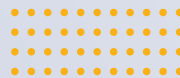


Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка
Katowice Business University
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Національний університет «Запорізька політехніка»
Національний університет «Одеська політехніка»
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку
Криворізький державний педагогічний університет
Українська державна лотна академія
Херсонський державний аграрно-економічний університет
Черкаський державний технологічний університет
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Відокремлений структурний підрозділ закладу вищої освіти
«Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»
Карпатський інститут підприємництва
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж «Альма-матер. Плюс»



ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

*Всеукраїнської науково-практичної
конференції з міжнародною участю,
присвяченій 80-ї річниці від дня народження
Василя Миколайовича Бобочка*

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ МАТЕМАТИКИ, ЕКОНОМІКИ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ



Випуск № 1

Частина 1

м. Кропивницький – 2026

**Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка
Katowice Business University
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Національний університет «Запорізька політехніка»
Національний університет «Одеська політехніка»
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку
Криворізький державний педагогічний університет
Українська державна льотна академія
Херсонський державний аграрно-економічний університет
Черкаський державний технологічний університет
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Відокремлений структурний підрозділ закладу вищої освіти
«Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»
Карпатський інститут підприємництва
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж «Альма-матер. Плюс»**

**Збірник матеріалів
Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю,
присвяченій 80-й річниці від дня народження
Василя Миколайовича Бобочка**

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ МАТЕМАТИКИ, ЕКОНОМІКИ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ

Випуск № 1

Частина 1

Кропивницький – 2026

УДК 51+336+050(081)

Актуальні проблеми математики, економіки та менеджменту: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, присвяченій 80-й річниці від дня народження Василя Миколайовича Бобочка / за заг. ред. О.М. Левченка, Л.І. Яременко. Кропивницький: РВВ ЦДУ ім. В. Винниченка, 2026. Вип.1. Частина 1. 189 с.

Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, присвяченій 80-й річниці від дня народження Василя Миколайовича Бобочка, є результатом наукових пошуків дослідників в процесі аналізу актуальних проблем математики, економіки та менеджменту.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| Левченко Олександр Миколайович | – доктор економічних наук, професор – науковий редактор, |
| Денисенко Микола Павлович | – доктор економічних наук, професор, |
| Плічко Анатолій Миколайович | – доктор фізико-математичних наук, професор, |
| Довгенко Яна Олексіївна | – кандидат економічних наук, доцент, |
| Яременко Людмила Іванівна | – кандидат педагогічних наук, доцент, – відповідальна за випуск |

Друкується згідно рішення вченої ради факультету права, бізнесу та адміністрування Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка (протокол № 8 від 29.04.2026 р.)

Відповідальність за зміст та якість матеріалів несуть автори.

ЗМІСТ

Яременко Людмила. НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИЙ ШЛЯХ БОБОЧКА ВАСИЛЯ МИКОЛАЙОВИЧА	8
Садовий Микола, Трифонова Олена. БОБОЧКО ВАСИЛЬ МИКОЛАЙОВИЧ – ПЕРЕДСТАВНИК МАТЕМАТИЧНОЇ ШКОЛИ ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА	11
Чопей Вікторія. ВНЕСОК В. М. БОБОЧКА У СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК КАРПАТСЬКОГО ІНСТИТУТУ ПІДПРИЄМНИЦТВА (2006-2016 рр.): УПРАВЛІНСЬКИЙ ТА НАУКОВИЙ АСПЕКТИ	14

СЕКЦІЯ 1.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ

Капустян Олексій. АТРАКТОРИ ТА ЇХ СТІЙКІСТЬ ДЛЯ НЕСКІНЧЕННОВИМІРНИХ ІМПУЛЬСНИХ СИСТЕМ	17
Кобеляцький Владислав, Самусенко Петро. АСИМПТОТИЧНЕ ІНТЕГРУВАННЯ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ ДЛЯ СИНГУЛЯРНО ЗБУРЕНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНО-АЛГЕБРАЇЧНИХ СИСТЕМ У КРИТИЧНОМУ ВИПАДКУ	18
Перестюк Юрій, Жук Тетяна. СТІЙКІСТЬ РІВНОМІРНО-ПРИТЯГУЮЧИХ МНОЖИН ІМПУЛЬСНОЇ БАГАТОЗНАЧНОЇ СИСТЕМИ З НЕСКІНЧЕННОЮ КІЛЬКІСТЮ ІМПУЛЬСНИХ КОМПОНЕНТ ФАЗОВОГО ВЕКТОРУ	19
Правдивий Олександр, Станжицький Олександр. АПРОКСИМАЦІЯ СТОХАСТИЧНОГО ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПУ З ЗАПІНЕННЯМ В ГІЛЬБЕРТОВИХ ПРОСТОРАХ СИСТЕМАМИ РІВНЯНЬ БЕЗ ЗАПІЗНЕННЯ	21
Рибачок Анатолій. ПОБУДОВА СТАЦІОНАРНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ЙМОВІРНОСТІ ДЛЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО СТОХАСТИЧНОГО РІВНЯННЯ ДЮФФІНГА ВІДОКРЕМЛЕННЯМ ЗМІННИХ	23
Собчук Валентин, Зеленська Ірина. ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ З ТОЧКАМИ ЗВОРОТУ В ЕРУ МАШИННОГО НАВЧАННЯ: КРИТИЧНИЙ СИНТЕЗ КЛАСИЧНИХ МЕТОДІВ ТА ГІБРИДНИХ ПІДХОДІВ	25
Шовкопляс Тетяна. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ПСЕВДООБЕРНЕНИХ МАТРИЦЬ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ	27
Штефан Дмитро, Станжицький Андрій. ПРО АСИМПТОТИЧНУ ЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ SPDEs ІЗ Q-ВІНЕРІВСЬКИМ ПРОЦЕСОМ	29
Юсипів Тарас, Паньков Андрій, Перестюк Микола. СТІЙКІСТЬ В СЕНСІ АСИМПТОТИЧНОГО ПІДСИЛЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТИПУ PDE-ODE	31

СЕКЦІЯ 2.

АЛГЕБРА, ГЕОМЕТРІЯ ТА ТЕОРІЯ ФУНКЦІЙ

Глущенко Юлія. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ В ЗАДАЧАХ ЕЛЕКТРОПРУЖНОСТІ ДЛЯ НАПІВНЕСКІНЧЕНИХ ПЛАСТИНОК З ОТВОРАМИ ТА ТРЩИНАМИ	35
Макарчук Олег. КРИТЕРІЇ РІВНОСТІ ОДИНИЦІ СУПРЕМУМА МОДУЛЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНОЇ ФУНКЦІЇ ОДНОГО КЛАСУ НЕСКІНЧЕНИХ ЗГОРТОК БЕРНУЛЛІ	36
Працьовитий Микола. МНОЖИНИ НЕПОВНИХ СУМ ЗБІЖНИХ ДОДАТНИХ РЯДІВ І ФРАКТАЛЬНІ МАТЕМАТИЧНІ ОБ'ЄКТИ, З НИМИ ПОВ'ЯЗАНІ	38



Секція 3.

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІТИКА
В МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ**

Kantsedal Heorhii, Kuievda Iuliia, Milyavsky Yuriy. COGNITIVE MODELING OF BIOGAS TECHNOLOGY APPLICATION IN FARMING UNDER CONDITION OF POWER SUPPLY INSTABILITY	43
Авраменко Ольга, Нарадовий Володимир. НЕСТІЙКІСТЬ БЕНДЖАМІНА-ФЕЙЄРА В ДВОШАРОВИХ ГІДРОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМАХ.....	47
Ізюмченко Людмила, Светлова Дарина. МОДЕЛЮВАННЯ В ОБМЕЖЕНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	51
Нестеренко Володимир. ФОРМАЛІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЙ СЕМАНТИЧНОГО ПОШУКУ У ПРОСТОРІ СЛОВЕСНИХ ЕМБЕДІНГІВ.....	54
Савченко Ілля. МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ В ЗАДАЧАХ ПЛАНУВАННЯ МІСЬКОГО РОЗВИТКУ.....	56
Семенко Олена. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ТРИВАЛІСТЮ ІГРОВОЇ АКТИВНОСТІ ТА ПОКАЗНИКАМИ ТРИВОЖНОСТІ ОСОБИСТОСТІ.....	60
Ткачук Андрій. МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ БАГАТОВИМІРНОГО (N=20) ХВИЛЬОВОГО ПРОЦЕСУ В ГІПЕРВИМІРНОМУ (N=100) КВАЗІПРУЖНОМУ АНІЗОТРОПНОМУ ПРОСТОРІ.....	64

СЕКЦІЯ 4.

**ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ШІ В МАТЕМАТИЦІ,
ЕКОНОМІЦІ Й МЕНЕДЖМЕНТІ**

Kovalenko Anatoli. AI OPERATING SYSTEMS BASED ON DECISION THEORY	68
Денисенко Микола, Бердишев Максим. ОСОБЛИВОСТІ ЛОГІСТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В МАРКЕТПЛЕЙСАХ.....	71
Денисенко Микола, Фоменко Юлія. ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ.....	73
Живко Зінаїда, Кухарська Лілія, Остапенко Олександр. РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РЕАЛІЗАЦІЇ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО СТРАТЕГІЧНИХ ЦІЛЕЙ АВІАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ АНТИКРИЗОВОГО УПРАВЛІННЯ	76
Кіяновська Наталія, Ковальчук Тетяна, Зінонос Наталя. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ	80
Компан Сергій. УТОЧНЕННЯ СЕМАНТИКИ ТА УМОВ ЗАВЕРШУВАНOSTІ РЕКУРСИВНИХ ЗАПИТІВ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПІДХОДУ	82
Кононенко Леся. ТРАНСФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	85
Лапасєв Андрій, Платонов Віталій, Платонова Євгенія. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ЕНТРОПІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В AGILE-ПРОЕКТАХ.....	87
Мармалюк Юлія. ЦИФРОВА ГРАМОТНІСТЬ ЯК СКЛАДОВА ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ НОВОГО ТИПУ	88



