосування наявних технологій у навчальному процесі, а підготовка на магістерському рівні спрямована на формування методичної компетентності учителя закладу профільної освіти, а також на здійснення аналітичної й дослідницької діяльності, проєктування дидактичних ситуацій з використанням сучасних освітніх технологій.

Метою дослідження є висвітлення шляхів оновлення методичної підготовки майбутніх учителів інформатики шляхом впровадження змістового модуля «Освітні технології».

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення поставлених завдань було використано теоретичні методи дослідження, зокрема, аналіз і вивчення психолого-педагогічної, методичної та спеціальної літератури, інформаційних джерел з проблеми дослідження.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Реформування освіти України в напрямку інтеграції в європейський освітній простір передбачає розробку та впровадження інноваційних освітніх технологій, адже рівень реалізації технологічного підходу є одним з найважливіших критеріїв, за якими визначаються конкурентоспроможність та престиж закладу освіти (Янкович та ін., 2015). Проблемі використання освітніх технологій присвячено багато досліджень. Науковці, педагоги-практики (Я. Коменський, І. Павлов, В. Бехтерев, С. Шацький та ін.) визначили головну ідею технологізації освітнього процесу як перетворення педагогічного процесу в освітній установі на цілеспрямований процес діяльності всіх його суб'єктів.

У психолого-педагогічних дослідженнях багато уваги приділено висвітленню поняття «освітня технологія» (І. Кузьма, М. Михайличенко, Я. Рудик, Г. Селевко, С. Сисоєва, О. Янкович та ін.), проте єдиного, вичерпного та загальноприйнятого визначення освітньої технології не існує. Водночас, сутність поняття «освітня технологія» дослідники вбачають у відображенні загальної стратегії розвитку освіти, єдиного освітнього простору (Михайличенко & Рудик, 2016).

Вибір освітньої технології – це завжди вибір стратегії, системи взаємодії, тактик навчання та стилю роботи вчителя з тими, хто навчається (Прокопів, 2017). Проте, сьогоденні реформи вимагають нових підходів, нових освітніх технологій, які враховують інтенсивність процесу становлення інформатизованого суспільства; умови розвитку і становлення молодого покоління в сучасному інформатизованому світі.

На сьогодні відсутня чітка класифікація сучасних ІКТ-орієнтованих освітніх технологій, водночас можна виділити декілька їх основних різновидів (Янкович та ін., 2015; Романова та ін, 2015):

- *Дистанційне та онлайн навчання*, що надають змоги організувати освітній процес поза межами шкільного закладу, створити єдине інформаційно-освітнє середовище «школа-дім» за допомогою новітніх засобів ІКТ. Актуальність впровадження дистанційних та онлайн технологій обумовлена реаліями сучасності, адже з 2020 року школи працюють в умовах адаптивного карантину і саме технології дистанційного та онлайн навчання надали змогу продовжувати освітній процес під час карантину. Крім того, в Україні можна спостерігати активний розвиток закладів освіти, які надають змогу учням шкільного віку навчатися дистанційно, незалежно від місця їх перебування й реєстрації. Забезпечення якісного й ефективного навчання за допомогою зазначеної технології потребують усвідомлення їх специфіки, особливої підготовки як менеджерського складу, так і вчителя.

- *E-Learning* (від англ. *Electronic Learning*) – освітня технологія, що ґрунтується на широкому використанні дидактичного потенціалу електронних ресурсів різного функціонального призначення, потужних високотехнологічних пристроїв (комп'ютери, смартфони, планшети, ноутбуки тощо), новітніх мультимедійних технологій, мережних сервісів (відкритих онлайн ресурсів, віртуальних платформ тощо); і передбачають, з одного боку, інтерактивну самоосвіту студентів/школярів, а з іншого – інтенсивну консультативну т'юторську підтримку.

- *M-Learning* (від англ. *Mobile Learning*) або BYOD-орієнтоване навчання – освітня технологія, які надає змоги зробити процес навчання гнучким, доступним і персоналізованим. Фокус такого навчання полягає у можливості продовжувати навчання, ознайомлюватися з інформацією, набувати умінь й навичок незалежно від місця розташування (під час очікування, подорожі тощо). Таке мобільне навчання забезпечується великим спектром мобільних крос платформних додатків – тренажерів, посібників, довідників, калькуляторів, віртуальних середовищ, моделюючих програм тощо. Крім того, за допомогою мобільних додатків з'являється можливість оперативного моніторингу результативності навчання, забезпечується висока насиченість контенту, що дозволяє розглядати його не лише як засіб навчання, а й як інструмент спільної роботи, призначений для підвищення якості навчання.

- *F-Learning* (від англ. *Flipped learning* – «перевернуте» навчання) – технологія, яка передбачає, що учні опановують теоретичний матеріал поза школою, самостійно керуючи часом і темпом навчання, але практичний матеріал відпрацьовують під керівництвом вчителя.

- *Blended-Learning* – навчання, що поєднує вище зазначені технології з шкільними заняттями за традиційною системою.

- *STEM-навчання*, основна ідея якого полягає в тому, що навчально-пізнавальний процес будується на міждисциплінарній основі навколо вивчення конкретних проблемних ситуацій реального життя. Напрямок STEM сприяє тому, що освітній процес стає більш гнучким, оскільки враховуються індивідуальні освітні потреби кожного школяра, створюються сприятливі умови для її навчання – *Science is fun*.

- *Smart-навчання* – технологія, що ґрунтується на створенні адаптованої системи підтримки індивідуального та спільного навчання, поєднує такі складові - самостійно-спрямованість (*Self-directed*), мотиваційність (*Motivated*), адаптивність (*Adaptive*), збагаченість ресурсами (*Resource-enriched*), насиченість технологіями (*Technology-embedded*) (Янкович та ін., 2015). Саме *Smart-навчання* здатне забезпечити максимально високий рівень освіти, відповідати вимогам і можливостям сьогодення, адаптуватися до швидкозмінного середовища, до персональних потреб школярів. Основною перевагою *SMART-освіти* є те, що в центрі знаходиться учень з його звичками, потребами, рівнем освіти та попереднім досвідом навчання і на основі збирання даних про характер його пізнавальної діяльності проектується й реалізується персональна освітня траєкторія. В такій технології забезпечується індивідуальний підхід до кожного, ураховуються освітні потреби та особливості засвоєння інформації, здійснюється перевірка і вчасна корекція результатів навчання з тим, щоб уникнути появи прогалин у знаннях або неправильне засвоєння інформації (Андрієвська та ін., 2021).

- *Технологія самоосвіти* – навчання, що реалізується з урахуванням індивідуальних особливостей і пізнавальних здібностей тих, хто навчається у процесі індивідуальної й колективної навчальної діяльності (під керівництвом вчителя під час уроку та в позааудиторній роботі, але без його безпосередньої участі) й спрямоване на розвиток особистості, формування умінь самостійного отримання нових знань. Зазначена технологія спричинена змінами у світі, які пов'язані з швидким розвитком інформаційно-комунікаційних технологій, впливом цифрових гаджетів на соціальне життя й неможливістю спрогнозувати потребу в знаннях й умінях у майбутньому. Зазначена технологія сприяє підтримки Концепції «*LifeLong Learning*» та надає змоги продемонструвати важливість не накопичення знань, а оволодіння універсальними метауміннями – пошуку інформації, її аналіз і систематизація, опанування нових технологій, вирішення раніше невідомих завдань тощо.

Кожна із зазначених ІКТ-орієнтованих технологій передбачає певну зміну характеру і способу навчання школярів і надають нові можливості для:

- створення цілісного ІКТ-орієнтованого освітнього середовища, в якому може розгортатися навчально-пізнавальна діяльність учнів у будь-який час і в рамках шкільних занять й поза школою, що надає змоги реалізувати потенційну можливість неперервності освітнього процесу;

- використання дидактичних можливостей сучасних персональних ІТ-пристроїв та їх доцільне використання у процесі навчання як ефективних і доступних інструментів навчально-пізнавальної й дослідницької діяльності цифрового покоління;

- розширення інструментальної підтримки пізнавальної діяльності школяра шляхом залучення різноманітних ресурсів, зорієнтованих як на його супровід, так і на задоволення індивідуальних потреб і запитів учнів;

- надання різноаспектної педагогічної підтримки учням з використанням неформальних способів комунікації педагога з кожним з них і з його батьками;

- плідна співпраця між усіма учасниками освітнього процесу, орієнтація на потреби учня (урахування темпу сприйняття школярем навчальної інформації, його природних здібностей тощо);

- створення умов для розвитку у сучасного підростаючого покоління цифрових навичок XXI століття.

Для ознайомлення майбутніх учителів інформатики з освітніми технологіями, формування практичних умінь використання цифрових технологій для забезпечення e-learning, m-learning тощо, розроблено навчальний модуль «Освітні технології» дисципліни «Методика навчання інформатики у профільній школі» для майбутніх фахівців магістерського рівня.

Метою введення зазначеного модуля є: ознайомити майбутніх учителів з сутністю та специфікою освітніх технологій, що ґрунтуються на використанні цифрових засобів, сформувати уміння й навички використання цифрових засобів для реалізації різних освітніх технологій у шкільному навчанні.

Основними завданнями зазначеного модуля визначено такі:

- висвітлити зміст та види освітніх технологій, їх специфіку реалізації у сучасній школі;
- продемонструвати перспективи запровадження освітніх технологій у шкільне навчання та в систему позашкільної, передвищої та вищої освіти;
- ознайомити із специфікою реалізації освітніх технологій у практику навчання інформатики в профільній школі;
- розкрити дидактичний потенціал цифрових технологій в ракурсі реалізації освітніх технологій.

Розроблено змістове забезпечення модуля, підготовлено комплекс навчально-методичних матеріалів, розроблено зміст практичних і лабораторних завдань для майбутніх учителів, підібрано завдання для самостійного опрацювання й подальшого обговорення, підібрано комплект прикладів інструментальних та прикладних засобів для аналізу їх потенціалу в ракурсі реалізації освітніх технологій.

Навчальний модуль складається з таких тем:

1. Освітні технології – їх зміст та особливості реалізації у закладах освіти.
2. Специфіка впровадження освітніх технологій у сучасній школі.
3. Реалізація сучасних освітніх ІКТ-орієнтованих технологій у навчанні інформатики в профільній школі.

Перша тема модуля «Освітні технології – їх зміст, особливості реалізації у закладах освіти» передбачає розгляд сутності поняття «освітня технологія», видів освітніх ІКТ-орієнтованих технологій, історичних відомостей щодо розвитку освітніх технологій, переваг кожної з них для навчання школярів, їх дидактичних можливостей для реалізації особистого потенціалу школярів, приклади реалізації освітніх технологій у вітчизняній і зарубіжній школі. Майбутні магістри ознайомлюються з науковими працями, в яких висвітлена специфіка кожної з технологій. При вивченні зазначеної теми здобувачі освіти мають ознайомитися з дидактичним потенціалом сучасних цифрових технологій, віртуальних пристроїв – мультимедіа технологіями, засобами доповненої реальності, SMART-інструментарієм, хмарними технологіями, соціомедійним інструментарієм, технологіями веб-квестів тощо.

Важливим результатом вивчення цієї теми модуля є усвідомлення студентами можливостей ІКТ-орієнтованих освітніх технологій:

- створення зручного єдиного інформаційно-освітнього цифрового простору «школа-дім»;
- забезпечення відкритого доступу до навчальних матеріалів, до практичних онлайн завдань;
- підтримка й реалізація індивідуальних освітніх траєкторій;
- підтримка самостійної роботи над виконанням практичних завдань;
- автоматизація контрольних заходів й оцінювання учбових досягнень школярів;
- забезпечення оперативного, своєчасного зворотного зв'язку для вчасної корекції сформованих раніше умінь й навичок;
- фіксація, зберігання й миттєвий доступ до результатів активності школяра, аналіз результатів і тенденцій результативності освітнього процесу.

В рамках теми студенти визначають, які інструментальні засоби, програмні розробки, електронні ресурси і сервіси є доцільними для реалізації кожної з освітніх технологій. Наприклад, для вивчення теми «Виконавці алгоритмів» можуть стати у нагоді додатки Lightbot: Code Hour (<https://lightbot.com/hour-of-code.html>), SpriteBox Coding (<https://spritebox.com/>), Blockly Games (<https://blockly.games/>), Code.org (<https://code.org/>); технологія гейміфікації може бути забезпеченою за допомогою таких інструментів: інструментарій створення ігрового середовища розв'язання завдань – CodeCombat (<https://codecombat.com>), інструментарій ігрового забарвлення тренажерів – Pilasbloques (<https://pilasbloques.rozh2sch.org.ua/#/libros>), Hex Invaders (<http://www.hexinvaders.com/>), Code Monkey (<https://www.playcodemonkey.com>), інструментарій для гейміфікації управління освітнім процесом – ClassDojo (<https://www.classdojo.com/uk-ua/?redirect=true>), Noon Academy (<https://www.learnatnoon.com/gb-en>).

Друга тема модуля є практично-орієнтованою і спрямованою на висвітлення специфіки впровадження освітніх технологій у сучасній школі, а також розробку дидактичних ситуацій, фрагментів уроків з інформатики або дидактичних матеріалів, які використовують переваги кожної із технологій. Наприклад, з метою реалізації технології E-learning студенти здійснюють пошук електронних виконавців, які можуть бути використані при вивченні теми «Виконавці алгоритмів», вивчають систему команд знайденого електронного виконавця, аналізують їх дидактичний потенціал, створюють набір завдань для опанування теми. З метою реалізації технології BYOD студентам потрібно знайти аналогічні додатки, що працюють на мобільних пристроях – смартфонах, планшетах, нетбуках тощо.

У рамках вивчення теми передбачено практичну роботу студентів у середовищах Edmodo, Google Classroom, Moodle, ClassDojo з тим, щоб вони усвідомили переваги, які надає використання цифрового класу; провели порівняльний аналіз платформ дистанційного навчання тощо. Важливо, що ознайомлення з функціональними можливостями онлайн-платформ надало змоги студентам у подальшому спиратися на ці знання під час проходження педагогічної практики в школі в умовах карантинних обмежень.

Одним із важливих результатів вивчення цієї теми має стати створений студентами перелік завдань, підготовлених е-ресурсів, які можуть бути розв'язані за допомогою педагогічного інструментарію, розглянутого у попередній темі. Зокрема, здобувачі мають підготувати практичні завдання, що передбачають:

- проведення вимірювань – відстаней, кількості кроків, частоти дихання, швидкості Інтернету тощо;
- швидкого пошуку додаткової інформації для розв'язування задач;
- проведення математичних, хімічних обчислень;
- побудови графіків;
- організації ігрових заходів;
- організації контрольних і змагальних заходів тощо.

Третя тема модуля зорієнтована на створення технологічної карти або конспекту уроку з інформатики відповідно до специфіки освітньої технології.

Запланованими результатами вивчення теми «Освітні технології» є набуття студентами **знань** про основні характеристики освітніх технологій, тенденції їх розвитку; специфіку використання сучасних освітніх технологій в школі; специфіку реалізації сучасних освітніх ІКТ-орієнтованих технологій у навчанні інформатики; а також **умінь** реалізації сучасних освітніх ІКТ-орієнтованих технологій у навчанні інформатики, проектування уроку в реалізації сучасних освітніх технологій.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Оновлення методичної підготовки сучасного вчителя інформатики шляхом уведення навчального модуля «Освітні технології» сприятиме формуванню у майбутніх фахівців комплексу теоретичних знань і практичних умінь, потрібних для продуктивного використання ІКТ-орієнтованих освітніх технологій у професійній педагогічній діяльності. Перспективними напрямками подальших наукових розвідок є експериментальне впровадження й аналіз результатів щодо використання освітніх технологій в педагогічній практиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>.
2. Dagienė, V., Hromkovič, J., & Lache, R. (2021). Designing Informatics Curriculum for K-12 Education: From Concepts to Implementations. *Informatics in Education*, 20(3), 333–360. <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.22>.
3. Olefirenko, N.V., Kostikova, I.I., Ponomarova, N.O., Andriiivska, V.M., & Pikilnyak, A.V. (2020). Training elementary school teachers-to-be at Computer Science lessons to evaluate e-tools. *CEUR Workshop Proceedings*, 2643, 578–591.
4. Panskyi, T., & Rowińska, Z. (2021). A Holistic Digital Game-Based Learning Approach to Out-of-School Primary Programming Education. *Informatics in Education*, 20(2), 255–276. <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.12>.
5. Rudenko, Y., Semenikhina, O., Kharchenko, I., & Kharchenko, S. (2021). Distance learning: results of a survey of teachers and college students. *Information Technologies and Learning Tools*, 86(6), 313–333. <https://doi.org/10.33407/itlt.v86i6.4343>.
6. Sysoieva, S. O. & Osadcha, K. P. (2020). Formation of the tutor ict-competence in the process of future teachers' professional training. *Information Technologies and Learning Tools*, 80(6), 207–221. <https://doi.org/10.33407/itlt.v80i6.4182>.
7. Андрієвська, В. М., Оледіренко, Н. В., & Остапенко, Л. П. (2021). SMART-освіта як сучасна освітня парадигма. *Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи*. Посвіт. <https://dspace.hnpu.edu.ua/bitstream/123456789/6144/1/Kalinichenko%20%D0%A2.%20.pdf>
8. Барна, О. В., & Балик, Н. Р. (2017). Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та STEM в освіті: проблеми і перспективи. *STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес*. Тернопіль, 3–8.
9. Биков, В. (2013). Мобільний простір і мобільно орієнтоване середовище інтернет-користувача: особливості модельного подання та освітнього застосування. *Інформаційні технології в освіті*, 17, 9–37.
10. Карпінський, М., Балик, Н., & Шмигел, Г. (2020). Особливості розробки завдань для дистанційних курсів. http://dspace.hnpu.edu.ua/bitstream/123456789/15355/1/15_Karpinskyi_Balyk_Shmyher.pdf.
11. Михайличенко, М. В., & Рудик, Я. М. (2016). *Освітні технології*. КОМПРИНТ.
12. Морзе, Н. В., & Барна, О. В. (2021). Модельна навчальна програма «Інформатика. 5-6 класи» для закладів загальної середньої освіти. https://osvita.ua/doc/files/news/831/83153/Inform_5-6-kl_Morze_Barna_14_07_1.pdf.
13. Прокопів, Л. (2017). *Інноваційні технології навчання і виховання у ВНЗ*. Івано-Франківськ.
14. Радченко, С. С., & Боровцова, Є. В. (2021). Модельна навчальна програма «Інформатика. 5-6 класи» для закладів загальної середньої освіти. https://osvita.ua/doc/files/news/831/83157/Inform_5-6-kl_Radchenko_Borovtsova_14_07.pdf.
15. Романова, Г. М., Артюшина, М. В., & Слатвінська, О. А. (2015). *Педагогічні технології у професійній підготовці кваліфікованих робітників: довідник*. Інститут професійно-технічної освіти НАПН України.
16. Сороко, Н., & Рокоман, О. (2019). *Функції та роль STEAM-орієнтованого освітнього середовища основної школи для розвитку STEAM-освіти*. Нова педагогічна думка.
17. Янкович, О., Беднарек, Ю., & Анджеевська, А. (2015). *Освітні технології сучасних навчальних закладів*. ТНПУ ім. В. Гнатюка.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>.
2. Dagienė, V., Hromkovič, J., & Lache, R. (2021). Designing Informatics Curriculum for K-12 Education: From Concepts to Implementations. *Informatics in Education*, 20(3), 333–360. <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.22>.
3. Olefirenko, N.V., Kostikova, I.I., Ponomarova, N.O., Andriiivska, V.M., & Pikilnyak, A.V. (2020). Training elementary school teachers-to-be at Computer Science lessons to evaluate e-tools. *CEUR Workshop Proceedings*, 2643, 578–591.
4. Panskyi, T., & Rowińska, Z. (2021). A Holistic Digital Game-Based Learning Approach to Out-of-School Primary Programming Education. *Informatics in Education*, 20(2), 255–276. <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.12>.
5. Rudenko, Y., Semenikhina, O., Kharchenko, I., & Kharchenko, S. (2021). Distance learning: results of a survey of teachers and college students. *Information Technologies and Learning Tools*, 86(6), 313–333. <https://doi.org/10.33407/itlt.v86i6.4343>.
6. Sysoieva, S. O. & Osadcha, K. P. (2020). Formation of the tutor ict-competence in the process of future teachers' professional training. *Information Technologies and Learning Tools*, 80(6), 207–221. <https://doi.org/10.33407/itlt.v80i6.4182>.
7. Andriiivska, V.M., Olefirenko, N.V., & Ostapenko, L.P. (2021). SMART-osvita yak suchasna osvitiia paradyhma [SMART-education as a modern educational paradigm]. *Rozvytok suchasnoi osvity i nauky: rezultaty, problemy, perspektyvy – Development of modern education and*