Мокрушина Оксана. ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У МЕТОДИКУ ВИКЛАДАННЯ ЕКОНОМІКИ.....	90
Платонов Віталій, Платонова Євгенія. АГЕНТНІ ШІ-СИСТЕМИ ТА RAG-АРХІТЕКТУРИ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ: ТРАНСФОРМАЦІЯ РОЛІ МЕНЕДЖЕРА	93
Рубан Дарія, Шовкопляс Тетяна. КРИТИЧНЕ МИСЛЕННЯ В ЕПОХУ ШІ: ВИКЛИКИ ТА ПІДХОДИ	94
Самович Олександра, Яременко Людмила. ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ У ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ.....	97
Ткачевська Анна. ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ УКРАЇНСЬКОГО БІЗНЕСУ ПІД ЧАС ВІЙНИ.....	100
Щоголєва Інна, Кокун Вікторія. ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЧИННИК УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ.	103

Секція 5.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ІННОВАЦІЇ В МАТЕМАТИЦІ, ЕКОНОМІЦІ ТА МЕНЕДЖМЕНТІ

Бобилєв Дмитро. ВІД КЛАСИЧНОГО ДОВЕДЕННЯ ДО МАШИННОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ: МОЖЛИВОСТІ LEAN ДЛЯ СУЧАСНОГО МАТЕМАТИКА	105
Бондар Юлія, Маніта Ангеліна. СТАЛІЙ РОЗВИТОК ТА ESG-МЕНЕДЖМЕНТ У СУЧАСНІЙ ЕКОНОМІЦІ.....	108
Бондар Юлія, Александров Артем. ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ ЯК ДРАЙВЕР ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБУТОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ВИСОКОЇ КОНКУРЕНЦІЇ.....	111
Бурякова Людмила, Ігнатенко Галина, Тішкіна Ірина. KEYТЕРИНГ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ СЕГМЕНТ РЕСТОРАННОГО БІЗНЕСУ ТА ЙОГО РОЛЬ У ПРАКТИКООРІЄНТОВАНОМУ НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ.....	114
Денисенко М.П, Вінніченко Поліна. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ЛІКВІДНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ.....	116
Денисенко Микола, Гавриленко Данило. УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ РОЗВИТКОМ ВИРОБНИЦТВА ЯК ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	118
Денисенко Микола, Мхітарян Анна. ІННОВАЦІЙНІ ІНСТРУМЕНТИ ОПЕРАЦІЙНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В СИСТЕМІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	121
Колісник Руслана, Правіцка Наталія. STEM-ПРОЄКТИ В GEOGEBRA: ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ НА ПРИКЛАДІ АРХІТЕКТУРНИХ ПАМ'ЯТОК РІДНОГО КРАЮ	125
Кухар Роман, Чопей Вікторія. ТЕНДЕНЦІЇ МЕНЕДЖМЕНТУ В СУЧАСНОМУ ІНФОРМАЦІЙНОМУ СУСПІЛЬСТВІ.....	127
Левченко Анна, Заліцаєв Артем. ФОРМУВАННЯ ЛІДЕРСТВА НОВОГО ПОКОЛІННЯ У ПУБЛІЧНІЙ СЛУЖБІ.....	132
Левченко Олександр, Ігнатко Марія. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕНЕДЖМЕНТУ СКЛАДСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА В УМОВАХ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ	135
Левченко Олександр, Криволап Анастасія. УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ КОМЕРЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ДІДЖИТИЛІЗАЦІЇ.....	137



Левченко Олександр, Ланцов Володимир. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ НА ПІДПРИЄМСТВІ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОГО ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	140
Левченко Олександр, Смутко Юлія. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕНЕДЖМЕНТУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	142
Савченко Віра. КОРПОРАТИВНЕ ПІДПРИЄМНИЦТВО: ТРАНСФОРМАЦІЯ УПРАВЛІНСЬКИХ ПАРАДИГМ ТА СТРАТЕГІЧНИЙ ГУМАНІЗМ	144
Халецька Зоя. ПРО ДЕЯКІ ВИКЛИКИ ДО МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ	147
Яременко Людмила, Павленко Владислава. СУЧАСНІ ІНТЕГРАТИВНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ.....	149

Секція 6.

ІСТОРІЯ І МЕТОДИКА НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ, ЕКОНОМІКИ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ

Ізюмченко Людмила. ЗА ЛАШТУНКАМИ УМОВИ: ТЕХНІКА РОЗРОБКИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ЗАДАЧ ІЗ ПЕРЕДБАЧУВАНИМ ФІНАЛОМ	151
Ключник Інна. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ПІДГОТОВЦІ ІТ-ФАХІВЦІВ	156
Маланюк Наталія, Лиходєєва Ганна. ВИЩА МАТЕМАТИКА В УКРАЇНІ ТА ПОЛЬЩІ: СХОЖІСТЬ ТА ВІДМІННОСТІ (НА ПРИКЛАДІ «ІНТЕГРУВАННЯ ФУНКЦІЇ ОДНІЄЇ ЗМІННОЇ»)	157
Міщенко Людмила. ПІДГОТОВКА ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ДО ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ З МАТЕМАТИКИ У ФОРМАТІ НМТ	159
Нічишина Вікторія. МЕТОД ПОКЛАДАННЯ ВІДОМОЇ ВЕЛИЧИНИ ЗА НЕВІДОМУ ЯК НЕСТАНДАРТНИЙ МЕТОД РОЗВ'ЯЗУВАННЯ АЛГЕБРАЇЧНИХ РІВНЯНЬ ВИЩИХ СТЕПЕНІВ	161
Польгун Катерина, Грушевська Мілана. ЗАСТОСУВАННЯ ІКТ ПІД ЧАС РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯНЬ З ПАРАМЕТРОМ	167
Рашевська Наталя. КОМПОНЕНТНА СТРУКТУРА МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН УЧНІВ АКАДЕМІЧНИХ ЛІЦЕЇВ.....	169
Савченко Алла, Галуза Олексій, Ахієзер Олена, Костюк Ольга, Процай Наталія. МЕТОДОЛОГІЯ ІНТЕГРАЦІЇ ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ У ПРОФЕСІЙНУ ПІДГОТОВКУ ЗДОБУВАЧІВ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА».....	172
Цоуфал Володимир. ТЕОРІЯ ІГОР У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ МАТЕМАТИКИ: ВІД СТРАТЕГІЇ ВИГРАШУ ДО ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ	177
Яременко Юрій, Яременко Людмила. АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ У ЗАДАЧАХ НА ПОБУДОВУ	179



ВАСИЛЬ МИКОЛАЙОВИЧ БОБОЧКО

відомий український математик, кандидат фізико-математичних наук,
професор, багаторічний викладач і колишній декан
фізико-математичного факультету
Кіровоградського державного педагогічного університету
імені Володимира Винниченка

Присвячується

80^й

річниці від дня народження

Світла пам'ять

*Його життєвий шлях – це приклад відданості науці, освіті та людям.
Його внесок у розвиток математичної науки та підготовку поколінь
студентів назавжди залишиться в нашій пам'яті.*

НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИЙ ШЛЯХ БОБОЧКА ВАСИЛЯ МИКОЛАЙОВИЧА

Яременко Людмила

к.пед.н., доцент,

доцент кафедри менеджменту та підприємництва

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, llut4enko@gmail.com

Бобочко Василь Миколайович народився 1 квітня 1946 року в селі Горінчево Хустського району Закарпатської області в селянській сім'ї. З 1952 року по 1962 рік навчався в Горінчівській школі, а з 1962 року по 1967 рік – на фізико-математичному факультеті Ужгородського державного університету (спеціальність Математика). Після навчання працював учителем математики та фізики в школах Закарпаття, обіймав посаду директора Блідської восьмирічної школи. В школах проводив індивідуальну роботу з учнями і населенням села щодо залучення їх до навчання, був авторитетом серед вчителів, учнів та їхніх батьків.

У 1972-1975 роках навчався в аспірантурі Ужгородського державного університету за спеціальністю «Диференціальні та інтегральні рівняння». Після її закінчення працював старшим викладачем університету та за сумісництвом вчителем математики в Іршавській середній школі до серпня 1978 року. Василь Миколайович проводив заняття й консультації, постійно працював над підвищенням свого культурного й фахового рівня [Р]. 21 червня 1977 року в Інституті математики УРСР (м. Київ) захистив кандидатську дисертацію та здобув науковий ступінь кандидата фізико-математичних наук.

Із 1978 року професійна діяльність Василя Миколайовича була пов'язана з нашим університетом (на той час Кіровоградським державним педагогічним інститутом імені О.С. Пушкіна), де він працював старшим викладачем, а згодом – завідувачем кафедри математичного аналізу. Викладав математичний аналіз і спецкурси, вів гурток «Асимптотичні розв'язки диференціальних та інтегральних рівнянь», керував виробничою педагогічною практикою, курсовими та дипломними роботами студентів, активно займався науковою й громадською діяльністю.

За час роботи в інституті В.М. Бобочко зарекомендував себе висококваліфікованим фахівцем, авторитетним педагогом і організатором навчального процесу. За його ініціативи при кафедрі були створені навчальні кабінети методики викладання математики та шкільної математики. Під його керівництвом були підготовлені на Республіканський і Всесоюзний конкурси більше десятка студентських робіт, одна з яких на Всесоюзному конкурсі була



відзначена заохочувальною премією. За час роботи в інституті він був заступником декана факультету з суспільно-політичної практики студентів, куратором декількох груп студентів й головою первинної організації товариства «Знання» на фізико-математичному факультеті.

9 серпня 1981 року Бобочку В.М. присвоїли вчене звання доцента кафедри математичного аналізу, яку він знову очолював у 1984-1989 роках.

З 01.01.1992 року у зв'язку з реорганізацією факультетських кафедр Василь Миколайович працював доцентом кафедри математики. Упродовж 1991-1995 років він викладав математичний аналіз студентам спеціальностей «Математика» та «Математика і фізика», вів науковий гурток, а з 1996 року читав курс вищої математики на природничо-географічному факультеті та спецкурси на фізико-математичному факультеті.

Бобочко В.М. активно займався науковою діяльністю: виступав на конференціях, працював у науковому семінарі професора Ю.І. Волкова, досліджував асимптотичні методи розв'язування диференціальних та інтегродиференціальних рівнянь.

Прагнучи завершити докторську дисертацію, у 1997-1999 роках Василь Миколайович працював старшим науковим співробітником кафедри математики та брав участь у міжнародних і всеукраїнських конференціях. У 1998 році представив докторську дисертацію «Асимптотичне інтегрування систем сингулярно збурених диференціальних рівнянь з точками повороту» до захисту в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка. У 1996 році він став лауреатом гранту «Соросівський доцент» Міжнародного фонду «Відродження» за значний внесок у розвиток математичної науки. Нагороджений Почесною Грамотою МОН України.