- science: results, problems, prospects. <https://dspace.hnpu.edu.ua/bitstream/123456789/6144/1/Kalinichenko%20%D0%A2.%20.pdf>. (in Ukrainian).
8. Barna O. V., & Balyk, N. R. (2017). Vprovadzhennia STEM-osvity u navchalnykh zakladakh: etapy ta STEM v osviti: problemy i perspektyvy [Implementation of STEM-education in educational institutions: stages and STEM in education: problems and prospects]. *STEM-osvita ta shliakhy yii vprovadzhennia v navchalno-vykhovnyi protses – STEM-education and ways of its implementation in the educational process*. Ternopil, 3–8. (in Ukrainian).
 9. Bykov, V. (2013). Mobilnyi prostir i mobilno oriientovane seredovyshe internet-korystuvacha: osoblyvosti modelnoho podannia ta osvitnoho zastosuvannia [Mobile space and mobile-oriented Internet user environment: features of model representation and educational application]. *Informatsiini tekhnologii v osviti – Information Technologies in Education*, 17, 9–37. (in Ukrainian).
 10. Karpinskyi, M., Balyk, N., & Shmyher, H. (2020). *Osoblyvosti rozrobky zavadn dla dystantsiinykh kursiv [Features of developing tasks for distance learning courses]*. http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/15355/1/15_Karpinskyi_Balyk_Shmyher.pdf. (in Ukrainian).
 11. Mykhailychenko, M. V., & Rudyk, Ya. M. (2016). *Osvitni tekhnologii [Educational technologies]*. KOMPRYNT (in Ukrainian).
 12. Morze, N. V., & Barna, O. V. (2021). *Modelna navchalna prohrama «Informatyka. 5-6 klasy» dla zakladiv zahalnoi serednoi osvity [Model curriculum "Informatics. Grades 5-6" for general secondary education institutions]*. https://osvita.ua/doc/files/news/831/83153/Inform_5-6-kl_Morze_Barna_14_07_1.pdf (in Ukrainian).
 13. Prokopiv, L. (2017). *Innovatsiini tekhnologii navchannia i vykhovannia u VNZ [Innovative technologies of teaching and education in higher education]*. Ivano-Frankivsk (in Ukrainian).
 14. Radchenko, S. S., & Borovtsova, Ye. V. (2021). *Modelna navchalna prohrama «Informatyka. 5-6 klasy» dla zakladiv zahalnoi serednoi osvity [Model curriculum "Informatics. Grades 5-6" for general secondary education institutions]*. https://osvita.ua/doc/files/news/831/83157/Inform_5-6-kl_Radchenko_Borovtsova_14_07.pdf. (in Ukrainian).
 15. Romanova, H. M., Artiushyna, M. V., & Slatvinska, O. A. (2015). *Pedahohichni tekhnologii u profesiinii pidhotovtsi kvalifikovanykh robitnykiv: dovidnyk [Pedagogical technologies in the professional training of skilled workers: a handbook]*. Instytut profesiino-tekhnichnoi osvity NAPN Ukrainy (in Ukrainian).
 16. Soroko, N., & Rokoman, O. (2019). *Funktsii ta rol STEAM-oriientovanoho osvitnoho seredovyscha osnovnoi shkoly dla rozvytku STEAM-osvity [Functions and role of STEAM-oriented educational environment of primary school for the development of STEAM-education]*. *Nova pedahohichna dumka – New pedagogical thought* (in Ukrainian).
 17. Iankovych, O., Bednarek, Yu., & Andzheievska, A. (2015). *Osvitni tekhnologii suchasnykh navchalnykh zakladiv [Educational technologies of modern educational institutions]*. TNPU im. V. Hnatiuka (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 10.31110/2413-1571-2022-033-1-006

УДК 378.147

НОВІ ПІДХОДИ ДО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Віра ПЕТРУК ✉

Вінницький національний технічний університет,
 Вінниця, Україна
 petruk-va@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-7588-6721>

Олена СЕМЕНІХІНА

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Суми, Україна
 e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

Юлія САБАДОШ

Вінницький національний технічний університет,
 Вінниця, Україна
 avataric87@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2850-1224>

NEW APPROACHES TO THE STATISTICAL ANALYSIS OF THE RESULTS OF PEDAGOGICAL EXPERIMENT

Vira PETRUK ✉

Vinnitsia National Technical University,
 Vinnitsia, Ukraine
 petruk-va@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-7588-6721>

Olena SEMENIKHINA

Makarenko Sumy State Pedagogical University,
 Sumy, Ukraine
 e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

Yuliia SABADOSH

Vinnitsia National Technical University,
 Vinnitsia, Ukraine
 avataric87@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2850-1224>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Наукові праці, пов'язані із статистичним аналізом даних, часто перенасичені математичними формулами для обґрунтування запропонованого підходу, а тому важко сприймаються або й взагалі відкидаються науковцями-педагогами. Тому актуальними стають такі підходи до статистичної перевірки результатів, які, з одного боку, базуються на коректному математичному апараті, а з іншого, спрощують сприйняття громіздких емпіричних даних і на науковій основі уможливають якісні висновки за ними.

Матеріали і методи. Для досягнення результату використано: теоретичний аналіз наукових джерел з метою визначення теоретичних основ статистичного аналізу у педагогічних дослідженнях, порівняльний аналіз і зіставлення результатів науково-педагогічних досліджень з метою з'ясування найбільш затребуваних методів статистичного аналізу; контент-аналіз ресурсів Інтернет з метою визначення ресурсів для автоматизації статистичних розрахунків; емпіричні методи (педагогічний експеримент) для демонстрації процесу опрацювання емпіричних даних за розробленою методикою.

Результати. Авторський підхід до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту базується на двох позиціях: 1) інтегральне врахування змін у середніх та дисперсіях обох вибірок: ідея полягає в одночасному аналізі вибірок за критерієм Ст'юдента і за критерієм Фішера, щоб, зіставляючи середні і дисперсії, зробити відповідний висновок про ефективність авторської моделі чи підходу; 2) відслідковування проміжних результатів педагогічного експерименту для вчасного корегування розробленої методики чи підходу: ідея в тому, що спочатку відслідковується пара «контрольна група і експериментальна група на уточнювальному етапі експерименту», за результатами вдосконалюється (або ні) методика, і на новій парі «контрольна група і експериментальна група на формувальному етапі експерименту» авторська методика підтверджується остаточно.

Висновки. Запропонований алгоритм статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту не лише автоматизує розрахунки, а й має перевагу над іншими статистичними методами у тому, що досліднику залишається лише проаналізувати табличні пари середніх і дисперсій про суттєвість відмінностей та зробити відповідні висновки. Перспективним бачимо впровадження алгоритму в науково-педагогічну практику, а також написання

ABSTRACT

Formulation of the problem. Scientific work related to statistical analysis of data is often oversaturated with mathematical formulas to justify the proposed approach, and therefore difficult to accept or even reject by social and humanitarian scientists. Therefore, such approaches to statistical verification of results are becoming relevant, which, on the one hand, are based on the correct mathematical apparatus, and on the other hand, simplify the perception of cumbersome empirical data and on a scientific basis allow qualitative conclusions.

Materials And Methods. To achieve the result used: theoretical analysis of scientific sources to determine the theoretical foundations of statistical analysis in pedagogical research, comparative analysis, and comparison of results of scientific and pedagogical research to determine the most popular methods of statistical analysis; content analysis of Internet resources to determine resources for automation of statistical calculations; empirical methods (pedagogical experiment) to demonstrate the process of processing empirical data according to the developed methodology.

Results. The author's approach to statistical analysis of the results of pedagogical experiments is based on two positions: 1) integrated consideration of changes in the means and variances of both samples: the idea is to simultaneously analyze samples by Student's and Fisher's criteria conclusion on the effectiveness of the author's model or approach; 2) tracking the intermediate results of the pedagogical experiment for timely adjustment of the developed methodology or approach: the idea is that the pair "control group and experimental group at the refinement stage of the experiment" is monitored first, the method is improved (or not), and the new pair "control group and experimental group at the formative stage of the experiment" author's method is finally confirmed.

Conclusions. The proposed algorithm of statistical analysis of the results of pedagogical experiment not only automates calculations but also has an advantage over other statistical methods in that the researcher can only analyze tabular pairs of averages and variances on the significance of differences and draw appropriate conclusions. We see the implementation of the algorithm in scientific and pedagogical practice as promising and the writing of a macro that automates the filling of the table based on the entered data of three samples.

Для цитування:

Петрук В., Семеніхіна О., Садобаш Ю. Нові підходи до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33, № 1. С. 36-42. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-006

Петрук, В., Семеніхіна, О., & Садобаш, Ю. (2022). Нові підходи до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 36-42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-006>

For citation:

Petruk, V., Semenikhina, O., & Sabadosh, Yu. (2022). New approaches to the statistical analysis of the results of pedagogical experiment. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 36-42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-006>

Petruk, V., Semenikhina, O., & Sabadosh, Yu. (2022). Novi pidkhody do statystychnoho analizu rezul'tativ pedahohichnoho eksperymentu [New approaches to the statistical analysis of the results of pedagogical experiment]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 33(1), 36-42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-006>

✉ Corresponding author

© V. Petruk, O. Semenikhina, Yu. Sadobash, 2022

макросу, який автоматизує заповнення таблиці за введеними даними трьох вибірок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: педагогічний експеримент; статистичний аналіз результатів педагогічного експерименту; науково-педагогічні дослідження; порівняння середніх і дисперсій; статистичний аналіз; експериментальна модель; підготовка фахівця.

KEYWORDS: pedagogical experiment; statistical analysis of the results of pedagogical experiment; scientific and pedagogical research; comparison of means and variances; statistical analysis; experimental model; specialist training.

ВСТУП

Постановка проблеми. Багаторічний досвід досліджень педагогічної науки звертає увагу на монотонність застосування методів математичної статистики для аналізу результатів педагогічного експерименту. Також досить часто трапляються випадки лише відсоткової оцінки отриманих у педагогічному експерименті даних без супровідного статистичного аналізу, який би науково підтвердив або ж спростував значущість отриманих позитивних зрушень. Крім того, багато науковців педагогічної галузі не мають достатньої для проведення якісного статистичного аналізу математичної освіти, що стає перешкодою для глибокого аналізу експериментальних результатів, отриманих у процесі дослідження. Зазначене актуалізує праці, які обґрунтовують використання статистичних критеріїв для обробки та якісної оцінки даних для різного типу педагогічних експериментів. Водночас наукові праці такого напрямку, як правило, перенасичені математичними формулами для обґрунтування запропонованого підходу, а тому важко сприймаються або й взагалі відкидаються науковцями-педагогами. Тому актуальними стають такі підходи до статистичної перевірки результатів, які, з одного боку, базуються на коректному математичному апараті, а з іншого, спрощують сприйняття громіздких емпіричних даних і на науковій основі уможливають якісні висновки за ними.

Аналіз актуальних досліджень. Математична статистика налічує значну кількість критеріїв, призначених для перевірки різноманітних статистичних гіпотез. Як правило, гіпотези стосуються або закону розподілу даних у вибірці (нормальний, біноміальний та ін.) або ж числових характеристик вибірки (середні, дисперсія, кореляція тощо) посібник (Петрук & Кашканова, 2006), де описано використання критеріїв для нормального закону розподілу.

Також існує низка непараметричних методів для статистичної оцінки результатів (критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні, Спірмена та ін.) (Грабарь & Краснянская, 1977).

Найбільш розробленою є теорія для перевірки гіпотез щодо числових характеристик нормального закону розподілу. Зокрема, для того, щоб визначити, чи є розподіл за певним показником у вибірці нормальним, використовують критерій χ^2 -квадрат (Пірсона) (Петрук, 2008). Перевірка середніх у двох вибірках здійснюється з використанням t -критерію (Ст'юдента) (Гончаренко, 2008).

Для порівняння\ зіставлення розподілів у двох вибірках (як правило, контрольна та експериментальна група) використовуються критерій Пірсона, Ст'юдента, Фішера (Новиков, 2004).

При оцінці виробничих, медичних, педагогічних та інших управлінських рішень зазвичай використовується гіпотези про числові характеристики вибірки контрольної та експериментальної груп. У науково-педагогічних дослідженнях часто порівнюються середні бали або ж досліджується значущість зрушень у результатах навчання, для чого використовують критерій Ст'юдента оцінки середніх або ж непараметричний критерій знаків (Гончаренко, 2008; Грабарь & Краснянская, 1977).

Часто науковці, які не мають глибокої математичної освіти, керуються працями, де на прикладах пояснюються особливості перевірки результатів педагогічного експерименту за тим чи іншим критерієм. Серед таких праць найбільш поширеними вважаємо:

- працю (Гласс & Стэнли, 1976), де викладено значну кількість статистичних методів, які варто використовувати у психолого-педагогічних дослідженнях. Автори Glass Gene, Stanley Julian ставили таку мету: по-перше, навчити розуміти звіти досліджень у наукових роботах за умови обізнаності з проблемою, яка вивчається; по-друге, навчити планувати дослідження і аналізувати отримані результати з використанням довідника. Вчені вважали саме першу мету основною (Гласс & Стэнли, 1976). Дійсно, без неї не можна здійснити власне дослідження, а головне - зрозуміти результати отриманих статистичних характеристик. Книга фактично є зручним підручником але для навчання майбутніх педагогів з негуманітарного напрямку підготовки;

- працю (Грабарь & Краснянская, 1977), в якій подано короткі теоретичні відомості про використання найбільш поширених статистичних критеріїв, які базуються на непараметричних методах оцінки вибірки. Автори зазначають, що зазначають, що будь-який виклад загальної теорії перевірки статистичних гіпотез неминує припускати дуже серйозну математичну підготовку, якою не володіє більшість дослідників-педагогів, а тому й розглядають велику кількість типових досліджень і статистичні критерії, які варто при цьому використовувати;

- працю (Новиков, 2004), де описано типові випадки використання статистичних методів у педагогічних дослідженнях. Автор наводить «рецепти» застосування статистичних методів в типових випадках аналізу експериментальних даних за результатами педагогічних досліджень, наводить алгоритм вибору статистичного критерію, методики визначення статистичної подібності та відмінності характеристик досліджуваних об'єктів. Робота розрахована на педагогів-дослідників, насамперед, на аспірантів та здобувачів (Новиков, 2004);

- посібник (Гончаренко, 2008) містить методологічні поради для молодих науковців щодо організації педагогічного експерименту, алгоритму його реалізації, а також пропонує варіанти статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту.

- посібник (Петрук & Кашканова, 2006), де описано використання критеріїв для нормального закону розподілу;
- онлайн-ресурси для автоматизації розрахунків, наприклад, для визначення коефіцієнту лінійної парної кореляції Пірсона (hostcity.net; math.semestr.ru).

Слід зазначити, що з розвитком інформаційних технологій з'явилося багато комп'ютерних програм, де розробниками передбачено інструменти для супроводу статистичних розрахунків. Серед таких: *Statistica*, *Maple* (підпакет *stats*), *GeoGebra*, *MS Excel* (статистичні функції та Пакет аналізу) та ін. За умови коректної інтерпретації команд

(комп'ютерних інструментів) стає можливою швидка обробка громіздких математичних формул і спрощення розрахунків. І тоді важливим стає не скільки вміння записати формулу, скільки усвідомлення гіпотез та коректне сприйняття й інтерпретація результату.

Отже, з'явилися умови, що дозволяють дослідникам з гуманітарною освітою лише робити висновок без проведення складних математичних обчислень. Тому актуальною бачимо задачу запропонувати такий підхід (методику) до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту, який би, з одного боку, вимагав знань лише початкового курсу статистики (розуміння понять вибірка, обсяг вибірки, генеральна сукупність, середнє, дисперсія, середнє квадратичне відхилення), а з іншого, забезпечував результати, які ґрунтуються саме на апараті математичної статистики і які мають стати основою для якісного аналізу і обґрунтованих висновків у педагогічному експерименті. Зазначене стало метою нашого дослідження.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Наведемо типовий алгоритм перевірки статистичної гіпотези:

1. На першому етапі формуються вибірки за певним показником (спостереженням).
2. Формуються нульова гіпотеза H_0 і альтернативна гіпотеза H_1 . Нульову гіпотезу перевіряють за допомогою спеціально підібраної випадкової величини, точний чи наближений розподіл якої наперед відомий.
3. Обирається статистичний критерій K_n . Для перевірки нульової гіпотези за даними вибірки обчислюють спостережуване (емпіричне) значення критерію із заданим рівнем значущості (для педагогічних наук прийнято надійна ймовірність 0,95 або ж рівень значущості 0,05). Критичне і емпіричне значення порівнюються між собою. Якщо емпіричне значення критерію потрапляє в критичну область (рис. 1), то гіпотеза H_0 відхиляється на користь альтернативної гіпотези H_1 .

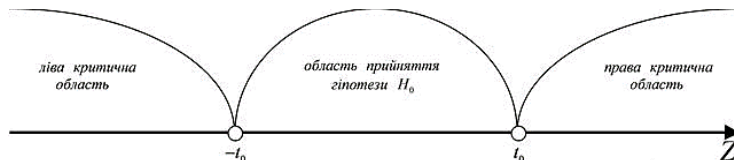


Рис. 1. Области прийняття гіпотез

Перевіркою гіпотез можуть розв'язуватись, перш за все, задачі порівняння вибірових числових характеристик (середніх, дисперсій) з відповідними заданими величинами, числових характеристик двох чи кількох вибірок між собою (перевірка гіпотези про належність цих вибірок одній сукупності).

Перевірка статистичних гіпотез про рівність середніх ґрунтується наприклад, на алгоритмі критерія Ст'юдента, а про рівність дисперсій – на алгоритмі критерія Фішера.

Згадані критерії закладені в більшість спеціалізованих комп'ютерних програм, що автоматизує розрахунок як критичного значення критерію, так і емпіричне значення статистики за цим критерієм.

Як приклад, наведемо розрахунки в табличному процесорі MS Excel, який встановлено майже на кожному комп'ютері (рис. 2).

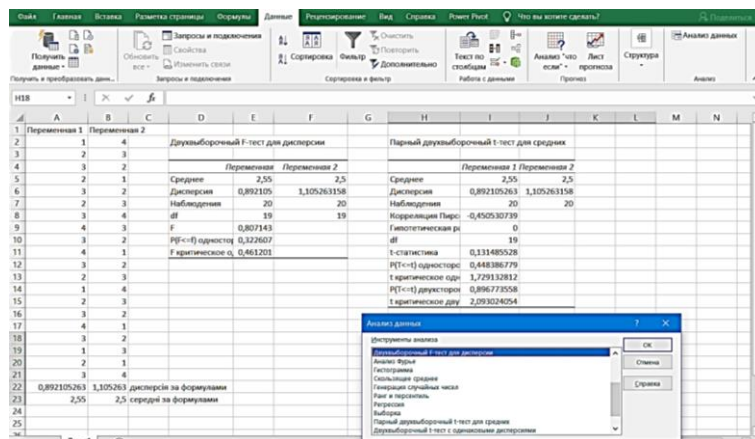


Рис. 2. Приклад розрахунків у MS Excel

Статистичний аналіз даних двох вибірок (стовпчики А і В) можна провести з використанням надбудови *Даные/Пакет Аналізу*, де закладені функції *Двухвыборочный F-тест для дисперсии* та *Парный двухвыборочный t-тест для средних*. Ці інструменти як результат формують таблиці характеристик вибірки:

- для критерія Фішера – середнє, дисперсія, обсяг вибірок (наблюдения), кількість степенів свободи (df), емпіричне значення статистики (F) та критичне значення статистики ($F_{\text{критичне}}$);
- для критерія Стюдента - середнє, дисперсія, обсяг вибірок (наблюдения), коефіцієнт кореляції для набору даних (кореляція Пірсона), задану нульовою гіпотезою різницю середніх для двох вибірок (гипотетическая разность), кількість степенів свободи (df), емпіричне значення статистики (t-статистика) та критичне значення статистики (t критичне для односторонньої та двосторонньої областей).