У 1999 році продовжив педагогічну й наукову діяльність як доцент кафедри математики: викладав математичний аналіз, методику викладання математики, спецкурси, був співавтором навчально-методичних посібників [1; 4] та монографії [6], керував курсовими, дипломними та кандидатськими роботами. Під його керівництвом у 2003 році Болілій Василь Олександрович захистив кандидатську дисертацію. Вражаючий науковий доробок Бобочка В.М. налічує більше ста наукових праць, серед яких, зокрема, вагомі наукові статті [2; 3; 5; 8].

У 2003-2006 роках Василь Миколайович працював на посаді декана фізико-математичного факультету. Це був складний період реформування навчального процесу, впровадження кредитно-модульної системи навчання, студентських хвилювань (через події, пов'язані з Помаранчевою революцією в Україні) та кадрових перестановок у менеджменті університету. У 2004 році В.М. Бобочко став професором кафедри математики, а в серпні 2006 року за власним бажанням переводиться до Карпатського інституту підприємництва на посаду професора кафедри фундаментальних та науково-природничих дисциплін.



Майже за 30 років роботи на фізико-математичному факультеті Василь Миколайович зарекомендував себе як висококваліфікований науковець, досвідчений керівник і талановитий викладач. Він зробив вагомий внесок у розвиток кафедри, математичної науки та підготовку студентів і молодих вчених [7].

5 липня 2025 року на 80-му році життя Василь Миколайович Бобочко відійшов у вічність, залишивши глибокий слід у серцях багатьох викладачів та студентів.

Роки його роботи припали на «золоту добу» розвитку кафедри математики. Разом з ним на кафедрі працювали знані науковці, професіонали своєї справи Олексій Миколайович Вороний, Володимир Олександрович Романов, Геннадій Віталійович Завізіон, Залмен Юхимович Філер, Юрій Іванович Волков та ін. Вони активно обговорювали актуальні проблеми математичної освіти та шляхи вдосконалення викладання математичних дисциплін на засіданнях кафедри, семінарах і конференціях всіх рівнів, ділилися своїм досвідом і науковими доробками з вченими різних країн, проводили цікаві, змістовні й методично виважені заняття, сприяючи розвитку логічного мислення, творчих здібностей та пізнавального інтересу студентів до математики, формуванню майбутнього наукового осередку кафедри. Значну увагу приділяли роботі з обдарованою молоддю: готували школярів до математичних олімпіад різних рівнів, турнірів і конкурсів, а також до участі в науково-дослідницьких конкурсах-захистах МАН України. Їхня діяльність сприяла підвищенню рівня математичної підготовки здобувачів освіти та інтелектуального потенціалу нашої нації. Один за одним всі вони пішли у засвіти, залишивши величезний науково-методичний доробок та світлу пам'ять в серцях своїх учнів і колег.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобочко В.М. Дійсні числа. Функція та її властивості : навч. посіб. для студ. фіз.-мат. фак. Кіровоград : КДПУ, 1997. 73 с.
2. Бобочко В.М. Задача Коші для системи диференціальних рівнянь з точкою повороту. Доп. НАН України. 1999. № 10. С. 7–11.
3. Бобочко В.М. Рівняння Орра – Зоммерфельда з диференціальною точкою повороту. Доп. НАН України. 2000. № 5. С. 12–16.
4. Бобочко В.М., Вороний О.М. Математичний аналіз. Функція, її границя та неперервність : навч.-метод. посіб. для студ. заоч. форми навч. фіз.-мат. фак. ВПЗ. 2-е вид., випр. і доп. Кіровоград : КДПІ, 2004. 140 с.
5. Бобочко В.М., Паращук С.Д. Точка звороту в диференціальному рівнянні другого порядку загального вигляду. Наукові записки КДПУ. Серія: Фізико-математичні науки / ред. Ю. І. Волков [та ін.]. Кіровоград, 1998. Вип. 12. 118 с.
6. Бобочко В.М., Перестюк М.О. Асимптотичне інтегрування рівняння Ліувілля з точками звороту : монографія. К.: Наук. думка, 2002. 308 с.
7. Леськів І.О.; Ріжняк Р.Я. Бобочко Василь Миколайович – математик-науковець, управлінець, викладач. Наукові записки молодих учених. №. 7. 2021. ISSN 2617-2666. <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view>
8. Перестюк М.О., Бобочко В.М. Система диференціальних рівнянь з точкою повороту та нульовими елементами спектру. Доп. НАН України. 2001. № 6. С. 12–17.



**БОБОЧКО ВАСИЛЬ МИКОЛАЙОВИЧ –
ПРЕДСТАВНИК МАТЕМАТИЧНОЇ ШКОЛИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА**

Садовий Микола¹, Трифонова Олена²

¹д.пед.н., професор,

професор кафедри інформаційних та цифрових технологій

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, smikdpu@i.ua

²д.пед.н., професорка,

завідувачка кафедри інформаційних та цифрових технологій

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, olenatrifonova82@gmail.com

У розвитку фізико-математичної освіти Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка важливу роль відіграють постаті науковців, які не лише здійснюють вагомий внесок у розвиток математичної науки, а й формують інтелектуальне середовище підготовки майбутніх фахівців. Однією з таких постатей є Бобочко Василь Миколайович – математик, науково-педагогічна діяльність якого пов'язана з утвердженням високих стандартів математичної освіти та розвитком наукових традицій фізико-математичного факультету (нині факультету інформаційних технологій, математики та природничих наук).

З 15 серпня 1978 року життя В.М. Бобочка нерозривно пов'язано з нашим інститутом (нині Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка). Свою роботу він розпочав на посаді старшого викладача (наказ № 64 від 16 серпня 1978 року) [7]. У стінах університету Василь Миколайович працював до 2006 року, поки не змінив місце роботи.

Наукова діяльність Василя Миколайовича охоплює актуальні напрями сучасної математики, зокрема питання теоретичних досліджень, що мають як фундаментальне, так і прикладне значення. Його наукові напрацювання сприяють розвитку математичного апарату, який використовується у міждисциплінарних дослідженнях, зокрема в галузях інформаційних технологій, моделювання складних систем та аналізу даних.

Науковий доробок В.М.Бобочка складають праці з диференціальних рівнянь, зокрема (рис. 1):

- Асимптотичне інтегрування систем диференціальних рівнянь з точкою повороту (1991);
- Сингулярно збурена задача Коші з точкою повороту (1991);
- Задача Коші з кратною точкою повернення (1992);
- Рівняння типу Орра-Зоммерфельда з двома точками повороту (1992);
- Спільна точка повороту в теорії сингулярних збурень (1993);



- The system of the differential equations with two turning point (1994);
- Асимптотика розв’язку систем диференціальних рівнянь з двома точками звороту (1994);
- Нестабільна точка повороту в системах диференціальних рівнянь з аналітичним оператором (1995);
- Дійсні числа. Функція та її властивості (1997);
- Точка звороту в диференціальному рівнянні другого порядку загального вигляду (1998);
- Задача Коші для системи диференціальних рівнянь з точкою повороту (1999);
- Рівняння Орра–Зоммерфельда з диференціальною точкою повороту (2000);
- Система диференціальних рівнянь з точкою повороту та нульовими елементами спектру (2001);
- Асимптотичне інтегрування рівняння Ліувілля з точками звороту (2002);
- Математичний аналіз. Функція, її границя та неперервність (2004).



Рис. 1. Науковий доробок В.М.Бобочка (інфографіка створена за допомогою NotebookLM)

Вищий клас наукових досягнень В.М.Бобочка представлений в одній з найпопулярніших наукометричних баз – Scopus (рис. 2).

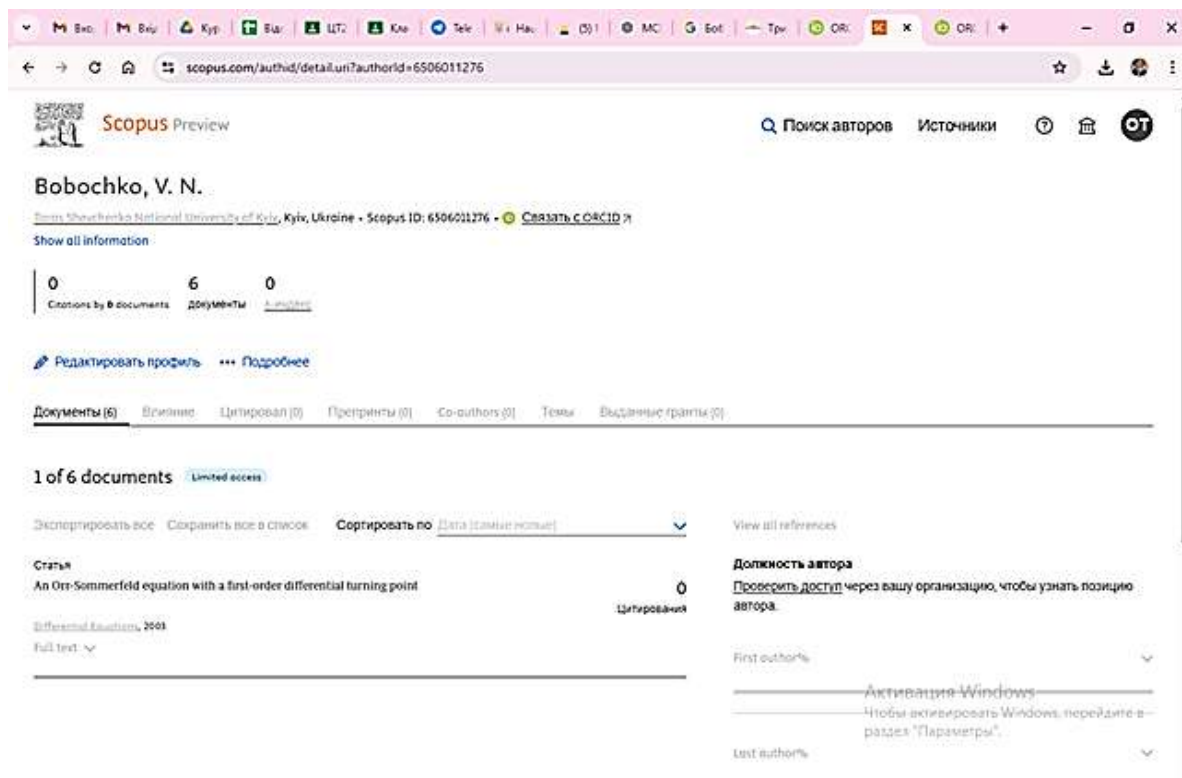


Рис. 2. Профіль В.М.Бобочка в базі Scopus

Важливою складовою діяльності науковця є педагогічна робота. Як викладач, М.В. Бобочко послідовно впроваджував принципи фундаменталізації математичної підготовки, поєднуючи класичні підходи з інноваційними освітніми технологіями. Значну увагу він приділяє розвитку логічного мислення, аналітичних здібностей студентів та формуванню їхньої дослідницької культури.