Досліднику залишається лише зіставити критичне і емпіричне значення для того, щоб зробити висновок про прийняття чи відхилення нульової гіпотези. Для прикладу, що подано на рисунку (рис.2), ми маємо:

– для зіставлення середніх порівняти емпіричне значення статистики $t=0.13$ (комірка I11) та критичне значення $t=2.09$ (комірка I15) і зробити висновок, що дані вибірок дають підстави прийняти нульову гіпотезу ($0.13 < 2.09$) про статистичну рівність середніх (різниця середніх дорівнює нулю);

– для зіставлення дисперсій порівняти емпіричне значення статистики $F=0.80$ (комірка E9) з критичним значенням $F=0.46$ (комірка E11) і зробити висновок, що дані вибірок дають підстави відхилити нульову гіпотезу ($0.80 > 0.46$) на користь альтернативної (дисперсії не є рівними, причому відмінність статистично значуща).

В педагогічних дослідженнях з'являється доцільність порівняння середніх і дисперсій на різних етапах педагогічного експерименту для корегування запропонованих методик навчання.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення результату використано: теоретичний аналіз наукових джерел з метою визначення теоретичних основ статистичного аналізу у педагогічних дослідженнях, порівняльний аналіз і зіставлення результатів науково-педагогічних досліджень з метою з'ясування найбільш затребуваних методів статистичного аналізу; контент-аналіз ресурсів Інтернет з метою визначення ресурсів для автоматизації статистичних розрахунків; емпіричні методи (педагогічний експеримент) для демонстрації процесу опрацювання емпіричних даних за розробленою методикою.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У педагогічних дослідженнях експериментальна перевірка ефективності авторської методичної системи (моделі, підходу тощо) передбачає використання нормального закону розподілу. Але підходи до порівняння експериментальних даних в контрольних та експериментальних групах вимагають не лише перевірки на нормальність їх розподілу, а й більш детального аналізу, який стосується не тільки середнього значення отриманих даних (середньостатистичної – математичного сподівання), а й дисперсії, яка дає можливість схарактеризувати розкид значень вибірки навколо середнього її значення (середнє квадратичне відхилення) і з додатковим урахуванням якої стає можливим більш глибокий аналіз отриманих даних і більш обґрунтовані висновки стосовно стабільності досліджуваних параметрів та їх прогнозування.

Тому наш підхід до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту базується на двох позиціях:

1) інтегральне врахування змін у середніх та дисперсіях обох вибірок: ідея полягає в одночасному аналізі вибірок за критерієм Ст'юдента і за критерієм Фішера, щоб, зіставляючи середні і дисперсії, зробити відповідний висновок про ефективність авторської моделі чи підходу;

2) відслідковування проміжних результатів педагогічного експерименту для вчасного корегування розробленої методики чи підходу: ідея в тому, що спочатку відслідковується пара «контрольна група і експериментальна група на уточнювальному етапі експерименту», за результатами вдосконалюється (або ні) методика, і на новій парі «контрольна група і експериментальна група на формульовальному етапі експерименту» авторська методика підтверджується остаточно.

Для опрацювання результатів педагогічного експерименту пропонуємо наступний алгоритм дій, який спрощує аналіз і водночас базується на математичному апараті та забезпечує обґрунтовані висновки.

1. На початку педагогічного експерименту формуємо групи: КГ ($\bar{Z}$ – середнє для КГ, S_z^2 – дисперсія для КГ) як контрольна; ЕГ-1 ($\bar{Y}$ – середнє для ЕГ-1, S_y^2 – дисперсія для ЕГ-1) як експериментальна на уточнювальному етапі експерименту. Пізніше формуємо групу ЕГ-2 ($\bar{X}$ – середнє для ЕГ-2, S_x^2 – дисперсія для ЕГ-2) як експериментальну на формульовальному етапі експерименту.

2. Групи добираємо так, щоб на вході в експеримент вони були однорідні за складом відносно того показника, який досліджується (наприклад, результати контрольних робіт чи результати анкетування). Така перевірка здійснюється попередньо, наприклад, з використанням критерію χ^2 -квадрат (Грабарь & Краснянская, 1977).

3. Задаємо рівень значущості (як правило, 5% або 0,05).

4. Фіксуємо результати досліджуваного показника для кожної із вибірок (тобто формуємо вибірки).

5. З використанням комп'ютерних інструментів (у даному випадку MS Excel) визначаємо результати застосування статистичних критеріїв оцінки середніх (критерій Ст'юдента) і оцінки дисперсій (критерій Фішера).

6. Будуємо таблицю (табл.1): якщо приймається гіпотеза H_0 , то в таблицю заносимо значення 0 (незначуща розбіжність або відхилення у результатах). Якщо приймається альтернативна гіпотеза H_1 , то в таблицю заносимо значення 1 (суттєві розбіжності або відхилення у результатах). Заповнюємо комірки, залиті блакитним кольором.

Таблиця 1

Значущість відмінності середнього і дисперсії для заданого показника
(«1» - значуще відхилення, «0» – не значуще відхилення)

Показник	1	2	3	4	5	6
	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	S_x^2	S_x^2	S_y^2
	$\bar{Y}$	$\bar{Z}$	$\bar{Z}$	S_y^2	S_z^2	S_z^2
Показник-1						

7. Здійснюємо якісний аналіз результатів, тобто зіставляємо відповідні пари «оцінка вибірок за критерієм Ст'юдента» (один із стовпчиків 1-3 таблиці 1) і «оцінка вибірок за критерієм Фішера» (один із стовпчиків 4-6 таблиці 1), які можуть бути у варіаціях:

а. «0 (для середніх) і 0 (для дисперсій)» – означає, що середні статистично однакові, і дисперсії статистично однакові, з чого слідує висновок про відсутність будь-якого впливу розробленої методики (чи підходу) на досліджуваний показник;

б. «0 (для середніх) і 1 (для дисперсій)» – означає, що середні статистично однакові, а дисперсії статистично відрізняються, з чого слідує висновок про відсутність навіть при зафіксованій відмінності дисперсій впливу розробленої методики (чи підходу) на досліджуваний показник. Якщо в експериментальній групі дисперсія більша, треба з'ясувати причини та удосконалювати методику або ж відмовлятися від неї;

с. «1 (для середніх) і 0 (для дисперсій)» – означає, що середні статистично різні, а дисперсії статистично однакові, з чого слідує висновок про наявний, статистично значущий, вплив розробленої методики (чи підходу) на досліджуваний показник. Потрібно оцінити прогрес (динаміку) середніх для якісного і коректного висновку про ефективність чи навпаки (негативний вплив) запровадженої методики;

д. «1 (для середніх) і 1 (для дисперсій)» – означає, що середні статистично різні, і дисперсії статистично різні, з чого слідує висновок про суттєві розбіжності в експериментальній і контрольній групах, що, як правило, свідчить на користь експериментальної групи і доводить позитивний вплив запропонованої методики (чи підходу) на досліджуваний показник. При цьому важливо оцінити не лише динаміку середніх (збільшується чи зменшується), але й зіставити дисперсії: якщо в процесі експерименту дисперсія зменшується, то це додатково свідчить на якість впливу розробленої методики (чи підходу); якщо дисперсія збільшується, то це означає, що зі зміною середнього збільшується розкид оцінок навколо середнього, тобто в експериментальній групі неоднозначним є сприйняття (і вплив) обраної методики, що також вимагає певного коригування останньої.

ОБГОВОРЕННЯ

Особливості процесу навчання й виховання вивчити і розкрити нелегко. Педагогічні процеси мають неоднозначний характер. Їхні результати залежать від одночасного впливу багатьох чинників. Достатньо змінити вплив одного фактора, щоб результати процесу суттєво відрізнялись один від одного. Для педагогічних процесів характерна неповторність. Якщо дослідник природничих наук (у хімії, фізиці) може кількаразово повторити експеримент, використовуючи ті самі матеріали, створюючи однакові умови, то педагог-дослідник такої можливості не має: повторне дослідження пропонує вже інші умови праці і як наслідок – інші результати. Ось чому «чистий» експеримент у педагогіці неможливий. Зважаючи на цю обставину, педагоги мають робити свої висновки обережно й зважено, розуміючи відносність умов, у яких ці висновки були отримані. Кількаразові спостереження (повторення експерименту) дають змогу в узагальненій формі формулювати висновки і визначати найхарактерніші тенденції (readbookz.com). Саме ця теза зумовила проміжний педагогічний експеримент, який покладено в основу нашої методики статистичного аналізу.

Ідея запропонованого алгоритму статистичного аналізу з'явилася й апробована у 2008 р. (Петрук, 2008) при розробленні та удосконаленні моделі професійної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей. Його подальше використання можна знайти в роботах (Хом'юк, 2013; Петрук, 2011; Прозор, 2013).

Нижче опишемо використання наведеного алгоритму на прикладі опрацювання результатів одного з етапів педагогічного експерименту.

Математична освіта є основою системи професійної підготовки майбутніх спеціалістів комп'ютерної інженерії в технічних вищих навчальних закладах. Тому перевірялася ефективність авторської системи навчання дисциплін вищої математики майбутніх фахівців комп'ютерної інженерії.

Для педагогічного експерименту відібрано контрольну групу – $K\Gamma(\bar{Z}, S_z^2)$, групу $ЕГ-1(\bar{Y}, S_y^2)$ – уточнювального експерименту та групу $ЕГ-2(\bar{X}, S_x^2)$ – формувального експерименту.

Серед інших досліджувався показник «Знання» на основі підсумкових контрольних робіт для різних розділів вищої математики. Результати контрольних робіт під кожну дисципліну утворили вибірки, які відповідно до алгоритму порівнювалися між собою. Результати порівняння за критеріями Ст'юдента і Фішера заносилися у таблицю (табл. 2).

Аналіз значущості відмінностей середніх і дисперсій між групами показує, що запропонована система навчання математичних дисциплін значно підвищує рівень набутих студентами знань. Про те свідчать дані стовпців 5 і 8. Показник вказує на суттєву відмінність у знаннях студентів за всіма темами на користь запропонованої системи. При цьому статистична середня з усіх тем була вища в експериментальній групі формувального етапу.

Після статистичної обробки результатів уточнювального етапу експерименту ми побачили, що хоча результати тестів у експериментальній групі $ЕГ-1$ були вищі за результати контрольної групи $K\Gamma$, відмінність показників не була стабільно суттєвою (стовпці 6 і 9). Це означало, що цей елемент у системі навчання суттєво не впливає на результати, які ми бажали отримати. Була вдосконалена (змінена) методика лекційних і практичних занять з векторної алгебри, аналітичної геометрії, визначеного інтегралу, теорії рядів, функції комплексної змінної та операційного числення (зокрема, було впроваджено авторські навчальні посібники, що передбачали самостійне опрацювання студентами розділів вищої математики).

Результати статистичного аналізу після проведення формувального експерименту підтвердили позитивний зсув результатів набуття знань після коригування методики занять, про що свідчать дані стовпців 4 і 7 та 6 і 9.

Аналізуючи отримані результати значущості відмінності показників числових характеристик бачимо, що за всіма параметрами відмінність між запропонованою системою навчання математичних дисциплін і традиційною істотна. Відмінність між значеннями в експериментальній групі формувального ($ЕГ-2$) і уточнювального ($ЕГ-1$) експериментів свідчать про те, що рішення її випробувати за допомогою уточнювального експерименту, а потім проводити формувальний було правильним.

Таблиця 2

Значущість відмінності показників числових характеристик сформованості знань у групах К, Е та F
(«1» - значуще відхилення, «0» – не значуще відхилення)

№	Розділ	1		2		3		4	5	6	7	8	9
		Група ЕГ-2		Група ЕГ-1		Група КГ		$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	S_x^2	S_x^2	S_y^2
		$\bar{X}$	S_x^2	$\bar{Y}$	S_y^2	$\bar{Z}$	S_z^2	$\bar{Y}$	$\bar{Z}$	$\bar{Z}$	S_y^2	S_z^2	S_z^2
1	Лінійна алгебра	4,06	0,79	3,94	0,75	3,08	0,96	0	1	1	0	1	1
2	Векторна алгебра	3,99	0,28	3,63	0,32	2,78	0,58	1	1	1	0	1	0
3	Аналітична геометрія	3,81	0,57	3,78	0,98	2,59	0,80	0	1	1	0	1	0
4	Диференціювання функцій	4,12	0,56	4,08	0,48	3,50	0,86	0	1	1	0	1	1
5	Визначений інтеграл	3,96	0,35	3,47	0,90	3,44	1,01	1	1	0	1	1	0
6	Кратні та криволінійні інтеграли	3,67	0,79	3,40	0,72	3,11	0,34	1	1	1	0	1	1
7	Диференціальні рівняння	3,63	0,69	3,51	0,73	2,83	0,77	0	1	1	0	1	1
8	Теорія числових та функціональних рядів	3,46	0,82	3,18	0,89	2,84	0,90	1	1	1	1	1	0
9	Функції комплексної змінної	3,52	0,98	3,12	0,99	2,94	0,99	1	1	0	1	0	0
10	Операційне числення	3,46	0,78	3,40	0,81	3,10	0,93	0	1	0	0	1	0
11	Теорія ймовірностей та матем. статистика	4,35	0,83	4,13	0,63	3,13	0,50	0	1	1	1	1	1
Рівні залишкових знань з вищої математики (4-й курс)													
Високий		0,26	0,43	0,21	0,73	0,13	0,89	1	1	1	1	1	1
Достатній		0,21	0,62	0,19	0,77	0,14	0,25	0	1	1	0	1	1
Задовільний		0,36	0,91	0,51	0,70	0,58	0,88	1	1	1	0	1	1
Низький		0,07	0,57	0,09	0,41	0,15	0,56	1	1	1	1	1	1

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Запропонований алгоритм статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту не лише автоматизує розрахунки, а й має перевагу над іншими статистичними методами у тому, що досліднику залишається лише проаналізувати табличні пари середніх і дисперсій про суттєвість відмінностей та зробити відповідні висновки.

Перспективним бачимо впровадження алгоритму в науково-педагогічну практику, а також написання макросу, який автоматизує заповнення таблиці за введеними даними трьох вибірок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Arens, K. (2020). The Structure of Academic Self-Concept: A Methodological Review and Empirical Illustration of Central Models. *The Review of Educational Research*, 91(1), 34-72. <https://doi.org/10.3102/0034654320972186>.
- Rodgers, W. J., Morris-Mathews, H., Romig, J. E., & Bettini, E. (2021). Observation Studies in Special Education. *A Synthesis of Validity Evidence for Observation Systems*. <https://doi.org/10.3102/00346543211042419>.
- Гласс, Дж., & Стэнли, Дж. (1976). Статистические методы в педагогике и психологии. М.: Изд-во «Прогресс».
- Гончаренко, С. У. (2008). Педагогічні дослідження: методологічні поради молодим науковцям. Київ-Вінниця: ДОВ «Вінниця».
- Грабарь, М.И., & Краснянская, К.А. (1977). Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы. Москва: «Педагогика».
- Коэффициент корреляции Пирсона. <http://hostcity.net/calc/statistics/pearson.html>
- Методи педагогічних досліджень. Бібліотека он-лайн. Київ, МОН. <http://www.readbookz.com/book/>
- Новиков, Д.А. (2004). Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М.: МЗ-Пресс.
- Петрук, В. А. (2008). Теоретико-методичні засади формування базових професійних компетенцій у майбутніх фахівців технічних спеціальностей. [Дис... д-ра наук: 13.00.04, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова]. <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/36497>.
- Петрук, В.А. (2011). Формування базового рівня професійної компетентності у майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами інтерактивних технологій. ВНТУ.
- Петрук, В.А., & Кашканова, Г.Г. (2006). Ймовірно-статистичні моделі та статистична оцінка рішень (друге доповнене видання). Навчальний посібник МОН України, «Універсум-Вінниця».
- Пример нахождения коэффициента корреляции. <https://math.semestr.ru/corel/prim.php>
- Прозор, О.П. (2012). Формування когнітивно-творчої компетенції майбутніх фахівців із системної інженерії. [Дис... к-та наук: 13.00.04, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування]. <http://www.disslib.org/formuvannja-kohnityvno-tvorchoyi-kompetentsiyi-majbutnikh-fakhivtsiv-iz-sistemnoyi.html>.
- Хом'юк, І. В. (2013). Система формування професійної мобільності майбутніх інженерів машинобудівної галузі. [Дис... д-ра наук: 13.00.04, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України]. <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/14700>.
- Шишкіна, М. (2010). Вимоги до засобів інформатизації науково-педагогічного дослідження. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 9(1). <https://doi.org/10.33407/itlt.v9i1.19>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Arens, K. (2020). The Structure of Academic Self-Concept: A Methodological Review and Empirical Illustration of Central Models. *The Review of Educational Research*, 91(1), 34-72. <https://doi.org/10.3102/0034654320972186>.
- Rodgers, W. J., Morris-Mathews, H., Romig, J. E., & Bettini, E. (2021). Observation Studies in Special Education. *A Synthesis of Validity Evidence for Observation Systems*. <https://doi.org/10.3102/00346543211042419>.
- Glass, J., & Stanley, J. (1976). *Statisticheskiye metody v pedagogike i psikhologii [Statistical methods in pedagogy and psychology]*. М.: Izd-vo «Progress». (in Russian).

4. Goncharenko, S. U. (2008). *Pedahohichni doslidzhennya: metodolohichni porady molodym naukovtsyam* [Pedagogical research: methodological advice for young scientists]. Kyiv-Vinnytsya : DOV «Vinnytsya». (in Ukrainian).
5. Grabar, M.I., & Krasnyanskaya, K.A. (1977). *Primeneniye matematicheskoy statistiki v pedagogicheskikh issledovaniyakh. Neparemetricheskiye metody* [Application of mathematical statistics in pedagogical research. non-paremetric methods]. Moskva: «Pedagogika. (in Russian).
6. *Koeffitsiyent korrelyatsii Pirsona* [Pearson's correlation coefficient]. <http://hostciti.net/calc/statistics/pearson.html>. (in Russian).
7. Metody pedahohichnykh doslidzen [Methods of pedagogical research]. *Biblioteka on-layn*. Kyiv, MON. <http://www.readbookz.com/book/>
8. Novikov, D.A. (2004). *Statisticheskiye metody v pedagogicheskikh issledovaniyakh (tipovyye sluchai)* [Statistical Methods in Pedagogical Research (Typical Cases)]. M.: MZ-Press. (in Russian).
9. Petruk, V. A. (2008). *Teoretyko-metodychni zasady formuvannia bazovykh profesiynykh kompetentsii u maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnykh spetsialnostei – Theoretical and methodological principles of formation of basic professional competencies in future specialists of technical specialties*. [Dys... d-ra nauk: 13.00.04, Natsionalnyi pedahohichnyi universytet imeni M.P. Drahomanova]. <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/36497>. (in Ukrainian).
10. Petruk, V.A. (2011). Formation of the basic level of professional competence in future specialists of technical specialties by means of interactive technologies [Formuvannia bazovoho rivnia profesiinoi kompetentnosti u maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnykh spetsialnostei zasobamy interaktyvnykh tekhnolohii]. VNTU. (in Ukrainian).
11. Petruk, V.A., & Kashkanova, H.H. (2006). Probabilistic-statistical models and statistical evaluation of decisions (second supplemented edition) [Ymovirnisno-statystychni modeli ta statystychna otsinka rishen (druhe dopovnene vydannia)]. *Navchalnyi posibnyk MON Ukrainy – Textbook of the Ministry of Education and Science of Ukraine*. „Universum-Vinnytsia”. (in Ukrainian).
12. *Primer nakhozhdeniya koeffitsiyenta korrelyatsii* [An example of finding the correlation coefficient]. <https://math.sestru.ru/corel/prim.php>. (in Russian).
13. Prozor, O.P. (2012). *Formuvannia kohnityvno-tvorchoi kompetentsii maibutnikh fakhivtsiv iz systemnoi inzhenerii – Formation of cognitive and creative competence of future specialists in systems engineering*. [Dys... k-ta nauk: 13.00.04, Nats. un-t bioresursiv i pryrodokorystuvannia]. <http://www.disslib.org/formuvannja-kohnityvno-tvorchoyi-kompetentsiyi-majbutnikh-fakhivtsiv-iz-systemnoyi.html>. (in Ukrainian).
14. Khomiuk, I. V. (2013). *Systema formuvannia profesiinoi mobilnosti maibutnikh inzheneriv mashynobudivnoi haluzi – The system of formation of professional mobility of future engineers of the machine-building industry*. [Dys... d-ra nauk: 13.00.04, Nats. un-t bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy]. <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/14700>. (in Ukrainian).
15. Shyshkina, M. (2010). Vymohy do zasobiv informatyzatsii naukovo-pedahohichnoho doslidzhennia [Tools of computerization and the structure of scientific pedagogical research planning of scientific researches in aps of ukraine]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 9(1). <https://doi.org/10.33407/itlt.v9i1.19>. (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 10.31110/2413-1571-2022-033-1-007

UDK 378.147

ГЕЙМИФІКАЦІЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ: ТРИЄДНІСТЬ PBL ЯК ІНСТРУМЕНТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Вікторія САВІЦЬКА ✉

Західноукраїнський національний університет,
 Тернопіль, Україна
savitska.vika@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-9438-1734>

Оксана КРИЧКІВСЬКА

Західноукраїнський національний університет,
 Тернопіль, Україна
oknysem@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-3007-0248>

HIGHER EDUCATION GAMIFICATION: THE TRINITY OF PBL AS A TOOL FOR EDUCATIONAL PROCESS MODERNIZATION

Viktoriia SAVITSKA ✉

West Ukrainian National University,
 Ternopil, Ukraine
savitska.vika@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-9438-1734>

Oksana KRYCHKIVSKA

West Ukrainian National University,
 Ternopil, Ukraine
oknysem@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-3007-0248>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Стаття присвячена проблемам модернізації освітнього процесу у вищій школі на основі використання ігрових технологій та їхніх елементів. Актуальність дослідження зумовлена виявленими можливостями триєдності PBL (Points, Badges, Leaderboards) як інструменту підвищення мотивації навчання серед студентів.

Матеріали і методи. Методологічну основу становлять загальнотеоретичні та емпіричні методи дослідження. Здійснено огляд сучасної наукової літератури, періодичних видань, науково-методичних джерел з проблеми гейміфікації вищої освіти, їхній аналіз, структурування, інтерпретацію та побудову логічних висновків. Систематизацію перспектив розвитку гейміфікації у вищій освіті здійснено з використанням SWOT аналізу.

Результати. У статті розглянуто зміст основних наукових підходів щодо визначення поняття «гейміфікація у вищій освіті». Проаналізовано проблеми та можливості використання ігрового компоненту PBL в освітньому процесі закладів вищої освіти. Запропоновано інноваційні варіанти застосування найуніверсальніших ігрових компонентів PBL в освітньому процесі вищої школи у вивченні будь-якої дисципліни. Проведене дослідження дозволило за результатами узагальнення теоретичних джерел, аналітичної інформації та проведення SWOT-аналізу обґрунтувати доцільність застосування технологій гейміфікації у вищій освіті.

Висновки. На основі здійсненого аналізу літератури, запропоновано варіанти використання триєдності PBL як інструмента модернізації освітнього процесу у вищій школі. Використання ігрових методик з урахуванням триєдності PBL в освітньому процесі може стати одним з механізмів підвищення вмотивованості та інтересу студентів до вивчення дисциплін, посилення їхньої залученості до навчання, а також підвищення рівня компетентностей, які вони набувають. Отримані результати можна застосувати під час проектування різних освітніх курсів, у процесі вивчення яких передбачається використання ігрових технологій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: гейміфікація вищої освіти; ігрові технології; модернізація освітнього процесу; триєдність PBL (PBL – Points, Badges, Leaderboard); перспективи розвитку.

ABSTRACT

Formulation of the problem. The article is devoted to the problems of modernization of the educational process in higher education based on the use of game technologies and their elements. The relevance of the study is due to the identified opportunities for the trinity of PBL (Points, Badges, and Leaderboards) as a tool to increase learning motivation among students.

Materials and methods. The methodological basis is generally theoretical and empirical research methods. A review of modern scientific literature, periodicals, and scientific and methodological sources on the problem of gamification of higher education, their analysis, structuring, interpretation, and construction of logical conclusions was fulfilled. Systematization of prospects for the development of gamification in higher education using SWOT analysis was carried out.

Results. The article considers the content of the main scientific approaches to the definition of "gamification in higher education". Problems and possibilities of using the game component of PBL in the educational process of higher education institutions are analysed. Innovative variants of the application of the most universal game components of PBL in the educational process of higher school in the study of any discipline are offered. The study allowed substantiating the feasibility of gamification in higher education based on the results of generalization of theoretical sources, analytical information, and SWOT analysis.

Conclusions. Based on the literature analysis, options for using the PBL trinity as a tool for modernizing the educational process in higher education are proposed. The use of game techniques, taking into account the trinity of PBL in the educational process, can be one of the mechanisms to increase students' motivation and interest in learning disciplines, improve the involvement in learning, and heighten the level of competencies they acquire. The obtained results can be applied in designing various educational courses in the study process where game technologies are used.

KEYWORDS: gamification of higher education; game technologies; modernization of the educational process; PBL trinity (PBL – Points, Badges, Leaderboard); development prospects.

INTRODUCTION

The problem statement. The rapid development of the information society leads to the transformation of educational technologies and provides a variety of opportunities to improve the educational process. This is extremely necessary for modern education because, of course, education is one of the key drivers of human capital development. However, Ukrainian education, including higher education, is still characterized by the use of the traditional model of teaching (noting lectures and completing formal assignments and exercises in seminars), which does not improve the quality of education. The opportunity to eliminate this shortcoming appears with the use of gamification (gamification) in the educational process of higher education institutions (HEI).

Для
 цитування:

Savitska V., Krychivska O. Higher education gamification: the trinity of pbl as a tool for educational process modernization. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33. № 1. С. 43-47. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-007

Savitska, V., & Krychivska, O. (2022). Higher education gamification: the trinity of pbl as a tool for educational process modernization. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 43-47. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-007>

For
 citation:

Savitska, V., & Krychivska, O. (2022). Higher education gamification: the trinity of pbl as a tool for educational process modernization. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 43-47. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-007>

Savitska, V., & Krychivska, O. (2022). Higher education gamification: the trinity of pbl as a tool for educational process modernization. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 33(1), 43-47. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-007>

✉ Corresponding author

© V. Savitska, O. Krychivska, 2022

However, the emergence of a new, so-called generation of "digital aborigines" (generation Z) contributes to the actualization of gamification of the educational process. Generation Z perceives information flows quite quickly, doing several things at once, giving them instant feedback and all kinds of achievements in the form of awards, which is possible with the use of gaming educational technology.

Thus, new models and approaches are emerging based on the use of information and gaming technologies in education, including, for example, "edutainment" (from English "edutainment"-learning through entertainment), "gamification" (from English "gamification"-the use of game mechanics and elements in a non-game context), "serious games" (from English "games for learning"-games directly designed for learning or having a secondary educational value), "game-based learning" (from English "game-based learning"-an approach to learning based on the game), etc. (Seaborn & Fels, 2015). These technologies make it possible to pay more attention to the peculiarities of students' perception and processing of information (quick access to information, variability of its use, interactivity, visual presentation of information), their interests (adaptive, individual educational trajectories), and build effective communication processes and mechanisms. They, for example, help to boost student motivation. However, these technologies also have their drawbacks due to the complexity of their application and implementation.

Gamification is one of the current educational trends in modern education and involves the use of gaming technology elements in non-gaming situations. The purpose of this process is to attract and increase the students' attention, and to increase their motivation for solving practical problems and learning how to perform new activities. The need for gamification arose from the need to modernize outdated motivational schemes, where incentives and punishments no longer produce the desired effect.

Gamification is based on the use of game elements in a non-game context, i.e., it is a process in which game elements are used to achieve real goals (Faiella & Ricciardi, 2015). Gamification is typically used as an approach that involves selecting game elements to create a game environment to optimize the user experience (Dichev & Dicheva, 2017) and engage users (Sailer et al., 2017).

Undoubtedly, games can motivate the students easily to take some actions in situations where they do not always know how much they want to do so (Zichermann & Linder, 2010). Gamification is game-based and therefore so successful.

The PBL gamification model (PBL-Points, Badges, Leaderboard) is the basic model. And although this model provides a high level of feedback (scores), visualization of the participant's achievements (badges), and a leaderboard clearly shows the rating of participants, it does not take into account the use of gamification (Makarevich, 2015).

The analysis of current research. In modern research, there are many different interpretations of the concept of "gamification," but they all come down to the use of gaming technology in non-gaming situations. For example, Kevin Wehrbach (2012) views gamification as the use of game elements and game mechanics in a non-game context. Gabe Zichermann and Linder define "gamification" as the process of using game mechanics and thinking to capture an audience and address current issues facing learners (Zichermann & Linder, 2010).

The term "gamification" is borrowed and partially identical to the concept of "game technology" in domestic pedagogy. The game as a form of human activity and an active learning method is the foundation of game technology. However, there are some differences between these concepts. Game-based learning encourages learning through the element of competition, where the set of necessary knowledge is necessary for "survival" in the game, and this is the basis of game learning (Dicheva et al., 2015). At the same time, gamification is the application of game mechanics to make boring activities more engaging.

In the research, scientists also consider gamification as a modern learning process and analyze its components (Tkachenko, 2015), provide basic definitions of gamification (Zelenskaya & Kovinko, 2019), determine the general principles of game teaching methods, including visible game status, social activity of players, freedom of choice, freedom of loss and quick feedback between game participants (Dicheva et al, 2015). Despite the growing popularity in the field of education, the theoretical foundations of gamification remain insufficiently studied, which has led to numerous failures and criticism of the process (Loughrey & Broin, 2018). On the other hand, the use of the gamification method has not become widespread either in works on higher school didactics or in the classical domestic educational space.

The purpose of the article is to identify opportunities to use the game components of PBL (Points, Badges, and Leaderboards) in the educational process of higher education institutions as a means of increasing the motivation of students' learning activities.

METHODS OF THE RESEARCH

The methodological basis is generally theoretical and empirical research methods. The research is based on modern scientific literature and periodicals on the gamification of education, scientific and methodological sources, and literature containing statistical information on the analyzed topics, their analysis, structuring, interpretation, and construction of logical conclusions. A SWOT analysis was used to systematize the prospects for the development of gamification in higher education, assess the strengths and weaknesses, and identify opportunities and threats for further use within the digital space of higher education institutions.

RESULTS OF RESEARCH

Currently, gamification in education has two varieties: the first is based on the development of some educational games that are used in a particular university and does not become more widespread due to the narrow specifics. Another variety is games developed by third-party commercial companies (Erkens & Bodemer, 2019). They often do not take into account several requirements of the educational system and the need to address some financial and legal issues. The development of generalized approaches and tools for the use of some components of gamification (PBL trinity) in the educational process of higher education institutions may be one way to solve this problem. Existing approaches to gamification in higher education and the use of MOOCs generally rely on overly superficial and abstract implementations of game components such as scores, badges, and leaderboards, which form the so-called PBL trinity (Points, Badges, Leaderboards). The goal of the PBL trinity is to use the presented game

mechanics not separately but together, thus creating a synergistic effect. Using leader points, badges, and tables, both individually and collectively, can increase student motivation and engagement. For example, researchers at the University of Hong Kong conducted a quasi-experiment to study the effects of gamification on students. The results showed that the PBL model is effective in motivating and engaging students because, during the experiment, they made greater efforts to learn (Huang & Hew, 2015). However, the current use of game scores, badges, and leaderboards does not meet the goals and objectives of the introduction of gamification as a means of increasing motivation among students.

The elements of the PBL trinity are an important and mandatory part of the game. Points reflect the achievements and progress of players, which allows you to compare with each other and keep the necessary statistics. Badges give players status and additional, unique opportunities, motivating them to accumulate new badges to collect them. They are a visual reflection of the success of the local and global stages of the game. Leaderboards or leaderboards show the player's place among other participants in the game and motivate them to achieve more significant results.

These components are the most universal in the context of the gamification used in the educational process, as their implementation is possible in the study of any discipline. Thus, the use of the element P (Points) is a formal, direct reflection of the points of the final certification. Element B (Badges) is also, in most cases, completely useless, having no meaning other than pseudo-status (Chou, 2016). Therefore, it is necessary to identify opportunities and mechanisms to increase the effectiveness of the PBL trinity to increase learning motivation and involve freelance students in the game form of learning in various educational disciplines, considering this form the most universal and suitable for almost any educational program.

Involving students in the game educational process requires adaptation, rethinking the PBL model for the educational process to increase the actual, real significance of its components. To this end, we have divided the "points" component into two components: rating points and "cash" points. Interpretation of rating points remains unchanged and is an assessment of the study of the methodological unit of the discipline. A novelty in the model is the introduction of "cash", which is a kind of "currency" used in the infrastructure of the educational institution and within the educational process to obtain real bonuses-achievements. Methods of obtaining "cash" points are formed in parallel with obtaining rating points using additional game techniques. Additional game mechanics are:

1. Mini-games based on the studied material. For example, an analogue of the card game "find a pair", where pairs are related entities or objects (name - definition, name - formula, cause-effect). It is very important that when using online information educational systems, mini-games can be group games, which adds excitement and interest to the game.

2. Solving additional basic level tasks. Performing this type of task is aimed at improving mechanical memorization and skills development.

3. Solving problems of increasing complexity involves the study of additional material.

4. Increasing involvement in the game. Getting additional "cash" points for regular visits to the information and educational environment (games). For example, if you regularly visit the gaming educational environment, the player defends his "cash" points and has the opportunity to take part in the points from players who did not attend the game in time. The player must be able to spend his "cash" points. These opportunities must be useful in the educational process.

One of the easiest ways to spend "cash" points is to transform them into a small number of rating points in the discipline. Other opportunities in the educational process: plus 1 point on the exam in the discipline; the right to withdraw a second ticket is not an exam; answer only theoretical questions; use of own abstracts on the test/exam; one cheat sheet (any information on sheet A6/A7).

The real significance of the "badge" or "achievement" component also needs to be enhanced. It is advisable to introduce "badges" that allow certain actions along with status "badges" for statistical achievements. The number of "badges" of one type must be strictly limited to devalue the achievement. Example:

1. Discipline professors: the owner receives bonus points for work in practical and seminar classes.

2. A good friend—the opportunity to give a duplicate of your privilege (obtained for "cash" points) to any participant in the game.

3. Inspector: the chance to visit couples with a different group.

4. Call the second opportunity to get a teacher's tip at control events.

The practical application of "points" and "badges" automatically increases the value of the third component, "leaderboards". Access to information on the participants who received significant "cash" points and "badges", which directly affect the individual progress of the educational process, gives an additional and very powerful impetus to the competitive process during training. Individual end-to-end ranking with the help of rating points should be organized as a controlled and corrective subsystem. This is because the motivational component of individual ratings is positive only if the participant is at the top of the leaderboard (from the first quarter to the third), neutral-in the middle, and neutral-negative-at the bottom (Esteves, 2017).

The positive effect of the "leaderboards" technique application is more evident during short events, the outcome of which depends on the contribution of each team member. Firstly, each event is a new opportunity to demonstrate yourself and your skills from scratch, minimizing the impact of past experiences of victories and defeats; and secondly, teamwork increases engagement based on responsibility to yourself and the team.

A schematic representation of the PBL trinity in the educational process of higher educational institution is offered in Figure 1.

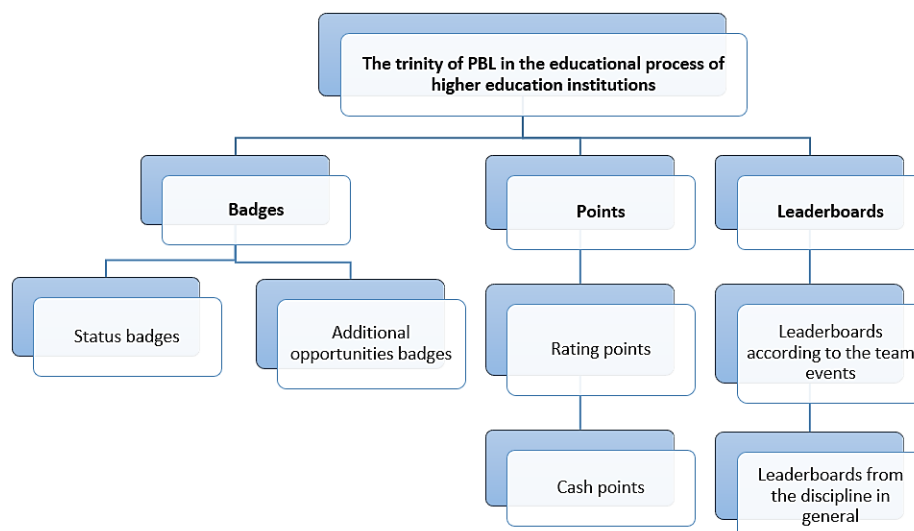


Fig. 1. The trinity of PBL in the educational process of higher educational institution

There are two possible options for using the PBL trinity in the educational process of free economic education (while studying some disciplines):

1. The first option goes through the whole course and helps the student throughout the study: the system of "gingerbread" (titles, incentives, appraisals, visualization of educational progress, or game script).

2. The second option is a "dot option," which is also a good help in learning. For example, courses with webinars. Sometimes webinars are boring because they are long, and you have to be constantly careful not to miss important material. Interactive tools enliven the story.

Thus, it is worth noting the increasing popularity of gamification as a modern interactive resource. Prospects for the development of gamification in higher education were assessed using the SWOT analysis presented in Table 1.

Table 1

SWOT analysis of the process of application of gamification elements
in educational education of higher education institutions

Strengths	Weaknesses
1. Simplifying the educational process and improving educational methods 2. No discrimination against students. 3. Visualization of complex processes. 4. Correspondence of the game to the logic of study. topics, sections, and disciplines; support of interdisciplinary connections. 5. Availability of feedback. 6. Creating a model of the functionality of future professional activity 7. Ability to deeply understand the problems posed in the game and methods of solving them.	1. Availability of low-quality content on the market of educational games. 2. High cost of computer game development for higher education. 3. Lack of templates for the use of gamification in the educational process. 4. The need for homogeneity of material and technical base of students. 5. Deterioration of students' perception of other forms of interaction with the teacher (traditional forms of work). 6. The possibility of risk of losing interest in the game in students. 7. Additional costs of temporary resources for the teacher.
Opportunities	Threats
1. Increasing the interest and involvement of students. 2. Increasing the internal motivation of students. 3. Formation of the adequate attitude of students to mistakes. 4. Development of communication skills in teamwork. 5. Development of a sense of responsibility and self-confidence. 6. Use of conditionally objective rating system (rating). 7. Expanding the range of educational opportunities. 8. Professional self-development of the teacher.	1. The transition from motivation to the excitement, accompanied by a loss of original meaning. 2. Psychological threat of substituting the concepts of "reality" and "game". 3. Development of hyper-competition among students. 4. Oversaturation of the educational process with the game. 5. Development of the habit of waiting for a reward (Hernández-Sellés et al., 2019); 6. Inconsistency of the game scenario with educational goals. 7. Lack of freedom of choice for students who are not interested in the game form of mastering the material. 8. Failure of participants in the educational process to recognize the effectiveness of gamification methods.

Thus, the gamification of higher education is a much more difficult task than the usual development and distribution of entertaining computer games. The main difficulty is related to the need to determine the didactic and technological paradigm of the educational game and its effective integration into higher education institutions. The effectiveness of gamification in higher education depends on how well it is integrated into the educational environment of a particular university.

CONCLUSIONS AND PERSPECTIVES FOR A FURTHER RESEARCH

The educational process is developing continuously, systematically, and continuously, which necessitates its modernization under modern requirements, adaptation to the digital age, and the current needs of society. Gaming technology generally meets these requirements. The article confirms the growing popularity of gamification as a modern interactive resource.

Based on the analysis of literature and own pedagogical practice, some imperfections in the trinity of PBL are revealed, and variants of its modernization for use in the educational process of higher educational institutions are offered. The use of game techniques, taking into account the trinity of PBL in the educational process, can be one of the mechanisms to increase students' motivation and interest in learning disciplines, increase their involvement in learning, and increase the level of competencies they acquire.