Вагомим є внесок Василя Миколайовича у становлення та розвиток наукової математичної школи фізико-математичного факультету, результати якої висвітлювалися на щомісячних семінарах. Його діяльність сприяла:

- удосконаленню освітніх програм математичного спрямування;
- розвитку наукових гуртків і залученню студентів до дослідницької роботи;
- формуванню академічних традицій та підтримці високого рівня викладання математичних дисциплін;
- зміцненню зв'язків між освітою і наукою.

Таким чином, науково-педагогічна діяльність Бобочка Василя Миколайовича є важливим чинником розвитку фізико-математичного факультету (нині факультету інформаційних технологій, математики та природничих наук). Збереження та примноження славних наукових традицій математичної школи Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка є нагальною проблемою нинішнього покоління математиків факультету.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобочко В.М. Дійсні числа. Функція та її властивості : навч. посіб. для студ. фіз.-мат. фак. Кіровоград : КДПУ, 1997. 73 с.
2. Бобочко В.М. Задача Коші для системи диференціальних рівнянь з точкою повороту. *Доп. НАН України*. 1999. № 10. С. 7–11.
3. Бобочко В.М. Рівняння Орра – Зоммерфельда з диференціальною точкою повороту. *Доп. НАН України*. 2000. № 5. С. 12–16.
4. Бобочко В.М., Вороний О.М. Математичний аналіз. Функція, її границя та неперервність : навч.-метод. посіб. для студ. заоч. форми навч. фіз.-мат. фак. ВПЗ. 2-е вид., випр. і доп. Кіровоград : КДПІ, 2004. 140 с.
5. Бобочко В.М., Паращук С.Д. Точка звороту в диференціальному рівнянні другого порядку загального вигляду. *Наукові записки КДПУ. Серія: Фізико-математичні науки* / ред. Ю. І. Волков [та ін.]. Кіровоград, 1998. Вип. 12. 118 с.
6. Бобочко В.М., Перестюк М.О. Асимптотичне інтегрування рівняння Ліувілля з точками звороту : монографія. К.: Наук. думка, 2002. 308 с.
7. Особова справа В.М.Бобочка. Архів ЦДУ ім.В.Винниченка
8. Перестюк М.О., Бобочко В.М. Система диференціальних рівнянь з точкою повороту та нульовими елементами спектру. *Доп. НАН України*. 2001. № 6. С. 12–17.

ВНЕСОК В. М. БОБОЧКА У СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК КАРПАТСЬКОГО ІНСТИТУТУ ПІДПРИЄМНИЦТВА (2006- 2016 РР.): УПРАВЛІНСЬКИЙ ТА НАУКОВИЙ АСПЕКТИ

Чопей Вікторія

к.соц.н., доцент кафедри соціальної роботи

Відокремленого структурного підрозділу закладу вищої освіти

«Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна» Карпатський інститут підприємництва, VChopej@i.ua

Історія становлення недержавної вищої освіти в Україні нерозривно пов'язана з постатями, які здатні поєднувати академічний консерватизм із гнучкими ринковими стратегіями. Однією з таких постатей для Карпатського регіону став Василь Миколайович Бобочко, чия діяльність у 2006-2016 роках визначила вектор розвитку Карпатського інституту підприємництва (КІП) як потужного науково-навчального осередку.

*1. Еволюція управлінських підходів:
від декана до першого проректора*

Період управлінської активності В. М. Бобочка (2006–2011 рр.) припав на час інтенсивної розбудови структури інституту. Очолюючи факультети заочного навчання та економіки і менеджменту, він заклав фундамент моделі навчання, адаптованої до потреб працюючого населення Закарпаття.

Як Перший проректор, Василь Миколайович реалізував концепцію комплексного розвитку ЗВО, яка базувалася на трьох стовпах: 1) синхронізація теоретичної підготовки з вимогами регіонального ринку праці; 2) цифровізація управлінських процесів усередині інституту; 3) створення системи



внутрішнього моніторингу якості освіти, що дозволило КІП успішно проходити цикли державної акредитації.

2. Формування наукової школи економічного напрямку

Працюючи на посаді завідувача кафедр «Обліку і аудиту», «Фінансів» та «Фундаментальних дисциплін», професор Бобочко В. М. зосередився на модернізації змісту фахової освіти. Його внесок характеризується наступними здобутками:

- **Методологічне оновлення:** Інтеграція міжнародних стандартів фінансової звітності (МСФЗ) у навчальні курси, що було критично важливим для інтеграції українських фахівців у європейський економічний простір.

- **Фундаменталізація знань:** Як математик за базовою освітою, він впровадив у підготовку економістів методи математичного моделювання та прогнозування, що значно підвищило аналітичну значущість дипломних робіт випускників [3].

3. Соціально-виховна та гуманітарна місія

Очолюючи напрям навчально-виховної роботи (2012–2016 рр.), В.М. Бобочко акцентував увагу на формуванні соціальної відповідальності майбутнього підприємця. Під його керівництвом КІП став інклюзивним середовищем, де студенти з особливими потребами отримували не лише знання, а й психологічну та соціальну підтримку. Він особисто курував проекти національно-патріотичного виховання, вбачаючи у вищій школі не лише «кузню кадрів», а й осередок формування національної еліти.

На основі наданих архівних даних [1] можна виділити ключові етапи та напрями професійної діяльності кандидата фізико-математичних наук **Василя Миколайовича Бобочка** у Карпатському інституті підприємництва (КІП) протягом 2006–2016 років.

Його десятирічний шлях в установі характеризується поєднанням науково-педагогічної роботи, стратегічного менеджменту та керівництва ключовими підрозділами.

Етапи професійної діяльності

1. Науково-педагогічна та завідувальна робота

Василь Миколайович розпочав роботу в інституті 29 серпня 2006 року на посаді професора кафедри «Фундаментальних та науково-прикладних дисциплін». Протягом усього періоду він залишався ключовою фігурою цієї кафедри, неодноразово очолюючи її:

- 2008-2010 рр.: Завідувач кафедри фундаментальних та науково-прикладних дисциплін.

- 2013-2016 рр.: Виконував обов'язків завідувача цієї ж кафедри (після її перейменування на кафедру фундаментальних та науково-природничих дисциплін).

- Викладацька діяльність: Працював на посадах професора та доцента, зокрема на кафедрах «Обліку і аудиту» та «Фінансів», що свідчить про його



міждисциплінарний підхід та здатність адаптувати фундаментальні знання до економічного профілю інституту.

2. Адміністративне керівництво та менеджмент

Василь Бобочко проявив себе як досвідчений управлінець, займаючи високі адміністративні посади, що вимагали координації навчального процесу на рівні всього інституту:

- *Деканська робота:* Очолював факультет заочного навчання (2006–2008) та виконував обов'язки декана факультету економіки та менеджменту (2010).

- *Вище керівництво:* У жовтні 2010 року був призначений на посаду Першого проректора Карпатського інституту підприємництва, що підкреслює високу довіру до його професіоналізму та організаторських здібностей.

- *Навчально-виховна робота:* У 2012 році займав посаду в.о. проректора з навчально-виховної роботи, відповідаючи за формування освітнього середовища та розвиток студентства.

Ключові досягнення та внесок

Діяльність Василя Миколайовича в КІП можна структурувати за такими напрямками:

- *Інституційний розвиток.* Завдяки роботі на посадах першого проректора та проректора з навчальної роботи, він безпосередньо впливав на стратегію розвитку інституту [2], якість освіти та впровадження нових навчальних стандартів.

- *Кадрове зміцнення.* Як завідувач кафедр, він займався організацією наукової роботи викладачів, розробкою навчальних планів та методичним забезпеченням дисциплін природничого та економічного циклів.

- *Універсальність.* Успішно поєднував роботу з фундаментальними науками (фізико-математичний напрям) із практичними аспектами підготовки фахівців з обліку, аудиту та фінансів.

Таким чином, Василь Миколайович Бобочко завершив свою діяльність у КІП 25 липня 2016 року, залишивши по собі значний внесок у становлення інституту як багатопрофільного освітнього центру. Його кар'єра в закладі є прикладом професійного зростання від професора кафедри до одного з очільників інституту.

Діяльність Василя Миколайовича Бобочка в КІП протягом 2006–2016 років стала прикладом системного служіння освіті. Його управлінські рішення дозволили інституту зміцнити позиції на ринку освітніх послуг, а наукова діяльність забезпечила високий рівень підготовки фахівців фінансового сектору. Спадщина професора Бобочка і сьогодні слугує методичною базою для розвитку освітніх програм інституту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Архівні матеріали КІП ПЗВО «Університет «Україна» за 2006–2016 рр.
2. Програми розвитку економічного напрямку КІП (під ред. В. М. Бобочка). Матеріали науково-практичних конференцій КІП (2010–2015 рр.).