The study allowed us to substantiate the feasibility of gamification in higher education based on the results of the generalization of theoretical sources, analytical information, and SWOT analysis.

The obtained results can be applied during the design of various educational courses, in the process of which the use of game technologies is envisaged.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Zelenska, L. D., & Kovinko, K. V. (2019). Gejmifikaciya yak metod navchannya здобувачів вищої освіти англійської мови [Gamification as a method of teaching English to higher education students]. *Zasoby navchalna ta naukovo-doslidnoyi roboty – Teaching and research aids*, 52, 21–35. (in Ukrainian).
2. Makarevych, O. O. (2015). Gejmifikaciya yak nevid'yemnyj chynnyk pidvyshchennya efektyvnosti elementiv dystancijnogo navchannya. [Gamification as an integral factor in improving the effectiveness of distance learning elements.] *Molodyj uchenyj – Young scientist*, 2(17), 275–278. (in Ukrainian).
3. Tkachenko, O. (2015). Gejmifikaciya osvity: formalnyj i neformalnyj prostir. [Gamification of education: formal and informal space.] *Aktualni pytannya gumanitarnyx nauk – Current issues of the humanities*, 11, 303–309. (in Ukrainian).
4. Brophy, J. (2013). *Motivating students to learn*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203858318>.
5. Chou, Y.-K. (2016). Actionable gamification: Beyond points, badges, and leaderboards. *Octalysis Media*, 1–151.
6. Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: What is known, what is believed and what remains uncertain: A critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14 (1). <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>.
7. Dicheva, D. et al. (2015). Gamification in Education: A Systematic Mapping Study. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(3), 75–85.
8. Erkens, M., Bodemer, D. (2019). Improving collaborative learning: Guiding knowledge exchange through the provision of information about learning partners and learning contents. *Computers & Education*, 128, 452–472.
9. Esteves, J. M. (2017). The perils of gamification trivialization: How and why gamification is failing to deliver loyalty. *Academy of Management Proceedings*, 2017(1), 13560.
10. Faiella, F. & Ricciardi, M. (2015). Gamification and Learning: A Review of Issues and Research. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 11(3), 1–12.
11. Hernández-Sellés, N., Muñoz-Carril, P.-C., & González-Sanmamed, M. (2019). Computer-supported collaborative learning: an analysis of the relationship between interaction, emotional support and online collaborative tools. *Computers & Education*, 138, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.012>.
12. Huang, B., & Hew, K. F. (2015). Do points, badges and leaderboards increase learning and activity: A quasi-experiment on the effects of gamification. *The 23rd International Conference on Computers in Education (ICCE 2015)*. Hangzhou, Asia-Pacific Society for Computers in Education, 275–280.
13. Loughrey, K., & O Broin, D. (2018). Are We Having Fun Yet? Misapplying Motivation to Gamification. In *2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM)* (pp. 1–9). IEEE.
14. Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371–380.
15. Seaborn, K. & Fels, D. (2015). Gamification in Theory and Action: A Survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 14–31.
16. Werbach, K. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Philadelphia, 148.
17. Zichermann, G. & Linder, J. (2010). *Game-based marketing: inspire customer loyalty through rewards, challenges, and contests*. New Jersey: John Wiley & Sons.



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 10.31110/2413-1571-2022-033-1-008

UDK 376.4

МІЖНАРОДНІ ТА ВІТЧИЗНЯНІ ПРАКТИКИ РОБОТИ АСИСТЕНТА ПЕДАГОГА

Світлана СИТНЯКІВСЬКА ✉

Житомирський державний університет імені Івана Франка,
 Житомир, Україна
hng@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-1367-0487>

Ольга ІЛІНА

Житомирський державний університет імені Івана Франка,
 Житомир, Україна
illina.olha@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9051-0538>

INTERNATIONAL AND DOMESTIC PRACTICES OF ASSISTANT TEACHER'S WORK

Svitlana SYTNIKIVSKA ✉

Zhytomyr Ivan Franko State University,
 Zhytomyr, Ukraine
hng@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-1367-0487>

Olha ILLINA

Zhytomyr Ivan Franko State University,
 Zhytomyr, Ukraine
illina.olha@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9051-0538>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Констатовано, що в Україні інклюзивну освіту забезпечує інклюзивна школа – заклад освіти, в якому створюється фізичне середовище, реалізуються навчальні програми та плани, використовуються методи та форми навчання, залучаються ресурси і фахівці, які забезпечують надання освітніх послуг відповідно до потреб кожної дитини. Відповідно постає проблема визначення і конкретизації функцій і обов'язків фахівців, які будуть працювати в умовах такого закладу.

Матеріали і методи. Застосовано методи теоретичного аналізу і порівняння. Проаналізовано підходи залучення асистента педагога в процес забезпечення підтримки дітей з особливими освітніми потребами в зарубіжних країнах. Описано досвід роботи асистентів педагога в інклюзивних закладах освіти в Україні.

Результати. Зазначено, що рівень соціальної інклюзії є показником цивілізованості суспільства, критерієм його демократичності та гуманістичної спрямованості. Впровадження інклюзивної освіти гарантує реалізацію права навчатися за місцем проживання, що забезпечує можливість бути інтегрованим в суспільство на загальних засадах, мати підтримку сім'ї, друзів, малих соціальних груп, в яких і відбувається первинна соціалізація особистості. Таким чином інклюзивна освіта є одним з основних шляхів соціальної інклюзії. Визначено, що політика різних країн в сфері інклюзивної освіти визначається тими соціальними проблемами, які домінують в певній країні у визначений період. З'ясовано, що завдання і функції асистентів педагога в різних країнах різняться і залежать від специфічних проблем, що виникають в процесі інклюзивної освіти дітей з особливими освітніми потребами. Робота асистента педагога в зарубіжних країнах не зводиться до підтримки в освітньому процесі дітей з інвалідністю, а також може бути спрямована на підтримку дітей із різних етнічних і лінгвістичних спільнот, дітей біженців та мігрантів тощо. Описано основні засади професійної діяльності таких фахівців в Україні.

Висновки. Зроблено висновок про необхідність удосконалення системи асистування при інклюзивному навчанні в Україні. Ця система повинна бути гнучкою та динамічною і підлаштовуватися під реальні потреби учня й запити вчителя. Використання зарубіжного досвіду щодо чіткого окреслення посадових обов'язків асистента вчителя в кожному конкретному випадку, розподілу ролей сприятиме підвищенню ефективності процесу інклюзивного навчання дитини з особливими освітніми потребами.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інклюзія; інклюзивна освіта; дитина з особливими освітніми потребами; дитина з обмеженими можливостями; помічник вчителя; помічник учня; помічник дитини.

ABSTRACT

Formulation of the problem. It is stated that in Ukraine inclusive education is provided by an inclusive school - an educational institution where a physical environment is created as well as curricula and plans are implemented, teaching methods and forms are used, resources and specialists are involved to provide educational services according to every child's needs. Accordingly, there is a problem of defining and specifying the functions and responsibilities of professionals being at work in such an institution.

Materials and methods. Methods of theoretical analysis and comparison are applied. Approaches to involving a teacher's assistant in the process of providing support to children with special educational needs in foreign countries are analyzed. The experience of teacher's assistant work in inclusive educational institutions of Ukraine is also described.

Results. It is noted that the level of social inclusion is an indicator of the civilization of society, a criterion of its democracy and humanistic orientation. The introduction of inclusive education guarantees the realization of the right to study at the place of residence, which provides an opportunity to be integrated into society on a common basis, to have support from family, friends, small social groups in which the primary socialization of the individual occurs. Thus, inclusive education is one of the main ways of social inclusion. It is determined that the policy of different countries in the field of inclusive education is determined by the social problems that dominate in a particular country in a given period. It was found that the tasks and functions of a teacher's assistant in different countries differ and depend on the specific problems that arise in the process of inclusive education of children with special educational needs. The work of a teacher's assistant in foreign countries is not limited to supporting children with disabilities in the educational process, but can also be aimed at supporting children from different ethnic and linguistic communities, children of refugees and migrants, etc. The basic principles of professional activity of such specialists in Ukraine are also described.

Conclusions. The conclusion is made about the need to improve the system of assistance within the inclusive education in Ukraine. This system must be flexible and dynamic and adapt to the real needs of the pupil and the demands of the teacher. The use of foreign experience in defining the job responsibilities of a teacher's assistant in every individual case, the distribution of roles will increase the effectiveness of the process of inclusive education of children with special educational needs.

KEYWORDS: inclusion; inclusive education; a child with special educational needs; a child with disabilities; teacher's assistant; pupil's assistant; child's assistant.

INTRODUCTION

The problem statement. Every child has the right to education. Today, inclusive education all over the progressive world is the foundation on which the development of not only the educational environment, but society as a whole is based. The level of social inclusion is an indicator of the civilization of society, a criterion of its democracy and humanistic orientation.

Для цитування:

Ситняківська С., Іліна О. Міжнародні та вітчизняні практики роботи асистента педагога. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33. № 1. С. 48-51. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-008

Ситняківська, С., & Іліна, О. (2022). Міжнародні та вітчизняні практики роботи асистента педагога. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 48-51. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-008>

For citation:

Sytyniukivska, S., & Illina, O. (2022). International and domestic practices of assistant teacher's work. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 48-51. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-008>

Sytyniukivska, S., & Illina, O. (2022). Mizhnarodni ta vitchyzniani praktyky roboty asystenta pedahoha [International and domestic practices of assistant teacher's work]. *Fizyko-matematychna osvita* – Physical and Mathematical Education, 33(1), 48-51. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-008>

✉ Corresponding author

© S. Sytniukivska, O. Illina, 2022

The introduction of inclusive education guarantees the realization of the right to study at the place of residence, which provides an opportunity to be integrated into society on a common basis, to have support from a family, friends, small social groups in which the primary socialization of the individual occurs.

The term "inclusion" came to Ukrainian from the English language. The introduction of inclusive education involves the creation of such an educational environment in which the process of the personality formation of a child, regardless of its capabilities, belonging to a particular social group, features of psychophysical development would be productive. Inclusive education is the education of children with special educational needs in the conditions of a mass secondary school at the place of residence. Such training may require the development of an individual curriculum, medical, social, psychological and pedagogical support. Inclusive education is provided by an inclusive school - an educational institution in which the physical environment is created, curricula and plans are implemented, teaching methods and forms are used, resources and specialists are involved to provide educational services according to the needs of each child. Accordingly, there is a need to train specialists who will work in such an institution. The question is to define and specify their functions and responsibilities.

The analysis of current research. Nowadays in Ukraine, in the context of the implementation of social inclusion policy, researchers are increasingly turning to the study of issues related to inclusive education and qualified social support for people with disabilities. The problem of creating a safe environment for inclusive educational institutions is revealed in the works of Kovalyshyn V.V., Khlevnoy O.V., Kharyshyn D.V. (2020).

The issues of training specialists to work in inclusive educational institutions are reflected in the works of Kozibroda L.V., Kruhlyk O. P., Zhuravlova L.S., Chupakhina S.V., Verzhikovska O.M. (2020); Sirko R. I. (2020), etc. Kropivnitskaya M.E. (2018) studied the level of ensuring the rights of children with disabilities. Problems of psychological support of interprofessional interaction of social specialists were studied by Raievska Ya. M. (2019).

An analysis of current research has shown that concerning a wider range of inclusive education and education settings, researchers are looking at inclusive education professionals, but their responsibilities need to be further explored and specified.

The purpose of the article. Analyze foreign and domestic approaches to involving a teacher's assistant in the process of providing support to children with special educational needs and, accordingly, the duties of a teacher's assistant in Ukraine and abroad. Compare the tasks and content of the joint work of the teacher and his/her assistant with children with special educational needs within an inclusive education.

THEORETICAL BASES OF THE RESEARCH

Ratifying major international human rights instruments (UN Declaration on Human Rights, UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities, Convention on the Rights of the Child); Ukraine has committed itself to respecting and enforcing universal human rights. This includes ensuring the right to education of children with special educational needs. The official position of the European Community, expressed by UNESCO and the Commission on Human Rights, on this issue is that education should be provided as far as possible, in secondary schools, without any manifestation of discrimination.

The legal basis for the implementation of inclusive education in Ukraine is: the Constitution of Ukraine and the laws of Ukraine "On Preschool Education", "On Education", "On General Secondary Education", "On Rehabilitation of Disabled People in Ukraine", "On Fundamentals of Social Protection of Disabled People in Ukraine", "On the protection of childhood."

Of particular importance is the Law of Ukraine "On Ratification of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities and its Optional Protocol" № 1767-VI, December 16, 2009. In October 2010, the Concept for the Development of Inclusive Education was approved by the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 912. Inclusive education is defined as a comprehensive process of ensuring equal access to quality education for children with special educational needs by organizing their education in secondary schools based on the use of personality-oriented teaching methods, taking into account individual characteristics of educational and cognitive activities of such children. According to this concept, one of the ways to implement it is special training and retraining of specialists to work with children with special educational needs in inclusive education. In 2012, the Order of the Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine № 1/9 (18.05.2012) "On the organization of inclusive education in secondary schools" was issued, and in 2014 the Law of Ukraine "On Amendments to some laws of Ukraine on education concerning the organization of inclusive education".

As for terminology, to date there is no unambiguous interpretation of the concept of inclusion. Rather, we can talk about an inclusive approach, which is that the individual should not adapt to social, economic relations, but on the contrary - society should create conditions to meet the special needs of each individual. At the same time, any feature should not be perceived as something negative, and should not cause branding or marginality of the individual. Regardless of certain features, but rather due to them, everyone is valuable to society and should participate in social activities, should be accepted by society without restrictions, should have all the opportunities for implementation. This will be facilitated by the creation of a system of social ties and the adaptation of the social environment to the characteristics of each individual.

Article 1, paragraph 12 of the Law of Ukraine "On Education" (2017) states "inclusive education is a system of educational services guaranteed by the state, based on the principles of non-discrimination, human diversity, effective involvement and inclusion in the educational process of all its participants".

One of the leading Dutch researchers, K. Reijnders, believes that it is inclusive education that ensures the development of every child's abilities; recognition that normal development is not a generally accepted "norm"; satisfaction of special needs; creation of a support system; functional approach to treatment and training; participation of parents in the treatment and education of their children (Kolupaeva, 2012).

Unfortunately, despite legislative changes in Ukraine, such terms as "abnormal person", "defect", "disabled", "child with disabilities" are widely used. These terms focus on violations, defects, relative anomalies. The concept of "disabled" remains complex and contradictory, which is manifested in the analysis of both international regulations and Ukrainian documents. The international definition of this term was first presented in the UN Declaration on the Rights of Persons with Disabilities in 1975.

It is noted that a disabled person is a person who is unable to provide for all or part of the needs of normal personal and / or social life due to congenital or acquired impairment of physical or mental abilities.

Current international trends suggest that the use of the term "person with a disability" is more appropriate, as the focus is on the "person" rather than the disorder, defect or anomaly.

The term "Children with Special Needs" is widely used in international legal instruments and state social legislation in many countries. This terminological definition implies a shift of emphasis from the shortcomings and violations of children, deviations from the norm to fix their special needs.

In December 2017, the Verkhovna Rada of Ukraine replaced the term "disabled" in the laws with "a person with a disability". But despite the work already done to harmonize terminology and implement inclusive education in Ukraine, there are many issues that need to be clarified. These include job responsibilities, scope of activities, competencies, role in the educational process, and, accordingly, the training of teachers' assistants and children's assistants (social governors).

The study of foreign experience and the study of international and domestic practice of the relevant specialists can help to find answers to the questions.

METHODS OF THE RESEARCH

Theoretical analysis of methodological and pedagogical literature on the issues connected with the inclusive education; comparison and generalization.

RESULTS OF RESEARCH

In the 70s of the twentieth century in the advanced countries of the world there is economic growth and development of democratic relations in society, anti-discrimination sentiments dominate. It means that any sign: national, ethnic, religious, level of psychophysical development, etc. should not give rise to discrimination. Societies are realizing that there is no "normal majority" and "inferior, abnormal minority". There is one community that includes people with certain disabilities. Sometimes the public space and social order are not adapted to such features, so it is necessary to change them so that everyone has the opportunity to fully exercise their rights. The inadmissibility of discrimination and social labeling is enshrined in law in many countries. National anti-discrimination legislation is approved taking into account the main provisions of the UN Declarations. A new cultural and historical norm is being formed – respect for differences between people.

The advanced countries of Western Europe are beginning to restructure special education. There is a number reduction of special schools and an increase in the number of special classes in secondary schools. Pupils with special educational needs begin to study in secondary schools in an inclusive environment. Inclusive education is defined as the main form of education for children with special educational needs.

Italy is one of the first European countries to introduce inclusive education. Italian researcher B. Banatti notes that today in the country in secondary schools more than 90% of children with special needs are educated [8]. The education departments of the provinces have advisory services, which include various specialists, school administrators, employees of education departments, representatives of public organizations, and, if necessary, specialists from health services. Staff of these services organizes inclusive education, diagnosing children and determining their needs, provide counseling and educational assistance to teachers and school administration. Teachers' assistants work in mass municipal institutions (both preschool and school) to provide assistance to pupils with disabilities. The assistant together with the teacher draw up an individual curriculum for each pupil with special needs. This takes into account the educational needs and opportunities for correctional and rehabilitation care, which can be provided both within the school and in medical and social rehabilitation centers (Zaerkova & Tretyak, 2016).

In Belgium, legislation in the field of education provides for some freedom in the organization of educational institutions. There are municipal educational institutions, public educational institutions, private institutions, including religious ones. This is determined by the characteristics of affiliation and funding. However, regardless of the type of educational institution, each of them provides conditions for the education of children with disabilities. The participants of this process conclude agreements and develop individual curricula for each pupil with special educational needs. It describes the characteristics and needs of the child, determines the amount of additional assistance, indicates who should provide it, when and where. Specially created psychological, medical and social centers provide support and special additional services in the context of inclusive education. Such centers can be both school and extracurricular. It depends on the number of pupils with special educational needs in a particular school. Specialists of the center not only provide psychological, pedagogical, medical and social assistance to pupils, but also provide advice to parents and other family members, provide educational and methodological assistance to teachers. Schools with inclusive education also have special teachers who can be both part of the institution and invited under agreements from special schools. In the first stages of training, special educators conduct individual lessons with children with special needs, and then the duties of a special educator include acquainting the teacher with the child's problems, involving him/her in work using certain teaching methods and techniques, providing advice (Zaerkova & Tretyak, 2016).

In Germany there are various options for support within the inclusive education. Depending on the legislation of the Lands, schools may have full-time special teachers, or special pedagogues may co work with the school as assistant teachers as needed. There are pedagogical centers in each region. Forms and types of their work can be different: providing various assistance to pupils with special educational needs, conducting career guidance work, coordinating the activities of various professionals, consulting parents, and teachers and so on. There are also rehabilitation facilities, resource centers, medical and social services that operate outside schools and are funded by local governments. In parallel with inclusive educational institutions in Germany there is a system of special educational institutions, where mostly children with severe disabilities are staying (Sophiy, 2015).

In Poland, Slovakia and the Czech Republic forms of full and partial integration have been introduced. Children can study together or spend 80 percent or even more of their time in special (inclusive) classes. As a rule, most children with special educational needs are in preschool with their peers. With age, the share of integrated students decreases.

In the Czech Republic, Slovakia, and Serbia job descriptions refer to the position of teacher's assistant, but as in Ukraine, the functions of teacher's assistant and child's assistant are not separated. Thus, in Slovakia, the Czech Republic and Serbia support for children from Roma communities has been organized. Roma assistants or Roma mediators work in primary schools. Their functions are more like those of a child's assistant, but they make it easier for teachers to communicate with Roma children (Sophiy, 2015).

In Ukraine, the position of "teacher's assistant" was included in the State Occupations Classification in 2010 at the initiative of the Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine (Order of Derzhspozhyvstandart № 327 28.07.2010). The main tasks of the teacher's assistant were described in the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine (15.08.2011) № 872 "On approval of the Procedure for the organization of inclusive education in secondary schools". Paragraph 14 of this resolution states: "Personally oriented direction of the educational process provides a teacher's assistant who participates in the development and implementation of curricula, adapts educational materials taking into account the peculiarities of educational and cognitive activities of children with special educational needs".

At about the same time, namely on September 25, 2012, a letter from the Ministry of Education and Science, Youth and Sports № 1 / 9-675 "On the duties of a teacher's assistant" was published. It described the approximate qualifications of a teacher's assistant in an inclusive classroom. The competencies of the teacher's assistant, specified in the letter, can be divided into 3 groups: possession of theoretical knowledge and legislation, skills and practical habits, personal qualities.

According to the above documents, the main task of the teacher's assistant is to help the teacher in providing a person-centered, individual approach to the educational process, in particular, in creating an individual development program for a child with special educational needs.

However, in practice, the teacher's assistant often becomes the child's assistant and performs functions not inherent in his/her position. Of course, the teacher's assistant is not the main person responsible for organizing the educational space in the pupils' environment, but he/she should be actively involved in it, carrying out joint teaching. This problem can be solved either by introducing the position of the child's assistant (social governor, who would accompany the child if necessary), or by clarifying the content of assistance in each case in accordance with the requests of the educational institution. Serbia and Slovakia have such experience, where the position of a teacher's assistant has been introduced at the legislative level, but the content of the assistance is specified in the job descriptions at the place of employment.

CONCLUSIONS AND PERSPECTIVES FOR A FURTHER RESEARCH

Successful implementation of an individual program for the development of a child with special educational needs requires constant communication between the teacher and the teacher's assistant. Effective relations between the teacher and his/her assistant are formed on the basis of joint responsibility and depend on the level of understanding and trust between them. The system of assistance within the inclusive education should be flexible and dynamic and adapt to the real needs of the pupil and the requests of the teacher. The use of foreign experience in defining the job responsibilities of a teacher's assistant in every certain case, the distribution of roles will help increase the effectiveness of the process of inclusive education of children with special educational needs. A promising area of research is to identify ways to develop the domestic system of training specialists to work with children with special educational needs within an inclusive education.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Zakon Ukrainy «Pro osvitu» [Law of Ukraine "On Education"] # 38-39 (2017). <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>. (in Ukrainian).
2. Zaerkova, N., Tretyak, A. (Eds.). (2016). *Inklyuzivna osvita vid A do Ya : poradyk dlia pedahohiv i batkiv*. [Inclusive education from A to Z: a guide for teachers and parents]. Kyiv Borys Hrinchenko University. (in Ukrainian).
3. Kolupaeva, A. (Ed.). (2012). *Osnovy inklyuzivnoi osvity. Navchalno-metodychnyi posibnyk* [Fundamentals of inclusive education. Educational and methodical manual]. Kyiv: "A. S. K.". (in Ukrainian).
4. Konventsia OON pro prava dytyny. [UN Convention on the Rights of the Child]. (1989). http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_021. (in Ukrainian).
5. Sophiy, N. (Ed.). (2015). *Spilne vykladannya v inklyuzivnomu klasi: metod. materialy*. [Co-teaching in an inclusive classroom: method. materials]. Kyiv, Pleiades Publishing House. (in Ukrainian).
6. Kovalyshyn, V. V., Khlevnoy, O. V., & Kharyshyn, D. V. (2020). Primary school-aged children evacuation from secondary education institutions with inclusive classes. *Sciences of Europe*. Vol 60. 53–56.
7. Kozibroda, L.V., Kruhlyk, O.P., Zhuravlova, L.S., Chupakhina, S.V., & Verzhikovska O.M. (2020). Practice and Innovations of Inclusive Education at School. *International Journal of Higher Education*, 9(7), 176-186. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n7p176>.
8. Kravchenko, M., Kropivnitskaya, M., Kolosovska, I., & Dziana H. (2020). Early intervention service implementation at the level of the united territorial communities in Ukraine. *32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth*, 2801-2806.
9. Raievska, Ya., & Melnyk, L. (2019). Social assistance to the elderly. *EDULEARN 19 Proceedings*. 1423-1428. <https://library.iated.org/view/RAIEVSKA2019SOC>.
10. Sirko, R. I., Bezverkhnia, H. V., Zaverukha, O. Ya., Chupakhina, S. V., & Kyrsta, N. R. (2020). Motivation to Get a Second Higher Education: Psychological and Pedagogical Aspect. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 19(2), 188–202. <https://www.ijlter.org/index.php/ijlter/issue/view/78>.



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 10.31110/2413-1571-2022-033-1-009

UDK 371.315: 377: 378.141

ЗМІНИ В ТЕНДЕНЦІЯХ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ПРОФЕСІЙНОЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

Юрій ТУРАНОВ

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 ipf044@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-1822-8412>

Володимир РАК

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 vir1963@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-3231-2418>

Ірина ЛУЦИК

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 lib30a@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2943-4358>

Юрій ФРАНКО

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 franko@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-1464-1162>

CHANGES IN THE TRENDS IN THE USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TOOLS FOR FUTURE PROFESSIONAL AND TECHNOLOGICAL EDUCATION SPECIALISTS

Yuriy TURANOV

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 ipf044@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-1822-8412>

Volodymyr RAK

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 vir1963@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-3231-2418>

Iryna LUTSYK

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 lib30a@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2943-4358>

Yuriy FRANKO

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 franko@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-1464-1162>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Метою дослідження є обґрунтування її визначення динаміки змін у використанні інформаційно-комунікаційних засобів у процесі підготовки майбутніх фахівців професійної та технологічної освіти.

Матеріали і методи. Для дослідження використовували теоретичний аналіз, опитування (анкетування, бесіда), спостереження, систематизацію й аналіз даних, порівняння й узагальнення.

Результати. Подано аналіз опитування майбутніх фахівців професійної і технологічної освіти, проведених у 2016–2021 рр. у ТНПУ ім. В. Гнатюка. Незважаючи на високий і середній рівні оцінок зі шкільного курсу інформатики, до початку пандемії COVID-19 частина студентів оцінювали власну готовність до використання комп'ютерної техніки як низьку, що пояснювалося прогалинами практичної підготовки, оновлення програмного забезпечення, епізодичним використанням цифрової техніки на уроках. Досліджено локації роботи студентів з комп'ютерною технікою у 2019/2020 н.р. (у домашніх умовах, у кабінетах і лабораторіях, у друзів, за місцем роботи батьків, в Інтернет клубів, за місцем працевлаштування тощо). Пандемія COVID-19 призвела до масового запровадження дистанційного навчання, використання комп'ютерної техніки та програмного забезпечення на всіх заняттях, що сприяло підвищенню інформаційної компетентності учасників освітнього процесу.

Висновки. Аналізуючи дані дослідження можна стверджувати, що Пандемія COVID-19 призвела до стрімкого розвитку ІКТ. Домінуючими засобами забезпечення навчального процесу стали ноутбук (99,2 %) і мобільні засоби (98,4 %). Найбільш вживаним програмним забезпеченням – Microsoft Office, хмарні сервіси Google; онлайн платформами – Zoom, GoogleMeet, цифрові дошки Padlet; соціальні мережі – Viber, Telegram, WhatsApp; системи LMS (GoogleClass, Moodle). Подальшого дослідження потребують питання оптимізації завдань для студентів, дотримання санітарно-гігієнічних норм роботи з інформаційно-комунікаційними засобами.

ABSTRACT

Formulation of the problem. The aim of the study is to substantiate and determine the dynamics of changes in the use of information and communication tools in the process of training future specialists in vocational and technological education.

Materials and methods. The study used theoretical analysis, surveys (questionnaires, interviews), observations, systematization and analysis of data, comparisons and generalizations.

Results. The analysis of a survey of future specialists in vocational and technological education conducted in 2016–2021 at TNPU named V. Hnatiuk is presented. Despite the high and medium level of grades in the school computer science course, before the COVID-19 pandemic, some of the students rated their readiness to use computer technology as low, which was explained by gaps in practical training, software updates, and occasional use of digital technology in the classroom. The locations of students' work with computer equipment in 2019/2020 academic year (at home, in offices and laboratories, with friends, at the place of work of parents, in Internet clubs, at the place of employment, etc.) were studied. The COVID-19 pandemic has led to the prompted introduction of distance learning, the use of computer technology and software in all classes, which has helped to increase the IT skills of participants in the educational process.

Conclusions. Analysing the research data, it can be argued that the COVID-19 Pandemic has led to the rapid development of ICT in education. The dominant means of ensuring the educational process were laptops (99.2%) and mobile devices (98.4%). Most used software - Microsoft Office, Google cloud services; online platforms - Zoom, Google Meet, digital board Padlet; social networks - Viber, Telegram, WhatsApp; LMS systems (Google Class, Moodle). Further research is needed on the optimization of tasks for students, compliance with sanitary and hygienic standards of work with information and communication tools.

Для
цитування:

Turanov Yu., Rak V., Lutsyk I., Franko Yu. Changes in the trends in the use of information and communication tools for future professional and technological education specialists. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33. № 1. С. 52-56. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-009

For
citation:

Turanov, Yu., Rak, V., Lutsyk, I., & Franko, Yu. (2022). Changes in the trends in the use of information and communication tools for future professional and technological education specialists. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 52-56. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-009>

✉ Corresponding author

© Yu. Turanov, V. Rak, I. Lutsyk, Yu. Franko, 2022

КЛЮЧОВІ СЛОВА: професійна і технологічна освіта; цифрові технології; інформаційно-комунікаційні засоби; інформатична компетентність; здобувач вищої освіти.

KEYWORDS: vocational and technological education; digital technologies; information and communication means; information competence; higher education applicant.

INTRODUCTION

Formulation of the problem. The introduction of mixed and distance forms of training for higher education in the context of the COVID-19 pandemic actualizes the need to improve the information competence of all participants in the educational process. The use of modern information and communication technologies (ICT) in the process of training future specialists in vocational and technological education is based on knowledge and understanding of theoretical principles, the formation of the ability to solve problems using digital technology and software. This actualizes the problem of studying the use of information and communication tools in the educational process.

Analysis of current research. In scientific publications, various aspects of the use of ICT in the educational process are disclosed. In particular, models of organizational systems of open education are studied (Bykov, 2009); computer-oriented learning systems are analyzed (Zhaldak, 2010); the experience of organizing online learning in the educational institutions of Ukraine (Rudenko et al., 2021) is presented; considered Digital Competence in E-Governance Education (Morze & Makhachashvili, 2020); the advantages and contradictions of the use of ICT in the education system are identified (Foutsitzi & Caridakis, 2019); the effectiveness of ICT teaching students (Fernández-Gutiérrez et al., 2020) was studied.

In the works of scientists, actual aspects of the use of ICT in the process of training future specialists in vocational and technological education are disclosed: organizational and methodological principles in the training of educational engineers (Horbatiuk & Kabak, 2015), the peculiarities of the formation of professional competence of future labor training teachers (Gurzhii et al., 2015), the use of information and communication tools in the formation of professional competencies of future teachers and pedagogical engineers (Turanov & Rak, 2009), the use of computer modeling in the process of training a future technology teacher (Petrytsyn, 2017), the organization of independent educational activities of students of pedagogical specialties (Tsys, 2017), etc.

However, the issue of using modern information and communication hardware and software for the educational process for higher education requires further research.

The purpose of the article – substantiation and determination of the dynamics of changes in the use of information and communication tools in the process of training future specialists in vocational and technological education.

Objectives of the study: 1. To analyse the level of school computer training of students as a prerequisite for the use of digital technologies in the educational process of higher education. 2. Investigate the dynamics of the use of modern information and communication tools by higher education students.

RESEARCH METHODS

The study used theoretical analysis, surveys (questionnaires, interviews), observations, systematization and analysis of data, comparisons and generalizations.

RESULTS OF THE RESEARCH

The study was based on surveys of future professionals in vocational and technological education, conducted in 2016-2021 at Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.

Data from surveys of students of the Faculty of Engineering and Pedagogy (2019/2020 academic year) indicated that before entering the university, most of them had an average level of readiness to use ICT in the educational process (Fig. 1). In particular, 70.5% rated their own level of knowledge and skills as average, 19.7% - as high, and only a small proportion of respondents - as low. However, the analysis of school grades in the subject "Informatics" (Fig. 2) showed that 78.4% of the respondents had a high level of grades, all the rest (21.6%) - sufficient. This discrepancy between the data on low self-assessment of the level of information competence and high school grades in computer science can be explained by the existing appropriate theoretical training of students but some gaps in the practice of solving cognitive problems by digital technology. After all, the formation of skills in the use of ICT tools should take into account the constant improvement and updating of hardware and software.

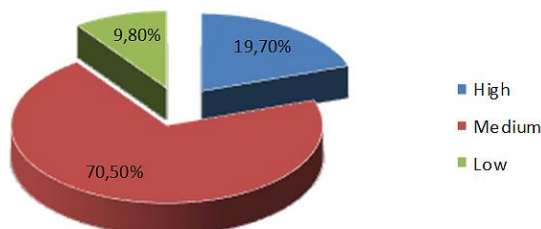


Fig. 1. Level of knowledge and skills of students in the use of ICT (before entering the university)

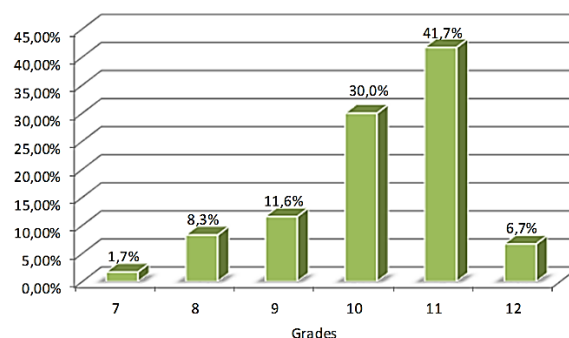


Fig. 2. School grades in computer science for higher education applicants

This statement is partly consistent with students' answers to questions about the use of computer technology by subject teachers (Fig. 3). It is clear that all computer science teachers used ICT in their lessons. In other subjects, the use of such technologies was sporadic and was explained by the inadequate provision of classrooms with modern technology and, in part,

the unwillingness of teachers to organize education based on digital technologies. A slightly higher percentage of lessons using ICT was observed in the process of studying physics (13%) and a foreign language (10%).

The COVID-19 pandemic led to the mass introduction in 2020 of distance and blended learning, based on the organization of the learning process using digital technologies, including online learning platforms (Zoom, GoogleMeet, BigBlueButton, digital board Padlet, etc.), social networks (Viber, Telegram, WhatsApp), LMS systems (GoogleClass, Moodle). Accordingly, the use of computer technology in the process of organizing and conducting classes has rapidly increased (in conditions of distance learning, up to 100%). This actualized the formation of the information culture of the participants in the educational process, however, it also led to the emergence of a number of problems that indicated the need for:

- updating the logistics and software of educational institutions;
- providing students with their own modern computer equipment and gadgets;
- use of modern mobile devices and related software applications;
- modernization of computer networks and Internet coverage;
- increasing the level of digital training of teachers;
- development of a methodology for using platforms, software and digital technology;
- reduction of digital overload of participants of educational process;
- ensuring the proper quality of education.

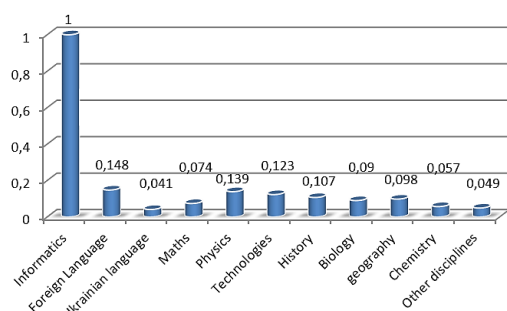


Fig. 3. Use of digital technology in school lessons

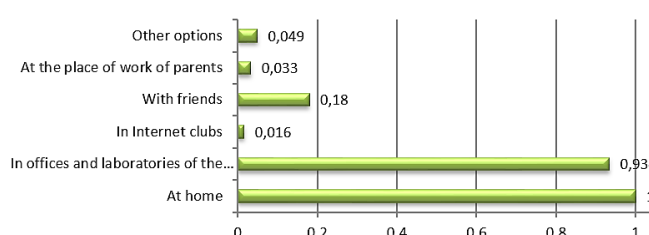


Fig. 4. Locations of students' work with computer equipment

During 2020–2021 these problematic aspects have been largely solved thanks to separate state programs and grants aimed at modernizing logistics, conducting seminars and webinars, workshops and master classes, trainings, refresher courses for teachers focused on improving information and methodological competence of specialists in the education.

Taking this into account, in the process of interviewing students, the location of work with computer equipment was considered important. Thus, at the beginning of 2019/2020 academic year, all respondents performed tasks using computers at home, in addition, 93.4% of respondents performed tasks in offices and laboratories of the university, 18% - worked with friends, 3.3% - at the place of work of parents, 1.6% - in Internet clubs (Fig. 4). Some research data on this issue for the previous 2008–2014 are given in the paper (Morze & Makhachashvili, 2020).

The situation has changed significantly since 2020. In fact, all students organize the educational process at home or, if the epidemiological situation allows, within the educational institution. In addition, the share of students (87.5%) who study remotely and communicate with teachers on the Internet, while in public places or at the place of employment, has significantly increased.

The development of ICT has also led to an increase in the number of modern technical means owned by higher education applicants and teachers. Comparative data for the study period are presented in Table 1 and the diagram in Fig. 5.

Types of information and communication tools available to higher education applicants

Table 1

№ n/n	Type of tool	Survey data					
		2016/2017		2019/2020		2020/2021	
		quantity	%	quantity	%	quantity	%
1	Computer	108	81,8	76	62,3	72	58,1
2	Laptop	104	78,8	120	98,4	123	99,2
3	Tablet	20	15,2	24	19,7	15	12,1
4	Mobile device	100	75,8	106	86,9	122	98,4
5	Modern TV	0	0,0	18	14,8	24	19,4

Until recently, the main information and communication tool used by students to complete educational tasks was a personal computer, according to surveys, there was a gradual decrease in their number (from 81.8% in 2017 to 58.1% in 2021). After a short-lived increase in the popularity of their personal tablet and, accordingly, an increase in the percentage of their use (from 15.2% in 2017 to 19.7% in 2020), the 2021 survey indicated a further refusal of students to use such a tool. Only 12.1% of higher education applicants today own a tablet.

The 2016–2021 studies showed a growing interest in laptops, mobile devices and TVs with smart features, due to their mobility and high technical characteristics, ergonomic interface. Despite the fact that a significant proportion of students have several means of communication at the same time, today laptops (99.2%) and mobile devices (98.4%) are dominant.

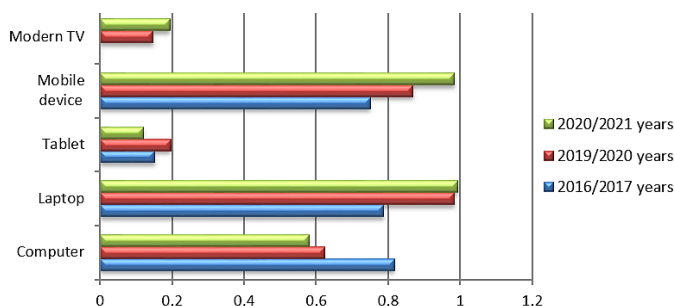


Fig. 5. Use of own information and communication means by higher education applicants

The presence of several means of communication also led to an increase in the number of software tools that students used in the educational process and in everyday life in general. Table 2 summarizes the data of surveys of higher education students on the use of certain software tools conducted in different years.

Table 2

		Software tools most often used by students					
№ п/п	Software tools	Survey data					
		2007/2008		2011/2012		2019/2020	
		quantity	%	quantity	%	quantity	%
1.	Microsoft Word	65	89,1	144	100,0	122	100,0
2.	Publisher	2	2,7	9	6,3	8	6,6
3.	Adobe Photoshop	3	4,1	66	45,8	81	66,4
4.	Microsoft Excel	20	27,4	33	22,9	52	42,6
5.	Solid Works	1	1,4	54	37,5	12	9,8
6.	CorelDraw	3	4,1	15	10,4	8	6,6
7.	Power Point	6	8,2	84	58,3	86	70,5
8.	AutoCAD	1	1,4	45	31,3	12	9,8
9.	Kompas-3D	5	6,9	15	10,4	32	26,2
10.	MatLab	0	0,0	0	0,0	4	3,3

Figure 6 visualizes the results of these surveys. During 2007–2020, there was a positive trend in the use of this software. In particular, the use of the Microsoft Word tool for performing and describing tasks reached 100% level even before 2011-2012.