Секція 1. ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ

АТРАКТОРИ ТА ЇХ СТІЙКІСТЬ ДЛЯ НЕСКІНЧЕННОВИМІРНИХ ІМПУЛЬСНИХ СИСТЕМ

Капустян Олексій

*доктор фіз.-мат. наук, професор,
завідувач кафедри інтегральних і диференціальних рівнянь
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
м. Київ, kapustyan@knu.ua*

Відомо, що дисипативні нескінченновимірні динамічні системи, зокрема породжені нелінійними рівняннями в частинних похідних, в багатьох випадках володіють нетривіальною інваріантною рівномірно притягуючою множиною в фазовому просторі – глобальним аттрактором. Тоді вивчення якісної поведінки траєкторій динамічної системи зводиться до дослідження властивостей глобального аттрактору. Існування такої множини у нескінченновимірному випадку потребує деяких додаткових умов. Відомо, що дисипативна неперервна динамічна система має глобальний аттрактор, якщо вона асимптотично компактна. Глобальний аттрактор має такі важливі для застосувань властивості, як стійкість та робастність. Однак у багатьох практично важливих ситуаціях динаміка системи не є неперервною через такі ефекти, як короточасні збурення (удари, переключення і т.і.), що з математичної точки зору прийнято описувати за допомогою імпульсної дії. Основи теорії систем з імпульсними збуреннями були запропоновані в роботах видатних математиків А.М. Самойленка та М.О. Перестюка. Якісний аналіз імпульсних систем досліджувався багатьма авторами протягом останніх десятиліть. Одним з найважливіших у застосуваннях (і найменш вивченим) класів таких систем є імпульсні динамічні системи (імпульсні ДС), тобто автономні системи, траєкторії яких зазнають імпульсних збурень у моменти зустрічі траєкторій з певною поверхнею у фазовому просторі. Основна проблема, з якою ми стикаємося, коли намагаємося розширити теорію глобальних аттракторів на імпульсні ДС, полягає у відсутності неперервної залежності від початкових даних. Це унеможливорює застосування класичних підходів, зокрема вимагає нової концепції самого



атрактору. Нами була запропонована нова концепція атрактору, де поряд з рівномірним притягненням властивість інваріантності замінена на мінімальність. Тоді для багатьох класів дисипативних нескінченновимірних імпульсних ДС вдається не лише показати існування компактного рівномірного атрактору, але і для його неімпульсної частини довести інваріантність та стійкість.

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України, проєкт 2023.03/0074 «Нескінченновимірні еволюційні рівняння із багатозначною та стохастичною динамікою».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kapustyan O.V., Perestyuk M.O. Global attractors of impulsive infinite-dimensional systems. *Ukr. Math. J.* 2016. № 2.
2. Kapustyan O.V., Perestyuk M.O., Romaniuk I.V. Stability of global attractors of impulsive infinite-dimensional systems. *Ukr. Math. J.* 2018. № 1.
3. Dashkovskiy S., Kapustyan O., Perestyuk Yu. Stability of attractors of impulsive multi-valued semiflows. *Nonlinear Analysis: Hybrid Systems.* 2021

АСИМПТОТИЧНЕ ІНТЕГРУВАННЯ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ ДЛЯ СИНГУЛЯРНО ЗБУРЕНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНО-АЛГЕБРАЇЧНИХ СИСТЕМ У КРИТИЧНОМУ ВИПАДКУ

Кобеляцький Владислав¹, Самусенко Петро²

¹аспірант кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей фізико-математичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

м. Київ, kobelyatskiyvlad@gmail.com

²д. ф.-м. н., професор,

професор кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей фізико-математичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

м. Київ, psamusenko@ukr.net

Розглядається двоточкова крайова задача

$$\varepsilon A(t, \varepsilon) \frac{dx}{dt} = f(x, t, \varepsilon), t \in [0; T], \varepsilon \in (0; \varepsilon_0], \quad (1)$$

$$Mx(0, \varepsilon) + Nx(T, \varepsilon) = d(\varepsilon), \quad (2)$$

де $x(t, \varepsilon)$ – шуканий n -вимірний вектор, $A(t, \varepsilon)$, M та N – квадратні матриці порядку n , $f(x, t, \varepsilon)$ та $d(\varepsilon)$ – n -вимірні вектори, ε – малий параметр, у критичному випадку.

Припускається, що рівняння

$$f(x, t, 0) = 0$$

має достатньо гладку p -параметричну сім'ю розв'язків $x = x_0(t, \alpha)$, $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p)$, а в'язка матриць $f'_x(x_0(t, \alpha), t, 0) - \lambda A(t, 0)$ має нульове власне



значення кратності p , якому відповідають p лінійно незалежних власних векторів.

Формальний розв'язок крайової задачі (1), (2) шукається у вигляді

$$x(t, \varepsilon) = \bar{x}(t, \varepsilon) + Px(\tau, \varepsilon) + Qx(\xi, \varepsilon),$$

де $\bar{x}(t, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^k \bar{x}_k(t)$ та $Px(\tau, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^k P_k x(\tau)$, $\tau = t/\varepsilon$, $Qx(\xi, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^k Q_k x(\xi)$, $\xi = (t - T)/\varepsilon$, відповідно регулярна та сингулярна частини асимптотики. Зазначимо, що наявність примежевих рядів дозволяє побудувати рівномірну асимптотику розв'язку заданої крайової задачі на відрізку $[0; T]$.

Члени регулярної частини асимптотики є розв'язками певних алгебраїчних систем, а члени сингулярної частини – розв'язками лінійних диференціально-алгебраїчних систем зі сталими коефіцієнтами.

У роботі побудовано асимптотичне розв'язання розв'язку крайової задачі (1), (2) та доведено його асимптотичний характер.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Vasileva A.B., Butuzov V.F., Kalachev L.V. The Boundary Function Method for Singular Perturbation. – Philadelphia: SIAM, 1995. – 221 p.

СТІЙКІСТЬ РІВНОМІРНО-ПРИТЯГУЮЧИХ МНОЖИН ІМПУЛЬСНОЇ БАГАТОЗНАЧНОЇ СИСТЕМИ З НЕСКІНЧЕННОЮ КІЛЬКІСТЮ ІМПУЛЬСНИХ КОМПОНЕНТ ФАЗОВОГО ВЕКТОРУ

Перестюк Юрій¹, Жук Тетяна²

¹кандидат фіз.-мат. наук,

науковий співробітник кафедри Інтегральних та диференціальних рівнянь

Київського національного університету ім. Тараса Шевченка

м. Київ, perestyuk@gmail.com

²аспірантка кафедри Інтегральних та диференціальних рівнянь

Київського національного університету ім. Тараса Шевченка

м. Київ, zhuktetiana6@knu.ua

В загальній теорії диференціальних рівнянь з імпульсною дією [1] важливе місце посідають імпульсні динамічні системи (імпульсні ДС), тобто автономні системи диференціальних рівнянь, траєкторії яких зазнають імпульсного збурення при досягненні фіксованих гіперповерхонь в фазовому просторі X . Для нескінченновимірних систем ($\dim X = \infty$) за умови дисипативності особливий інтерес становить вивчення траєкторій в околі компактних рівномірно притягуючих множин - рівномірних атракторів [2]. Вивченню умов стійкості таких множин і присвячена дана робота. А саме, в обмеженій області $\Omega \subset \mathbb{R}^d$, $d \geq 1$ відносно невідомої функції $u = u(t, x)$, $t > 0$, $x \in \Omega$ розглядається задача



$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} - Au \in \varepsilon F(u) \\ u|_{\partial\Omega} = 0 \\ u|_{t=0} = u_0, \end{cases} \quad (1)$$

де A – рівномірно еліптичний коерцитивний диференціальний оператор, $\varepsilon > 0$ – малий параметр, F – напівнеперервне зверху обмежене багатозначне відображення. Відомо, що в фазовому просторі $X = L^2(u_0)$ для $\forall u_0 \in X^2$ задача (1) має принаймні один слабкий розв'язок $u \in C([0, +\infty); X)$.

Тоді імпульсна задача полягає в знаходженні неперервної справа функції $t \mapsto u(t)$, яка має стрибки величини $\varphi(u)$ в моменти досягнення нею множини $M = \{u \in X \mid \|u\| = R\}$, тобто

$$\Delta u|_{u \in M} \in \varphi(u) - u \quad (2)$$

Зазначимо, що згідно (2) імпульсних збурень зазнають всі компоненти нескінченновимірного фазового вектору.

При певних умовах на A , F , φ , R можна показати, що для достатньо малих ε задача (1), (2) породжує імпульсну многозначну ДС [3] G , що має рівномірний аттрактор Θ , тобто Θ є мінімальною компактною множиною, що задовольняє властивість:

$$\forall r > 0 \quad \sup_{\|u_0\| \leq r} \text{dist}(G(t, u_0), \Theta) \rightarrow 0, \quad t \rightarrow \infty.$$

При цьому, як показано в [2,3], Θ може не бути стійкою в класичному сенсі. Виходячи з підходу, запропонованого в [2], в даній роботі доведено стійкість Θ в сенсі наступної властивості

$$D^+(\Theta \setminus M) \subset \overline{\Theta \setminus M},$$

де \bar{A} – це замикання A , а

$$D^+(A) = \bigcup_{x \in A} \{y \mid y = \lim_{x_n \rightarrow x, t_n \geq 0} \xi_n, \xi_n \in G(t_n, x_n)\}$$

Робота виконана за підтримки Національного фонду досліджень України, проєкт 2023.03/0074 «Нескінченновимірні еволюційні рівняння із багатозначною та стохастичною динамікою»

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A.M. Samoilenko and N.A. Perestyuk. Impulsive differential equations. -World Scientific, Singapore, 1995.
2. O. Kapustyan, M. Perestyuk, I. Romanchuk “Stability of the global attractors of impulsive infinite-dimensional systems” // Ukr. Math. J, 70(1), 2018, p. 29-30.
3. S. Dashkovskiy, O. Kapustyan, and Y. Perestyuk. Stability of uniform attractors of impulsive multi-valued semiflows // Nonlinear Analysis: Hybrid Systems, 2021, vol. 40, 101025.



АПРОКСИМАЦІЯ СТОХАСТИЧНОГО ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПУ З ЗАПІЗНЕННЯМ В ГІЛЬБЕРТОВИХ ПРОСТОРАХ СИСТЕМАМИ РІВНЯНЬ БЕЗ ЗАПІЗНЕННЯ

Правдивий Олександр¹, Станжицький Олександр²

¹аспірант кафедри загальної математики
механіко-математичного факультету

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

м. Київ, awxrvtb@gmail.com

²к. фіз.-мат.н., професор,

завідувач кафедри загальної математики
механіко-математичного факультету

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

м. Київ, stanzhytskyi@knu.ua

Головною метою роботи є дослідження апроксимаційних схем для стохастичного диференціального рівняння нейтрального типу із запізненням в гільбертових просторах вигляду

$$d(u(t) - g(u(t), u(t-h))) = (Au(t) + f(u(t-h), u(t))) dt + \sigma(u(t-h), u(t)) dW(t), t \in [0, T],$$

$$u(t) = \phi(t), t \in [-h, 0].$$

Тут A - необмежений оператор, що є генератором сильно неперервної напівгрупи $\{S(t), t \geq 0\}$ обмежених лінійних операторів у сепарабельному гільбертовому просторі H . Випадковий шум $W(t)$ є Q -вінеровим процесом у сепарабельному гільбертовому просторі K . Для деякого $h > 0$ позначимо $C_h := C([-h, 0], H)$ простір неперервних H -значних функцій $\phi: [-h, 0] \rightarrow H$ з нормою $\|\phi\|_{C_h} := \sup_{\theta \in [-h, 0]} \|\phi(\theta)\|_H$.