By 2020, the use of PowerPoint software has increased to 70.5%, Adobe Photoshop - to 66.4%, Kompas 3D - to 26.2%. In our opinion, a relatively small percentage of students who used Compass 3D had an explanation. The Kompas 3D program was used by all students during the study courses (Drawing Geometry, Drawings and Computer Graphics, Computer Graphics and Multimedia, Engineering Graphics), but in the following years the need for this software significantly decreased due to the change in the nature of cognitive tasks. In addition, students also used other graphic editors (Adobe Photoshop, 3dMax, CorelDraw, etc.) to make drawings, models and images. A significant decrease in the popularity of Solid Works and AutoCAD software among students is explained in a similar way.

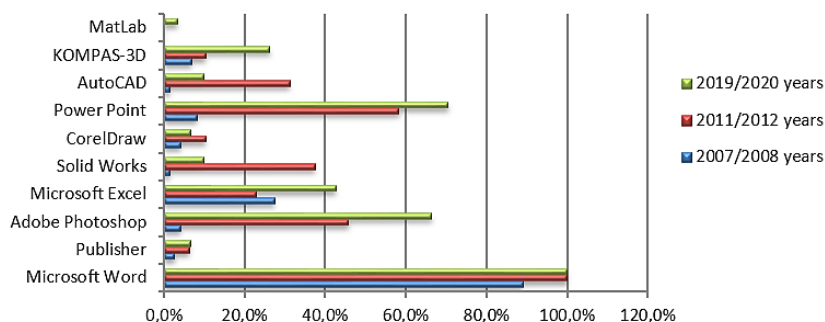


Fig. 6. Use of software by higher education applicants

The conducted surveys also indicated the use by students, at least to a small extent, of such programs as Visual Studio (software development), ArhiCAD (graphic constructions) and others. In recent years, especially in 2021, cloud services have been actively used in the educational process for processing audio and video materials, preparing multimedia presentations and interactive tasks.

CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

Despite the high and medium level of grades in the school computer science course, some students rated their readiness to use computer technology as low. This was primarily due to the gaps in practical preparation for solving cognitive problems by means of digital technologies, constant improvement and updating of software, the occasional use of digital technology in school lessons (computer science - 100%, other subjects - 4.1-14.8%).

The COVID-19 pandemic has led to the mass introduction of distance and blended learning in educational institutions from 2020 and, accordingly, to the use of computer technology and the necessary software in all subjects. This contributed to the rapid solution of the problem of improving the information competence of teachers and students, providing them with means of communication. By 2021, laptop (99.2%) and mobile (98.4%) have become dominant tools; the most used software - Microsoft Office, Google cloud services; online platforms - Zoom, GoogleMeet, BigBlueButton, digital board Padlet; social networks - Viber, Telegram, WhatsApp; LMS systems (GoogleClass, Moodle).

To date, the issues of compliance with sanitary and hygienic standards for working with information and communication means and optimization of tasks have become relevant, the solution of which requires participants in the educational process to use digital technologies.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Fernández-Gutiérrez, M., Gimenez, G., & Calero, J. (2020). Is the use of ICT in education leading to higher student outcomes? Analysis from the Spanish Autonomous Communities. *Computers & Education*, 157, 103969. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103969>
2. Foutsitzi, S., & Caridakis, G. (2019). ICT in education: Benefits, Challenges and New directions. *У 2019 10th international conference on information, intelligence, systems and applications (IISA)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/iisa.2019.8900666>
3. Morze, N., & Makhachashvili, R. (2020). Digital Competence in E-Governance Education: A Survey Study. *CEUR Workshop Proceedings of Information Technology and Interactions conference (IT&I-2020)*, 7, 264-266.
4. Rudenko, Y., Naboka, O., Korolova, L., Kozhukhova, K., Kazakevych, O., & Semenikhina, O. (2021). Online learning with the eyes of teachers and students in educational institutions of Ukraine. *TEM Journal*, 922-931. <https://doi.org/10.18421/tem102-55>
5. Bykov, V. Yu. (2009). *Modeli orhanizatsiynykh system vidkrytoi osvity [Models of organizational systems of open education]*. Atika. <https://core.ac.uk/download/pdf/11084479.pdf>. (in Ukrainian).
6. Gurzhii, A. M., Hurevych, R. S., & Konoshevskiy, L. L. (2015). *Formuvannya profesiinoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv trudovoho navchannia zasobamy informatsiino-komunikatsiynykh tekhnolohii [Formation of professional competence of future teachers of labor training by means of information and communication technologies]*. Firma «Planer». (in Ukrainian).
7. Horbatiuk, R. M., & Kabak, V. V. (2015). *Pidhotovka maibutnikh inzheneriv-pedahohiv do profesiinoi diialnosti zasobamy kompiuternykh tekhnolohii [Preparation of future engineers-teachers for professional activity by means of computer technologies]*. VMA «TEREN». <https://lib.Intu.edu.ua/uk/147258369/5329>. (in Ukrainian).
8. Petrytsyn, I. (2017). Zastosuvannya kompiuternoho modeliuvannya u protsesi elektrotekhnichnoi pidhotovky maibutnoho vchytelia tekhnolohii [The use of computer modeling in the process of electrical training of a future technology teacher]. *Molod' i rynok – Youth & market*, (1), 60-64. (in Ukrainian).
9. Tsys, O. O. (2017). *Orhanizatsiia samostiinoi navchalnoi diialnosti studentiv tekhnoloho-pedahohichnykh spetsialnostei zasobamy informatsiino-komunikatsiynykh tekhnolohii [Organization of independent educational activity of students of technological and pedagogical specialties by means of information and communication technologies]*. Osadtsa Yu. http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/2508/1/Цись_ЧНД.pdf. (in Ukrainian).
10. Turanov, Yu. O., & Rak, V. I. (2009). Informatsiina skladova u formuvanni profesiynykh kompetentnostei maibutnikh uchyteliv ta inzheneriv-pedahohiv [Information component in the formation of professional competencies of future teachers and pedagogical engineers]. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatyuka – The Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University*, 3, 51-56. <http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/952/1/Turanov.pdf>. (in Ukrainian).
11. Zhaldak, M. I. (2010). Kompiuterno-orientovani systemy navchannia–stanovlennia i rozvytok [Computer-based learning systems – formation and development]. *Naukovyy chasopys Natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni M. P. Dragomanova - Scientific journal of M.P. Dragomanov National Pedagogical University*, 9(16), 3-9. (in Ukrainian).



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

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видается з 2013.



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

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

DOI 10.31110/2413-1571-2022-033-1-010

ФОРМУВАННЯ УМІНЬ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ ЕКОНОМІЧНОГО ЗМІСТУ

Василь ШВЕЦЬ ✉

Національний педагогічний університет
імені М.П. Драгоманова, Київ, Україна
vasylshvets@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-2084-1336>

Наталія ПЕРШИНА

Національний педагогічний університет
імені М.П. Драгоманова, Київ, Україна
nataly_pershova@ukr.net

FORMATION OF MATHEMATICAL MODELING SKILLS DURING SOLVING APPLIED PROBLEMS OF ECONOMIC CONTENT

Vasyl SHVETS ✉

M.P. Drahomanov National Pedagogical University,
Kyiv, Ukraine
vasylshvets@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-2084-1336>

Natalia PERSHYNA

M.P. Drahomanov National Pedagogical University,
Kyiv, Ukraine
nataly_pershova@ukr.net

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. У статті звертається увага на проблему формування в старшокласників умінь і навичок математичного моделювання під час навчання математики. Під математичним моделюванням розуміється процес створення математичних моделей, їх математичне опрацювання та інтерпретація отриманих результатів (розв'язків). У повному і завершеному обсязі такий процес представлений у статті у вигляді графічної схеми (велике коло), зміст якої був розкритий в публікації В. Блума та Д. Лейса. Однак в такому аспекті його реалізувати під час навчання математики в старшій школі неможливо в силу багатьох причин. Зокрема тому, що старшокласники ще недостатньо підготовлені до цього інтелектуально, та й визначені програмні вимоги середньої освіти цього не передбачають. Мета статті: проілюструвати на конкретному прикладі методику розв'язання прикладних задач економічного змісту, зміст і застосування запропонованих порад, їх особливості.

Матеріали і методи. Використано теоретичні методи наукового пізнання (аналіз, синтез, зіставлення, моделювання) та емпіричні (спостереження).

Результати. У статті пропонується урізана графічна схема (мале коло), автором якої є В. Швець. Згідно з нею процес математичного моделювання пропонується розглядати під час навчання учнів розв'язуванню прикладних задач. Він має включати наступні етапи: математизацію, математичне опрацювання й інтерпретацію отриманих розв'язків на мові тієї галузі знань, на якій була сформульована прикладна задача. До кожного з етапів пропонується методичні рекомендації як допомагати учням застосовувати запропонований метод.

Висновки. Описані етапи і методичні поради ілюструються на прикладі розв'язання прикладних задач економічного змісту. Автори вважають, що економічна грамотність випускників середньої школи має бути високою. Тому разом з формуванням у старшокласників математичних компетентностей (графічної, аналітичної, обчислювальної, дослідницької тощо) мають формуватися і ключові, до яких відноситься і економічна. Тому є потреба в створенні добірки таких задач як для кожної з навчальних тем курсу алгебри і початків аналізу, так і для повторення вивченого на попередніх уроках, підсумкового повторення вивченого матеріалу з математики за курс середньої школи, підсумкової атестації у вигляді ДПА чи ЗНО.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: шкільний курс математики; прикладні задачі економічного змісту; математична модель; метод математичного моделювання; методика розв'язування прикладних задач.

ABSTRACT

Formulation of the problem. In the article we draw attention to the problem of formation of senior school students' skills and abilities of mathematical modelling during studying of mathematics. In the article, mathematical modelling means the process of creating mathematical models, their mathematical processing and interpretation of the results (solutions). In full and complete, this process is presented in the article in the form of a graphic scheme (large circle), the content of which was disclosed in the publications of W. Bloom and D. Lace. However, it is impossible to implement such scheme in the teaching of mathematics in senior school for many reasons. In particular, it is because senior school students are not yet sufficiently prepared for this intellectually, and certain program requirements for secondary education do not provide for this. The purpose of the article: to illustrate on a specific example the method of solving applied problems of economic content, the content and application of the proposed advice, their features.

Materials and methods. Theoretical methods of scientific knowledge (analysis, synthesis, comparison, modeling) and empirical (observation) are used.

Results. In the article we propose a truncated graphic scheme (small circle), the author of which is Vasyl Shvets. According to it, the process of mathematical modelling is proposed to be considered during teaching students to solve applied problems. It should include the following stages: mathematization, mathematical elaboration and interpretation of the obtained solutions in the language of the field of knowledge in which the applied problem was formulated. For each stage, guidelines are offered on how to help students apply the proposed method.

Conclusions. The described stages and methodical advices we illustrated on an example of the decision of applied problems of economic content. The authors believe that the economic literacy of senior school graduates should be high. Therefore, along with the formation of mathematical competencies of senior school students (graphic, analytical, computational, research, etc.) should be formed also other key competences that includes economic competence. Applied problems with economic content should be a good tool for its formation. Therefore, there is a need to create a selection of such tasks for each of the subjects of algebra and the beginnings of analysis, and to repeat what was learned in previous lessons, final repetition of mathematics for senior school, final attestation in the form of SFA or EIA.

KEYWORDS: school course of mathematics; applied problems of economic content; mathematical model; method of mathematical modelling; methods of solving applied problems.

ВСТУП

Постановка проблеми. Математичною моделлю називають ідеальний об'єкт А, що замінює реальний об'єкт В, в якому відношення між реальними елементами (тими, які цікавлять дослідника) замінені на математичні поняття та відношення між ними. Такі моделі можуть бути у вигляді рівнянь, нерівностей, функцій тощо.

Для цитування:

Швець В., Першина Н. Формування умінь математичного моделювання під час розв'язування прикладних задач економічного змісту. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33. № 1. С. 57-62. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-010
Швець, В., & Першина, Н. (2022). Формування умінь математичного моделювання під час розв'язування прикладних задач економічного змісту. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 57-62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-010>

For citation:

Shvets, V., & Pershyna, N. (2022). Formation of mathematical modeling skills during solving applied problems of economic content. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 57-62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-010>
Shvets, V., & Pershyna, N. (2022). Formuvannya umin matematychnoho modelyuvannya pid chas rozv'язuvannya prykladnykh zadach ekonomichnoho zmistu [Formation of mathematical modeling skills during solving applied problems of economic content]. *Fiziko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 33(1), 57-62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-010>

✉ Corresponding author

© V. Shvets, N. Pershyna, 2022

Математичні моделі використовують у багатьох галузях природничих та суспільних наук. Їх поділяють на: аналітичні, графічні, імітаційні, віртуальні, системні та інші. В багатьох аналітичних моделях використовують математичні методи, зокрема апарат математичного аналізу та інших розділів математики, а в імітаційних – засоби інформатики. Про це, зокрема, зазначається у роботі (Drushlyak, et al., 2020), де автори акцентують увагу на конструктивному підході до навчання моделювати цікаві криві, а також у роботі (Ковальчук, 2019), де автори виділяють основні типи інформації та програмних процедур побудови математичної моделі через застосування СКМ Maple. Математичне моделювання розглядають також науковці, R. Asemprara і T. Love (2021), F. Hou (2018), H. Jung і M. Magiera (2021), H. Li (2017) та інші.

Математичне моделювання під час розв'язання прикладних задач – метод дослідження різних реальних процесів і явищ шляхом створення їх математичних моделей та аналізом і дослідженням цих моделей. За допомогою математичного моделювання, можна замінити досліджуваний об'єкт на його «образ» – математичну модель – і, завдяки цьому, досліджувати та аналізувати створену математичну модель на підставі аналітичних методів та обчислювальних алгоритмів.

Використання математичного моделювання в процесі розв'язування прикладних задач є важливим компонентом реалізації прикладної спрямованості шкільного курсу математики, оскільки такий метод гарно мотивує учнів на уроках до вивчення математики, сприяє розвитку їх логічного та аналітичного мислення, знаходженню алгоритмів розв'язування, кращому запам'ятовуванню отриманих знань, ілюструє практичне застосування математичних знань у побуті, у вивченні суміжних дисциплін та у майбутній професійній діяльності.

Проведений нами аналіз сучасних альтернативних шкільних підручників з алгебри та початків аналізу для 10 і 11 класів (Бевз & Бевз, 2018; Бевз & Бевз, 2019; Мерзляк та ін., 2018; Мерзляк та ін., 2019; Нелін, 2010; Нелін, 2011; Радіонова & Радченко, 2010) показав, що застосуванню методу математичного моделювання під час вивчення математики в старшій школі приділяється недостатньо уваги. Так, наприклад, було знайдено лише згадку про математичне моделювання в підручнику (Бевз & Бевз, 2018), параграф «Похідна та її застосування», розділ «Похідна як швидкість». Там показано, на прикладах фізичних задач, як можна за допомогою математичних знань знайти потрібну невідому величину, проте пояснень щодо означення математичної моделі та правил, як слід вибудовувати математичну модель до задач такого типу, немає. Тож, можна зробити висновок, що учні старшої школи мало обізнані з розв'язанням прикладних задач за допомогою математичного моделювання. Той же аналіз, підручників для старшої школи (Бевз & Бевз, 2018; Бевз & Бевз, 2019; Мерзляк та ін., 2018; Мерзляк та ін., 2019; Нелін, 2010; Нелін, 2011; Радіонова & Радченко, 2010), показав, що в курсі алгебри і початків аналізу надто мало задач економічного змісту, які на сьогодні є актуальними. Саме тому, ми й пропонуємо приділити більше уваги як методиці розв'язання прикладних задач економічного змісту так і створенню добірки таких задач для вивчення алгебри і початків аналізу в старшій профільній школі.

Аналіз актуальних досліджень. Основним методом реалізації прикладної спрямованості шкільного курсу алгебри і початків аналізу вважається метод математичного моделювання. Найбільш ефективним чином його можна ввести використовуючи не тільки знання з математики, а ще й застосовувати факти з інших дисциплін, які допоможуть у розв'язанні поставленої прикладної задачі.

Для того, щоб успішно розв'язати прикладну задачу, потрібно чітко знати сам процес математичного моделювання, його етапи. Розглянемо схематично цей процес і його етапи, як пропонують В. Блум та Д. Лейс (Schmelzer & Kleine, 2020).

1. Уважно вивчаємо та аналізуємо **реальну ситуацію**, яку запропоновано (яка виникла, яка потребує дослідження).
2. Осмислюємо та представляємо наведені дані у **ситуативну модель**, тобто створюємо в уяві ситуацію, за якої можливе, за наявності вказаних умов, виконання всіх зазначених вимог.
3. Виділяємо найголовніше з уявленої ситуації і таким чином вибудовуємо можливу **реальну модель** задачі.
4. Перекладаємо задачу з реальної (природної) мови галузі, де вона виникла, на мову математики, тобто створюємо можливу **математичну модель** задачі.
5. Досліджуємо дану математичну модель, використовуючи відомі знання з математики, отримуємо **(розв'язок) результати**.
6. Перекладаємо розв'язок математичної задачі з мови математики на мову галузі, де вона виникла, тобто **інтерпретуємо отримані результати в реальну модель задачі**, та перевіряємо чи всі вони задовольняють її.
7. Аналізуємо та співставляємо отримані результати з уявною ситуацією, тобто **перевіряємо результати на реальність існування**.
8. Пояснюємо та робимо **висновки щодо можливості існування** знайдених розв'язків у реальній ситуації. Ці етапи представлено нами у вигляді графічної схеми (див. рис. 1).

Запропонована графічна схема (рис. 1) притаманна процесу математичного моделювання в його повному і завершеному обсязі. (Ми називаємо її великим колом). Очевидно, що в такому вигляді її реалізувати під час навчання учнів математики неможливо в силу різних причин. Тому вважаємо, що у шкільному курсі алгебри і початків аналізу, з учнями слід використовувати спрощену модель, в якій представлені лише пункти 3-6 (див. рис. 2). Згідно цієї, урізаної схеми, готову реальну модель потрібно «перекласти» на математичну мову, після чого розв'язати отриману математичну задачу та перевірити на правильність та існування знайдені розв'язки, оскільки отримані розв'язки можуть бути і сторонніми. Інтерпретувати розв'язки математичної задачі як розв'язки прикладної. Наприклад, у задачах, де потрібно знайти кількість років, відповідь не може бути від'ємним числом.

Повну схему (велике коло) математичного моделювання, на наш погляд, корисно розглядати з учнями або на факультативних заняттях або під час виконання навчальних проєктів.

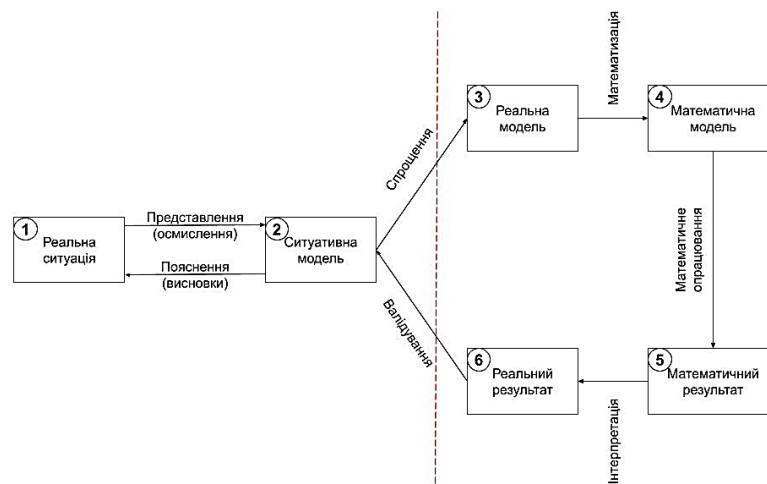


Рис. 1. Графічна схема процесу математичного моделювання (велике коло)
(за В. Блумом і Д. Лейсом (Schmelzer & Kleine, 2020)).

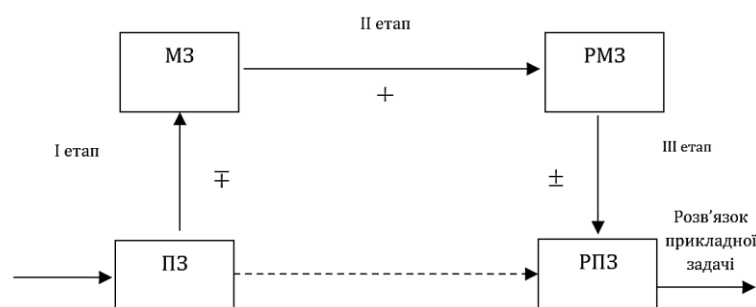


Рис. 2. Урізана графічна схема процесу математичного моделювання (мале коло)
(запропонована В. О. Швецем) (Швець, 2008).

Пояснення позначок на схемі: ПЗ – прикладна задача; МЗ – математична задача; РМЗ – розв'язки математичної задачі; РПЗ – розв'язки прикладної задачі; $\mp$ – дуже слабо володіють навичками; $+$ – добре володіють навичками; $\pm$ – навички сформовано недостатньо.

Спеціальні дослідження, які проводив В. Швець в 2009-2010 роках, показали, що з понад 1600 випускників середньої школи, які вступали на навчання до НПУ імені М. П. Драгоманова (фізико-математичний факультет, початкової освіти, факультет педагогічно-інженерний) найбільші труднощі в учнів виникали саме на етапі перетворення прикладної задачі з природної мови на мову математики, тобто створення винахідної математичної моделі (на схемах цей етап називається математизацією). Не справилися з таким завданням майже 70 % респондентів. Якщо ж учням запропонувати готову математичну модель (рівняння, систему рівнянь тощо) то з її розв'язанням більшість справляється на належному рівні. Таке завдання виконали правильно 75 % вступників. Подальші труднощі виникали на етапі інтерпретації розв'язку математичної задачі до розв'язку прикладної. Не справились з таким завданням майже половина респондентів. Отже, на цьому етапі важливо також вчити учнів відшукувати правильні розв'язки та вміти пояснювати, чому в деяких випадках розв'язки математичної моделі будуть відрізнятися від розв'язку прикладної.

Розв'язання прикладних задач на уроках математики потребує від вчителя особливої уваги та концентрації. Для організації ефективної роботи по формуванню в учнів вмінь і навичок математичного моделювання доцільно виокремити такі етапи, до кожного з яких варто використовувати наступні прийоми:

I етап – Створення математичної моделі (математизація):

- використовувати евристичні, навідні, орієнтовані на правильну відповідь, питання;
- відділити властивості об'єкта прикладної задачі, які є неістотними для побудови математичної моделі і зосередитися на істотних;
- допомогти учням виділити та вказати відмінності між об'єктом та його моделлю;
- сформулювати умову задачі на математичній мові.

II етап – Дослідження математичної моделі (математичне опрацювання):

- використати (за необхідності) додаткові теоретичні відомості та наукові джерела;
- зробити ілюстративні графіки чи ескізи, які можуть допомогти у пошуку розв'язку (за необхідності);
- якщо потрібно, то навести учням приклади схожих ситуацій;
- довести знайдений розв'язок до числового значення або розрахункової формули.

III етап – Відбір розв'язків прикладної задачі (інтерпретація):

- враховуючи область можливих значень для даних задачі, здійснити перевірку та відібрати правильні розв'язки;
- за необхідності, оцінити ступінь точності розв'язку.

Для розв'язання прикладних задач економічного змісту, також можуть знадобитися додаткові матеріали та знання. В такому разі доцільно буде не повідомити учням необхідний додатковий матеріал (формули, визначення тощо),

а надати можливість самим проаналізувати та знайти потрібний матеріал в довідниках і застосувати отримані відомості. В цьому можуть допомогти спеціально підготовлені запитання або ж приклади схожих ситуацій. На таких уроках учні будуть зацікавлені роботою та пошуком розв'язання, їх активність та розуміння пройденого матеріалу, за допомогою закріплення його практичним використанням, буде зростати.

Мета статті. Проілюструвати на конкретному прикладі методику розв'язання прикладних задач економічного змісту, зміст і застосування запропонованих порад, їх особливість.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використано теоретичні методи наукового пізнання (аналіз, синтез, зіставлення, моделювання) та емпіричні (спостереження).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проілюструємо вище сказане на прикладі розв'язання конкретної прикладної задачі:

Задача. Компанії «Омега» і «Тета» пропонують на біржі однакові партії однотипних автомобілів за різними цінами. Якщо компанія «Омега» продасть на 2, а компанія «Тета» – на 3 автомобілі менше пропонованої кількості, то перша заробить 112 тис.г.од., а друга – 135 тис.г.од. Якщо ж, навпаки, компанія «Омега» продасть на 3 автомобілі, а компанія «Тета» – на 2 автомобілі менше пропонованої кількості, то компанія «Омега» заробить на 32 тис.г.од. менше, ніж компанія «Тета». Який виторг від реалізації компаніями «Тета» і «Омега» усіх автомобілів? Скільки автомобілів збирається реалізувати кожна з компаній? (Нелін, 2010).

Розв'язання:

I етап – Створення математичної моделі (математизація):

З умови задачі можна зробити висновок, що кількість автомобілів, які реалізувала кожна з компаній, однакова, але невідома. Отже, їх можна виразити через змінні: позначимо змінною x кількість реалізованих кожного компанією автомобілів. Тоді змінною y можна позначити ціну одного автомобіля з компанії «Омега», а змінною z – ціну автомобіля компанії «Тета». Оскільки кількість автомобілів та ціна кожної одиниці з них будуть натуральними числами, то робимо висновок, що змінні x , y та z – натуральні числа.

Користуючись залежність між кількістю товару (k), ціною (c) і вартістю (v) (формулою $V = k \cdot c$) будемо математичну модель. Отримуємо систему рівнянь – математичну модель прикладної задачі, вимога якої – знайти розв'язки системи.

$$\begin{cases} (x-2)y = 112, \\ (x-3)z = 135, \\ (x-2)z - (x-3)y = 32 \end{cases}$$

II етап – Дослідження математичної моделі (математичне опрацювання):

Розв'язуємо дану систему рівнянь, використовуючи знання з алгебри. Виразивши з першого рівняння $(x-2)$ через y , а з другого рівняння $(x-3)$ через z і підставивши у третє маємо:

$$112 \frac{z}{y} - 135 \frac{y}{z} = 32; \text{ Домножимо обидві сторони рівняння на } \frac{z}{y}.$$

$$\text{Отримуємо рівняння: } 112 \left(\frac{z}{y}\right)^2 - 32 \frac{z}{y} - 135 = 0;$$

Позначивши $\frac{z}{y}$ через k , і зауважимо, що $k > 0$, отримуємо квадратне рівняння. Розв'яжемо його:

$$112k^2 - 32k - 135 = 0;$$

$$D = 1024 + 60480 = 61504; \sqrt{D} = 248;$$

Коренями рівняння будуть числа:

$$k_1 = \frac{32 + 248}{224} = \frac{280}{224} = \frac{5}{4};$$

$$k_2 = \frac{32 - 248}{224} = -\frac{216}{224} \text{ – оскільки } k_2 \text{ – від'ємне число, то відкидаємо його.}$$

Далі повертаємось до заміни: $k = \frac{z}{y}$. Величина дробу $\frac{z}{y} = \frac{5}{4}$.

Але цю величину (як дріб) можна записати у вигляді $\frac{10}{8}, \frac{15}{12}, \frac{20}{16}, \frac{25}{24} \dots$

Щоб з'ясувати, які значення можуть приймати змінні z і y , перевіримо, які з пар (5; 4), (10; 8), (15; 12), (20; 16)... будуть задовольняти систему рівнянь:

$$\begin{cases} (x-2)y = 112, \\ (x-3)z = 135 \end{cases}$$

З рівняння першого бачимо, що $x > 2$, а з другого, що $x > 3$. Розкладемо числа 112 і 135 на множники.

Число $112 = 4 \cdot 28 = 8 \cdot 14 = 16 \cdot 7$. Звідки слідує висновок, що множник y не більший за 28.

Число $135 = 5 \cdot 27 = 9 \cdot 15 = 27 \cdot 5$. Звідки слідує висновок, що множник z не більший за 27.

Такий аналіз вказує на те, що слід перевірити лише пари: (5; 4); (10; 8); (15; 12); (20; 16); (25; 20).

Отже, перевіряємо:

$$1) \text{ Пара (5; 4): – перше рівняння: } (x-2)y = 112; (x-2) \cdot 4 = 112;$$

$$x-2 = 28; x = 30$$

$$\text{– друге рівняння: } (x-3)z = 135; (x-3) \cdot 5 = 135;$$

$$x-3 = 27; x = 30$$

Значення $z=5$, $y=4$, $x=30$ – натуральні числа, розв'язки системи.

2) Пара (10; 8): – перше рівняння: $(x-2)y = 112$; $(x-2) \cdot 8 = 112$;

$$x-2 = 14; x = 16$$

– друге рівняння: $(x-3)z = 135$; $(x-3) \cdot 10 = 135$;

$$x-3 = 13,5; x = 16,5$$

Змінна x набуває різних значень, що неможливо. Отже, пара (10; 8) не є розв'язком системи.

3) Пара (15; 12): – перше рівняння: $(x-2)y = 112$; $(x-2) \cdot 12 = 112$;

$$x-2 = \frac{112}{12}; x = 11\frac{1}{3}$$

$x = 11\frac{1}{3}$ – не натуральне число. Отже, пара (15; 12) не є розв'язком системи.

4) Пара (20; 16): – перше рівняння: $(x-2)y = 112$; $(x-2) \cdot 16 = 112$;

$$x-2 = 7; x = 9$$

– друге рівняння: $(x-3)z = 135$; $(x-3) \cdot 20 = 135$;

$$x-3 = 6,75; x = 9,75$$

Змінна x набуває різних значень, що неможливо. Отже, пара (10; 8) не є розв'язком системи.

5) Пара (25; 20): – перше рівняння: $(x-2)y = 112$; $(x-2) \cdot 20 = 112$;

$$x-2 = 5,6; x = 7,6$$

$x = 7,6$ – не натуральне число. Отже, пара (25; 20) не є розв'язком системи.

Таким чином, встановлюємо, що розв'язком системи рівнянь будуть числа: $x = 30$, $y = 4$, $z = 5$.

III етап – Відбір розв'язків прикладної задачі (інтерпретація):

Виходячи з умови прикладної задачі маємо, що вартість одного автомобіля компанії «Тета» становить 5 тис.г.од., а одного автомобіля компанії «Омега» – 4 тис.г.од.

Кількість автомобілів, які збирається реалізувати кожна з компаній $x = 30$.

Отже, компанії збираються продати по 30 автомобілів кожна.

Знаходимо можливий вибір кожної з компаній:

$$5 \cdot 30 = 150 (\text{тис. г. од.}) - \text{вибір компанії "Тета"};$$

$$4 \cdot 30 = 120 (\text{тис. г. од.}) - \text{вибір компанії "Омега"}$$

Формуємо відповідь до прикладної задачі.

Відповідь: компанії збираються реалізувати по 30 автомобілів кожна; можливий вибір компанії «Тета» становитиме 150 тис.г.од., а компанії «Омега» – 120 тис.г.од.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Підсумовуючи зміст статті, можна стверджувати, що використання прикладних задач з економічним змістом на уроках алгебри та початків аналізу в старшій школі є необхідним, можливим, і доцільним з багатьох причин. На прикладах розв'язання таких задач, які несимуть ймовірний реальний зміст, учням буде цікаво, і більш вмотивовано вивчати математику. Таких задач має бути достатня кількість в шкільних підручниках, дидактичних посібниках. Вони будуть корисними для всіх учнів, і, зокрема, для тих, які планують вступати на економічні факультети. Тож є потреба в створенні добірки таких задач, їх апробації і впровадження в процес навчання математики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>.
- Asempapa, R.S., & Love, T.S. (2021). Teaching math modeling through 3D-printing: Examining the influence of an integrative professional development. *School science and mathematics*, 121(2), 85-95. <https://doi.org/10.1111/ssm.12448>.
- Drushlyak, M. G., Semenikhina, O. V., Proshkin, V. V., Kharchenko, S. Y., & Lukashova, T. D. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of geogebra). Paper presented at the *CEUR Workshop Proceedings*, 2879, 458-472.
- Hou, F.B. (2018). Research and Application of Mathematical Modeling in the Cultivation of College Students' Mathematical Core Literacy. *4th International Conference on Education Management and Information Technology (ICEMIT)*, (pp. 906-909), Changchun, Peoples R China.
- Jung, H., & Magiera, M.T. (2021). Connecting mathematical modeling and social justice through problem posing. *Mathematical thinking and learning*, <https://doi.org/10.1080/10986065.2021.1966713>.
- Li, H.Y. Exploration on Teaching Reform of a Mathematical Modeling Course. *Agro food industry hi-tech*, 28(1), 479-483.
- Schmelzer, N., & Kleine, M. (2020). Basic education and fundamental ideas – clear combination of mathematical structures. *Фізико-математична освіта*, 1 (23), 177-175. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-029>.
- Бевз, Г. П., & Бевз, В. Г. (2018). *Математика : Алгебра і початки аналізу та геометрія*. Рівень стандарту : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти. К. : Видавничий дім «Освіта».
- Бевз, Г. П., & Бевз, В. Г. (2019). *Математика : Алгебра і початки аналізу та геометрія*. Рівень стандарту : підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти. К. : Видавничий дім «Освіта».
- Ковальчук, М.Б. (2019). Моделювання задач математичної фізики в системі комп'ютерної математики Maple. *Фізико-математична освіта*, 2(20), 40-47. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-020-2-007>.
- Лях, С. (2007). *Економіка в задачах з математики*. Київ: Шк. світ.
- Мерзляк, А. Г., Номіровський, Д. А., Полонський, В. Б., & Якір, М. С. (2018). *Алгебра і початки аналізу* : проф. рівень : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти. Х. : Гімназія.
- Мерзляк, А. Г., Номіровський, Д. А., Полонський, В. Б., & Якір, М. С. (2019). *Алгебра і початки аналізу* : проф. рівень : підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти. Х. : Гімназія.
- Нелін, Є. П. (2010). *Алгебра і початки аналізу*: підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навчальн. закладів: академ. рівень. Х.: Гімназія.
- Нелін, Є. П., & Долгова, О.Є. (2011). *Алгебра*. 11 клас: підруч. для загальноосвіт. навчальн. закладів: академ. рівень, проф. рівень. Х.: Гімназія.
- Радіонова, І. Ф., & Радченко, В. В. (2010). *Економіка* (профільний рівень) 10 клас. Кам'янець-Подільський: Аксіома.

17. Соколенко, Л.О., Філон, Л.Г., & Швець, В.О. (2010). *Прикладні задачі природничого характеру в курсі алгебри і початків аналізу: практикум*. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова.
18. Швець, В. А. (2008). О прикладной направленности школьного курса математики. *Дидактика математики: проблемы и исследования*, 30, 135-142.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>.
2. Asempapa, R.S., & Love, T.S. (2021). Teaching math modeling through 3D-printing: Examining the influence of an integrative professional development. *School science and mathematics*, 121(2), 85-95. <https://doi.org/10.1111/ssm.12448>.
3. Drushlyak, M. G., Semenikhina, O. V., Proshkin, V. V., Kharchenko, S. Y., & Lukashova, T. D. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of geogebra). Paper presented at the *CEUR Workshop Proceedings*, 2879, 458-472.
4. Hou, F.B. (2018). Research and Application of Mathematical Modeling in the Cultivation of College Students' Mathematical Core Literacy. *4th International Conference on Education Management and Information Technology (ICEMIT)*, (pp. 906-909), Changchun, Peoples R China.
5. Jung, H., & Magiera, M.T. (2021). Connecting mathematical modeling and social justice through problem posing. *Mathematical thinking and learning*, <https://doi.org/10.1080/10986065.2021.1966713>.
6. Li, H.Y. Exploration on Teaching Reform of a Mathematical Modeling Course. *Agro food industry hi-tech*, 28(1), 479-483.
7. Schmelzer, N., & Kleine, M. (2020). Basic education and fundamental ideas – clear combination of mathematical structures. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1 (23), 177-175. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-029>.
8. Bevz, G. P., & Bevz, V. G. (2018). *Matematyka : Alhebra i pochatky analizu ta heometriia [Mathematics: Algebra and the beginnings of analysis and geometry]*. Riven standartu : pidruch. dlia 10 kl. zakladiv zahalnoi serednoi osvity. K. : Vydavnychiy dim «Osvita. (in Ukrainian).
9. Bevz, G. P., & Bevz, V. G. (2019). *Matematyka : Alhebra i pochatky analizu ta heometriia [Mathematics: Algebra and the beginnings of analysis and geometry]*. Riven standartu : pidruch. dlia 11 kl. zakladiv zahalnoi serednoi osvity. K. : Vydavnychiy dim «Osvita. (in Ukrainian).
10. Kovalchuk, M.B. (2019). Modeliuvannia zadach matematychnoi fizyky v systemi kompiuternoi matematyky Maple [Modeling the mathematical physics problem in the computer mathematics system Maple]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 2 (20), 40-47. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-020-2-007>. (in Ukrainian).
11. Lyakh, S. (2007). *Ekonomika v zadachakh z matematyky [Economics in problems in mathematics]*. Kyiv: Shk. svit. (in Ukrainian).
12. Merzlyak, A.G., Nomirovsky, D.A., Polonsky, V.B., & Yakir, M.S. (2018). *Alhebra i pochatky analizu : prof. riven : pidruch. dlia 10 kl. zakladiv zahalnoi serednoi osvity [Algebra and the beginnings of analysis: prof. level: textbook. for 10 classes. institutions of general secondary education]*. Kh. : Himnaziia. (in Ukrainian).
13. Merzlyak, A.G., Nomirovsky, D.A., Polonsky, V.B., & Yakir, M.S. (2019). *Alhebra i pochatky analizu : prof. riven : pidruch. dlia 11 kl. zakladiv zahalnoi serednoi osvity [Algebra and the beginnings of analysis: prof. level: textbook. for 11 classes. institutions of general secondary education]*. Kh. : Himnaziia. (in Ukrainian).
14. Nelin, E.P. (2010). *Alhebra i pochatky analizu: pidruch. dlia 10 kl. zahalnoosvit. navchaln. zakladiv: akadem. riven [Algebra and the beginnings of analysis: textbook. for 10 classes. general education. educational institutions: academy. Level]*. Kh.: Himnaziia. (in Ukrainian).
15. Nelin, E.P., & Dolgova, O.E. (2011). *Alhebra. 11 klas: pidruch. dlia zahalnoosvit. navchaln. zakladiv: akadem. riven, prof. riven [Algebra. Grade 11: textbook. for general education. educational institutions: academy. level, prof. Level]*. Kh.: Himnaziia. (in Ukrainian).
16. Radionova, I.F., & Radchenko, V.V. (2010). *Ekonomika (profilnyi riven) 10 klas [Economics (profile level) 10th grade]*. Kamianets-Podilskyi: Aksioma. (in Ukrainian).
17. Sokolenko, L.O., Filon, L.G., & Shvets, V.O. (2010). *Prykladni zadachi pryrodnychoho kharakteru v kursy alheby i pochatky analizu: praktykum [Applied problems of a natural nature in the course of algebra and the beginnings of analysis: a workshop]*. Kyiv: NPU imeni M. P. Dragomanova. (in Ukrainian).
18. Shoemaker, V.A. (2008). О прикладной направленности школ'ного курса математики [About the applied orientation of the school course of mathematics]. *Dydaktyka matematyky: problemy i doslidzhennia – Didactics of Mathematics: Problems and Research*, 30, 135-142. (in Russian).



АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

А	П
Андрієвська В.30	Першина Н. 57
Д	Петрук В. 36
Друшляк М.20	Р
З	Рак В. 52
Здешиц А. 7	С
Здешиц В. 7	Сабадош Ю. 36
І	Савіцька В. 43
Ілліна О.48	Семеніхіна О. 36
К	Ситняківська С. 48
Косовець О.14	Соя О. 14
Кричківська О.43	Т
Крупський Я.14	Туранов Ю. 52
Л	Тютюн Л. 14
Лукашова Т.20	Ф
Луцик І.52	Франко Ю. 52
О	Ч
Обіход Т.26	Черних А. 7
Олефіренко Н.30	Ш
	Швець В. 57

Наукове видання

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА

Науковий журнал

Key title: Fiziko-matematična osvita

Abbreviated key title: Fiz.-mat. osv.

Том 33, № 1

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/>