Норму $\|\cdot\|_H$ будемо позначати як $\|\cdot\|$. Розв'язок $u(t)$ вихідного рівняння розглядається у м'якому сенсі. Функції f, g відображають $H \times H$ в H , а $\sigma: H \rightarrow L_2^0$, де $L_2^0 = L(Q^{1/2}K, H)$ - простір операторів Гільберта-Шмідта з $Q^{1/2}K$ в H . Нарешті, $\phi: [-h, 0] \times \Omega \rightarrow H$ - початкова функція, де (Ω, F, P) повний ймовірнісний простір.

A - необмежений лінійний оператор з $D(A)$ в H , що є інфінітезимальним генератором аналітичної напівгрупи операторів $S(t) = e^{At}$ - обмежених в H . З [1] це еквівалентно тому, що $(-A)$ секторіальний оператор.

Ми припускаємо, що $S(t)$ є напівгрупою компактних операторів при $t > 0$, тому з [2] випливає, що напівгрупа є неперервною у рівномірній операторній топології при $t > 0$.

З [2] також отримуємо, що для всіх $\alpha \in (0, 1)$ дробова степінь оператора $(-A)^\alpha$ є замкненим лінійним оператором в області визначення $D((-A)^\alpha)$.

Позначимо H^α гільбертів простір $D((-A)^\alpha)$ оснащений нормою



$$\|u\|_\alpha := \|(-A)^\alpha u\|$$

Розв'язок вихідного рівняння буде мо розглядати м'якому сенсі:

Означення 1: Неперервний F_t узгоджений стохастичний процес $u: [-h, T] \times \Omega \rightarrow H$ називається м'яким розв'язком для вихідного рівняння на $t \in [0, T]$ якщо він задовольняє наступне інтегральне рівняння

$$u(t) = S(t)(\phi(0) - g(\phi(0))) + g(u(t-h)) - \int_0^t AS(t-s)g(u(s-h)) ds + \int_0^t S(t-s)f(u(s), u(s-h)) ds + \int_0^t S(t-s)\sigma(u(s), u(s-h)) dW(s),$$

і $u(t) = \phi(t)$ майже напевно для $t \in [-h, 0]$.

Для доведення існування і єдиності розв'язку накладемо наступні умови на оператор A та відображення f, σ, g .

1) Якщо $\sigma(-A)$ це спектр оператора $(-A)$, тоді маємо, що $Re \sigma(-A) > \delta > 0$, і A утворює напівгрупу компактних операторів $S(t)$ в H при $t > 0$.

2) Для всіх $u, v, u_1, v_1 \in H$ маємо $\|f(u, v) - f(u_1, v_1)\| \leq L(\|u - u_1\| + \|v - v_1\|)$,

і $\|\sigma(u, v) - \sigma(u_1, v_1)\|_{L_2} \leq L(\|u - u_1\| + \|v - v_1\|)$,

3) Для всіх $u, v, u_1, v_1 \in H$ і для кожного $\alpha \in (\frac{1}{2}, 1)$ функція g задовольняє нерівність

$$\|g(u, v) - g(u_1, v_1)\|_\alpha \leq M_g(\|u - u_1\| + \|v - v_1\|)$$

для деякого $M_g \in (0, \frac{1}{(2\sqrt{2})})$

Нескладно помітити, що з умови 2 випливає лінійний ріст для f, σ в H а з умови 3 випливає лінійний ріст g в H^α .

З джерел [3] і [4] випливає, що якщо умови 1-3 справджуються, то вихідне рівняння має єдиний на $[0, T]$ м'який розв'язок в сенсі означення 1, з обмеженим p -тим моментом ($p \geq 1$).

Ключовим моментом для подальшого розгляду є наступна лема.

Лема 1 (Лема про модуль неперервності):

Якщо умови 1-3 виконуються, тоді для розв'язку вихідного рівняння $u(t)$ справджується наступна оцінка

$$\sup_{t_1 \in [-h, T]} E \sup_{t_2 \in [t_1, t_1+l]} \|u(t_2) - u(t_1)\|^2 \leq C(T, \|\phi\|_{C_h}, l) \rightarrow 0, l \rightarrow 0,$$

Введемо наступну систему рівнянь без запізнень

$$\begin{cases} d(z_0(t) - g(z_0(t), z_m(t))) = (Az_0 + f(z_0(t), z_m(t))) dt + \sigma(z_0(t), z_m(t)) dW(t), \\ dz_j(t) = \frac{m}{h}(z_{j-1}(t) - z_j(t)), t \in [0, T], \\ z_j(0) = \phi(-\frac{hj}{m}), j = 0..m. \end{cases}$$

Означення 2:

Наведена вище система називається апроксимуючою для вихідного рівняння в середньому квадратичному якщо



$$\sup_{t \in [0, T]} \mathbb{E} \| u(t - h/m^j) - z_j(t) \|^2 \rightarrow 0, m \rightarrow \infty, j = 0..m.$$

Використовуючи лему 1 можемо довести наступну теорему, що і є головним результатом роботи:

Теорема 1 (Про апроксимуючу систему):

Якщо умови 1-3 виконуються, наведена вище система є апроксимуючою для вихідного рівняння в сенсі означення 2.

Дослідження О. Станжицького виконані за підтримки Національного фонду досліджень України, проєкт 2023.03/0074 «Нескінченновимірні еволюційні рівняння із багатозначною та стохастичною динамікою»

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. D. Henry. Geometric theory of Semilinear Parabolic Equations, volume 840 of Lecture Notes in Mathematics. Springer-Verlag. Berlin-New York. 1981.
2. A. Pazy. Semigroups of Linear Operators and Applications to Partial Differential Equations. Springer-Verlag. New York. 1983.
3. O. Misiats, O. Stanzhytskyi, N.K. Yip. Asymptotic analysis and homogenization of invariant measure. 2019. Stochastics and Dynamics. Vol. 19, No. 2. P. 1-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S0219493719500151>
4. A.O. Stanzhytsky, O.O. Misiats, O.M Stanzhytskyi. Invariant measure for neutral stochastic functional differential equations with non-Lipshitz coefficients. Evolution equations and control theory. 2022. Vol. 11, No. 6. P.1029-1953.

ПОБУДОВА СТАЦІОНАРНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ЙМОВІРНОСТІ ДЛЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО СТОХАСТИЧНОГО РІВНЯННЯ ДЮФФІНГА ВІДОКРЕМЛЕННЯМ ЗМІННИХ

Рибачок Анатолій

кандидат фізико-математичних наук, пенсіонер, ribachokanatolij4@gmail.com

Розглянемо узагальнене стохастичне рівняння Дюффінга [1]

$$\ddot{x} + 2\sigma \dot{x} + a(x) = \dot{w}(t), \quad (1)$$

де $x = x(t)$ - переміщення, $\sigma > 0$ - коефіцієнт затухання, $a(x)$ - багаточлен непарного степеня з додатним старшим коефіцієнтом, $\dot{w}(t)$ - стаціонарний білий шум зі сталою спектральною щільністю S . Точніше, функція $a(x)$ неперервна і задовільняє умові нормування (зокрема, не може бути парною).

Побудуємо розв'язок рівняння (1) як двовимірний марковський дифузійний процес (x, \dot{x}) , стаціонарна щільність розподілу ймовірності якого

$p = p(x, y)$, $y = \dot{x}$ задовільняє рівнянню Фоккера-Планка-Колмогорова

$$-y \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} [(2\sigma y + a(x))p] + S \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = 0. \quad (2)$$



Для знаходження потрібного розв'язку з відокремленими змінними підстановка $p(x,y)=X(x)Y(y)$ (стохастична незалежність) дає білінійну диференціальну тотожність третього порядку [2]:

$$X[2\sigma(yY)' + SY''] + a(x)XY' - X'yY = 0. \quad (3)$$

Прирівнюємо квадратну дужку до нуля:

$$\begin{cases} 2\sigma(yY)' + SY'' = 0, \\ a(x)XY' - X'yY = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Друга альтернатива (ділимо на ненульову квадратну дужку) густину імовірності не дає. Зауважимо: в монографії [2] пропонується 8 матричних варіантів пошуку.

Розв'язком системи диференціальних рівнянь (4) є шукана єдина щільність ймовірності

$$p(x, y) = C \left[\exp \left(2 \int_0^x a(\xi) d\xi \right) \exp(y^2) \right]^{-\sigma/s}, \quad (5)$$

де C – стала нормування.

А взагалі наш оригінальний рекурсивний алгоритм рівносильної строго альтернативної лінеаризації абстрактних систем білінійних (і полілінійних) диференціальних тотожностей типу (3) довільного порядку [2] покроковим зниженням цього порядку такий: або одна з компонент вибраного добутку тотожно нульова, або решта добутку є відповідною лінійною комбінацією інших компонент, ця підстановка знижує порядок на одиницю. Таке двійкове дерево альтернативних варіантів розщеплення в дусі Ойлера-Фур'є ігнорується і не помічається вже понад 30 років творцями сучасної схеми відокремлення змінних [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коломієць В.Г. та ін. Про застосування методу розділення змінних до рівняння Фоккера-Планка-Колмогорова для нелінійного рівняння Дюффінга з випадковим збуренням// Дванадцята міжнародна наукова конференція імені академіка Михайла Кравчука.- Київ: 2008.- Т. 2, с. 71.

2. Каленюк П.І., Нитребич З.М. Узагальнена схема відокремлення змінних. Диференціально-символьний метод.- Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2002.- 292 с.



ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ З ТОЧКАМИ ЗВОРОТУ В ЕРУ МАШИННОГО НАВЧАННЯ: КРИТИЧНИЙ СИНТЕЗ КЛАСИЧНИХ МЕТОДІВ ТА ГІБРИДНИХ ПІДХОДІВ

Собчук Валентин¹, Зеленська Ірина²

¹д.т.н., професор,

*професор кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь
Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ,*

sobchuk@knu.ua

*²PhD, асистент кафедри математичних методів системного аналізу НН
інституту прикладного системного аналізу КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ*

korchuk@gmail.com

Диференціальні рівняння з точками звороту є математичними моделями для таких фізичних явищ, як динаміка рідин, електромагнетизм, гравітація тощо. Задачі з точками звороту виникають в тих процесах, де відбувається різка зміна (стрибок) характеру розв'язку, зокрема перехід від одного типу поведінки системи до іншого. Традиційні методи асимптотичної теорії часто виявляються неефективними або стають нестійкими поблизу цих точок, що вимагає застосування більш складних інструментів. Кожна задача такого роду вимагає індивідуального підходу, який враховує унікальність особливостей при побудові асимптотики розв'язку.

В теорії сингулярних збурень класичними задачами з нестабільним спектром є рівняння Ліувілля

$$y''(x, \lambda) + [\lambda^2 r(x) + p(x)]y(x, \lambda) = h(x),$$

та Орра-Зоммерфельда, яке з математичної точки зору має такий вигляд

$$\varepsilon^3 y^{(4)}(x, \varepsilon) + x \tilde{a}(x) y''(x, \varepsilon) + b(x) y'(x, \varepsilon) = h(x),$$

що стали об'єктом численних досліджень і сприяли розробці методів (метод Лангера, метод Вазова, метод Дородніцина, метод Цваана-Федорюка, метод регуляризації, метод Дзядика, метод зшивання та узгодження асимптотик, метод істотно особливих функцій та інші) та побудові відповідної теорії асимптотичних методів сингулярно збурених задач з точками звороту, проте побудова рівномірної асимптотики розв'язку, включаючи і точку звороту, залишається одним із ключових викликів сучасної теорії асимптотичних методів.

Альтернативним напрямком розвитку цієї теорії є використання потужністей машинного навчання, через застосування фізично-інформованих нейронних мереж (PINNs) як сучасного методу розв'язання звичайних диференціальних рівнянь з особливостями. PINNs використовують архітектури глибокого навчання для апроксимації розв'язків шляхом впровадження диференціальних рівнянь у функцію втрат (loss function) нейронної мережі. Фізично інформована функція втрат — це цільова функція в науковому машинному навчанні, яка кодує фізичні обмеження шляхом накладання



штрафів за порушення відомих законів — зазвичай диференціальних рівнянь в частинних похідних, законів збереження або принципів вимірювання. Така функція втрат дозволяє алгоритмам навчання отримувати розв'язки, що відповідають фундаментальним фізичним властивостям, покращуючи як узагальнюючу здатність, так і надійність прогнозування в завданнях симуляції, моделювання та розв'язання обернених задач.

На сучасному етапі розвитку інтелектуальних обчислень асимптотичні фізично-інформовані нейронні мережі (Asymptotic PINNs) становлять один із найбільш перспективних напрямів досліджень. Традиційні архітектури глибокого навчання часто демонструють низьку збіжність або чисельну нестійкість в околі точки звороту, де розв'язок зазнає якісної трансформації, наприклад, переходу від осциляторного режиму до експоненціального затухання. Сутність запропонованого підходу полягає в інтеграції асимптотичного розкладу (зокрема, через спеціальні функції Ейрі чи Бесселя) безпосередньо у функціонал втрат нейромережі. У такій постановці мережа апроксимує виключно залишковий член, що дозволяє значно підвищити точність моделювання в зонах, де класична асимптотика втрачає повноту.

Серед основних неефективностей PINNs при розв'язанні задач з точками звороту можна назвати: слабку здатність до багатомасштабної апроксимації та погану зумовленість (ill-conditioning), спричинену функціями втрат; недостатнє вивчення питань збіжності та аналізу похибок, що призводить до низької математичної строгості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобочко В.М., Перестюк М.О. Асимптотичне інтегрування рівняння Ліувілля з точками звороту. – Київ: Наукова думка. 2002. – 310 с.
2. Sobchuk, V., Zelenska, I., & Laptiev, O. (2023). Algorithm for solution of systems of singularly perturbed differential equations with differential turning point. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, 71(3). Article number: e145682 DOI: 10.24425/bpasts.2023.145682
3. Wang L., Zhang L., He G. Chien-physics-informed neural networks for solving singularly perturbed boundary-layer problems. *Applied Mathematics and Mechanics (English Edition)*. 2024. Vol. 45, No. 9. P. 1467–1480. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10483-024-3149-8>.
4. Zhang, W., Suo, W., Song, J., et al. (2026). Physics-informed neural networks (PINNs) as intelligent computing technique for solving partial differential equations: Limitation and future prospects. *Science China Physics, Mechanics & Astronomy*, 69(2), Article 214602. <https://doi.org/10.1007/s11433-024-2665-5>



ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ПСЕВДООБЕРНЕНИХ МАТРИЦЬ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ

Шовкопляс Тетяна

к.фіз-мат.н.,

асистент кафедри загальної математики

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

м. Київ, izagmat.tetyana1@knu.ua

Актуальним питанням залишається розв'язання крайових задач та відшукування їх розв'язків. Не завжди зразу можна встановити умови розв'язності крайових задач: крайових задач для систем звичайних диференціальних рівнянь, крайових задач для систем диференціальних рівнянь з запізненням, крайових задач для інтегро-диференціальних рівнянь, у яких лінійна частина є оператором, що не має оберненого. Це випадок, коли кількість крайових умов не дорівнює порядку операторної системи. Такі крайові задачі для систем функціонально-диференціальних рівнянь називаються нетеровими крайовими задачами або крайовими задачами з нетеровою лінійною частиною. Але такі типи крайових задач можна розв'язати шляхом застосування до них теорії псевдообернених матриць, за допомогою чого можна побудувати псевдообернену матрицю до прямокутної, встановити умову розв'язності розглядуваної алгебраїчної системи та знайти її розв'язки, за умови, що кількість невідомих не дорівнює кількості рівнянь. Вивченню питань розв'язання таких типів задач присвячено роботи [1; 2].

Суть теорії псевдообернених матриць полягає в тому, що розглядається алгебраїчна система лінійних рівнянь

Розглянемо систему лінійних алгебраїчних рівнянь

$$Dc = b, \quad (1)$$

для якої шукається умова розв'язності та її розв'язки.

В (1) D – довільна $(m \times n)$ – вимірна матриця зі сталими елементами, $\text{rank} D := n_1 \leq \min\{m, n\}$, b – m – вимірний сталий вектор, $b \in R^m$,

c – n – вимірний шуканий вектор, $c \in R^n$.

Розглядаючи матрицю D як матрицю лінійного оператора $D: R^n \rightarrow R^m$, мають місце рівності: $R^n = R(D^*) \oplus N(D)$, $R^m = R(D) \oplus N(D)$,

де $N(D) = \ker D = \{c: c \in R^n, Dc = 0\}$, $R(D) = \text{im} D$

$$N(D^*) = \ker D^* = \{s: s \in R^m, sD = 0\}, \quad R(D^*) = \text{im} D^*.$$

Через P_D позначається $(n \times n)$ – вимірна матриця-ортопроектор, що проектує простір R^n на ядро $N(D)$ матриці D , тобто, $P_D: R^n \rightarrow N(D)$, $N(D) = P_D R^n$;



через P_{D^*} позначається $(m \times m)$ -вимірну матрицю-ортопроектор, що проектує простір R^m на коядро $N(D^*)$ матриці D^* , тобто, $P_{D^*} : R^m \rightarrow N(D^*)$, $N(D^*) = P_{D^*} R^m$.

Згідно теорії псевдообернених за Муром-Пенроузом матриць, матриці-ортопроектори P_D та P_{D^*} можуть бути побудовані за формулами:

$$P_D = I_n - D^+ D, \quad P_{D^*} = I_m - D D, \quad (2)$$

В (2) I_n, I_m – одиничні матриці та матриця D^+ визначається за формулою: $D^+ = (D^* D + P_D)^{-1} D^* = D^* (D D^* + P_{D^*})^{-1}$.

Матриці P_D та P_{D^*} мають властивості:

$$D P_D = 0, \quad (P_D)^* = P_D, \quad (P_D)^2 = P_D, \\ D^* P_{D^*} = 0, \quad (P_{D^*})^* = P_{D^*}, \quad (P_{D^*})^2 = P_{D^*}.$$

Алгебраїчна система (1) розв'язна тоді і тільки тоді, коли її права частина належить ортогональному доповненню $N^\perp(D^*) = R(D)$ підпростору $N(D^*)$, тобто, якщо виконується умова

$$P_{D^*} b = 0, \quad (3)$$

і загальний розв'язок системи лінійних алгебраїчних рівнянь (1) має вигляд:

$$c = D^+ b + \bar{c}, \quad \text{де } \bar{c} - \text{довільний вектор з нуль-простору } N(D).$$

$\text{rank} P_{D^*} = d$, тому матриця P_{D^*} складається з d лінійно незалежних рядків; тому в умові (3) $(m \times m)$ -вимірну матрицю-ортопроектор P_{D^*} можна замінити $(d \times m)$ -вимірною матрицею $P_{D_d^*}$, яка складається з d лінійно незалежних рядків матриці P_{D^*} . В (1.3) довільний вектор \hat{c} з нуль-простору $N(D)$ можна записати у вигляді $\bar{c} = P_{D_r} c$, $P_{D_r} - (2n \times r)$ -вимірну матрицю, що складається з r лінійно незалежних стовпців матриці P_D .

Умови розв'язності та множина розв'язків лінійної алгебраїчної системи (1) виражається за допомогою теореми:

Теорема. Якщо $\text{rank} D = n_1, n_1 \leq \min\{n; m\}$, то лінійна алгебраїчна система (1.1), розв'язна тоді і тільки тоді, коли вектор $b \in R^m$ задовольняє умову розв'язності

$$P_{D_d^*} b = 0, \quad d = m - n_1, \quad (4)$$

і має при цьому r -параметричну $(r = n - n_1)$ множину розв'язків



$$c = P_{D_r} c_r + D^+ b, \quad c_r \in R^r. \quad (5)$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Boichuk A., Chuiko S. Autonomic periodic boundary value problems in Grucial Cases // 5-th Conf. of Numerical Metods. Miscolc, 20-25 August 1990. – Abstracts. – Miscolc, 1990. – P.10.
2. Boichuk A., Chuiko S. Autonomic Nonlinear Boundary Value Problems in Grucial Cases // Second International Colloquium on Differential Equations, Plovdiv, 19-24 August 1991. – Abstracts. – Plovdiv, 1991. – P. 43.

ПРО АСИМПТОТИЧНУ ЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ SPDEs ІЗ Q-ВІНЕРІВСЬКИМ ПРОЦЕСОМ

Штефан Дмитро¹, Станжицький Андрій²

¹аспірант механіко-математичного факультету

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

м. Київ, dmitrijstefan396@gmail.com

*²PhD, Молодий науковий співробітник відділу диференціальних рівнянь та теорії
коливань Інституту математики НАН України,*

м. Київ, a.stanzhytskyi@gmail.com

Наступні результати є логічним продовженням роботи [1], що узагальнює класичну теорему Левінсона [2] на випадок сепарабельного гільбертового простору H . На відміну від [1], нам вдалося поширити результати також і на випадок стохастичного збурення у вигляді нескінченновимірною вінерівського шуму, що діє у гільбертовому просторі U .

Розглядається рівняння виду

$$dx = Axdt, \quad (1)$$

разом з його стохастичним збурення

$$dy = Ay dt + B(t)y dt + D(t)y dW(t), \quad (2)$$

за справедливостю наступних припущень:

1. $A : H \rightarrow H$ — обмежений лінійний оператор на H .
2. $B(\cdot) : [0, \infty) \rightarrow L(H)$ — неперервне та обмежене відображення таке, що $\sup_{s \geq 0} \|B(s)\| < \infty$.
3. $D(\cdot) : [0, \infty) \rightarrow L(H, L_2(U_0, H))$ — неперервне та обмежене відображення таке, що $\sup_{s \geq 0} \|D(s)\|_{L(H, L_2(U_0, H))} < \infty$.
4. $dW(t)$ є Q -вінерівським процесом [3] у сенсі наступного означення.

Означення 1 (Q -вінерівський процес).

Нехай $Q \in L(U)$ — самоспряжений невід'ємний оператор із скінченним слідом $Tr Q < \infty$. Тоді існує ортонормований базис $\{e_j\}_{j \geq 1} \subset U$ і послідовність власних чисел $\{\lambda_j\}_{j \geq 1}$, $\lambda_j \geq 0$, такі, що $Q e_j = \lambda_j e_j$ а також $\sum_j \lambda_j < \infty$.



Нехай $\{\beta_j(t)\}_{j \geq 1}$ — незалежні одномірні стандартні вінерівські процеси на ймовірнісному просторі $(\Omega, F, \{F_t\}_{t \geq 0}, P)$, адаптовані до фільтрації $\{F_t\}_{t \geq 0}$. Тоді процес

$$W(t) = \sum_{j=1}^{\infty} \sqrt{\lambda_j} \beta_j(t) e_j$$

називається Q -вінерівським процесом.

Зазначимо, що $W(t)$ має неперервні траєкторії в U майже напевно [3].

Означення 2. Якщо для кожного м'якого розв'язку $y(t)$ рівняння (2) існує розв'язок $x(t)$ рівняння (1) такий, що

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E |x(t) - y(t)|^2,$$

то рівняння (2) називається *асимптотично еквівалентним у середньоквадратичному до (1)*.

Означення 3. Якщо для кожного м'якого розв'язку $y(t)$ рівняння (2) існує розв'язок $x(t)$ рівняння (1) такий, що

$$P \left\{ \lim_{t \rightarrow \infty} |x(t) - y(t)| = 0 \right\} = 1,$$

то рівняння (2) є *асимптотично еквівалентним з імовірністю 1* рівнянню (1).

Основним результатом є наступні теореми, що визначають достатні умови асимптотичної еквівалентності в сенсі означень 2 і 3.

Теорема 1. Нехай для спектра оператора A з рівняння (1) справедливе $\sigma(A) = \sigma_0(A) \cup \sigma_-(A)$, де $\sigma_0(A)$, $\sigma_-(A)$ — спектральні множини, причому $\sigma_0(A)$ належить уявній осі, а $\sigma_-(A)$ належить лівій півплощині. Нехай також для спектрального проєктора P_0 , що відповідає $\sigma_0(A)$, виконано умову

$$\sup_{t \in \mathbb{R}} \|e^{P_0 A t}\| < \infty.$$

Якщо при цьому виконуються умови

$$\int_0^{\infty} \|B(t)\| dt < \infty, \quad \int_0^{\infty} \|D(t)\|_{HS}^2 dt < \infty, \quad (3)$$

то рівняння (2) є середньоквадратично асимптотично еквівалентним рівнянню (1).

Теорема 2. Якщо за умов теореми 1 умову (3) посилити до умови

$$\int_0^{\infty} t \|D(t)\|_{HS}^2 dt < \infty,$$

то має місце асимптотична еквівалентність збуреного рівняння (2) до рівняння (1) з імовірністю 1.

Робота виконана за підтримки Національного фонду досліджень України, проєкт 2023.03/0074 «Нескінченновимірні еволюційні рівняння із багатозначною та стохастичною динамікою».



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Штефан Д., Станжицький О., Станжицький А. Про асимптотичну еквівалентність нескінченновимірних стохастичних систем. Нелінійні коливання. 2025. Т. 28, № 2. DOI: 10.3842/nosc.v28i2.1504.
2. Levinson N. The asymptotic behavior of system of linear differential equations. American Journal of Mathematics. 1946. Vol. 68. P. 1–6.
3. Da Prato G., Zabczyk J. Stochastic equations in infinite dimensions. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

СТІЙКІСТЬ В СЕНСІ АСИМПТОТИЧНОГО ПІДСИЛЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТИПУ PDE-ODE

Юсипів Тарас¹, Паньков Андрій², Перестюк Микола³

¹доктор філософії,

*асистент кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь
Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

м. Київ, taras.yusypiv@knu.ua

²доктор філософії,

*науковий співробітник відділу динамічних систем та фрактального аналізу
Інституту математики НАН України*

м. Київ, andriy.pankov@gmail.com

³аспірант кафедри алгебри та диференціальних рівнянь

Ужгородського національного університету

м. Ужгород, mykola.perestiuk@uzhnu.edu.ua

В роботі досліджується якісна поведінка слабких розв'язків дисипативної нескінченновимірної неавтономної збуреної системи, яка складається з параболічної системи типу реакції-дифузії та нелінійної системи звичайних диференціальних рівнянь. Збурення моделюються обмеженими функціями, що входять до правої частини обох систем. Крім того, у роботі встановлюється нелокальна робастна оцінка типу асимптотичного підсилення (asymptotic gain, AG), яка характеризує відхилення траєкторій системи від глобального атратора незбуреної задачі.

Відомо, що глобальне асимптотично стійке положення рівноваги для лінійної системи є робастно стійким у тому сенсі, що для будь-яких обмежених збурень розв'язок зрештою потрапляє в окіл положення рівноваги, і розмір цього околу залежить лише від норми збурень. Для нелінійних систем це, взагалі кажучи, не є вірним [1]. Оцінку для відхилення траєкторій таких систем у випадку їх збурення можна отримати в рамках теорії Input-to-State Stability (ISS) [2]. Основним інструментом для таких оцінок як у скінченновимірному, так і в нескінченновимірному випадку є ISS-функція Ляпунова [2,3]. Однак для багатьох нескінченновимірних дисипативних динамічних систем характерною властивістю є наявність нетривіальної притягуючої множини у фазовому



просторі – глобального атрактора [4]. Перенесення базових конструкцій ISS на параболічні та гіперболічні системи з нетривіальним атрактором було здійснено в роботах [5-13]. При цьому для доведення властивості асимптотичного підсилення продуктивним виявився підхід, пов'язаний з аналізом рівномірних атракторів неавтономних динамічних систем та їх залежністю від збурень.

У роботі такий підхід вперше застосовано до системи типу PDE-ODE, для якої раніше була встановлена робастність в сенсі local ISS [12]. Для доведення властивості AG побудовано відповідну сім'ю напівпроцесів, доведено існування рівномірного атрактора та (на основі факту його збіжності до атрактора незбуреної системи) встановлено відповідну робастну оцінку. Описані результати опубліковані в [13].

В обмеженій області $\Omega \subset \mathbb{R}^d$ розглядається система типу PDE-ODE

$$\begin{cases} u_t = A\Delta u - f(u) + B(x)v(t) + d_1(t, x) \\ u|_{\partial\Omega} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{dv}{dt} = -F(v) + \int_{\Omega} G(x)u(x, t) dx + d_2(t) \quad (2)$$

де A – задана матриця розмірності $N \times N$, для якої вірно $\frac{1}{2}(A + A^*) \geq \nu_1 I$, $u(x, t) = (u^1; \dots; u^N)$, $v(t) = (v^1; \dots; v^M)$ – невідомі функції, $B, G \in L^2(\Omega)$ – задані матриці відповідних розмірностей, $d_1 \in L^\infty(0, +\infty; (L^2(\Omega))^N)$ та $d_2 \in L^\infty(0, +\infty; \mathbb{R}^M)$ – вхідні «збурюючі» сигнали та для будь-яких векторів $y, w \in \mathbb{R}^N$, $u \in \mathbb{R}^M$ виконуються наступні умови:

$$\begin{aligned} f &\in C^1(\mathbb{R}^N; \mathbb{R}^N), F \in C^1(\mathbb{R}^M; \mathbb{R}^M), \\ \sum_{i=1}^N f^i(y)y^i &\geq \nu_2 \cdot \sum_{i=1}^N |y^i|^{p_i} - c_1, \\ \sum_{i=1}^N |f^i(y)|^{\frac{p_i}{p_i-1}} &\leq c_2 (\sum_{i=1}^N |y^i|^{p_i} + 1), \\ (Df(u)w, w)_{\mathbb{R}^N} &\geq -c_3 \cdot |w|_{\mathbb{R}^N}^2, \\ \sum_{i=1}^M F^i(u)u^i &\geq \nu_3 |u|_{\mathbb{R}^M}^2 - c_4, \end{aligned} \quad (3)$$

де $\nu_1, \nu_2, \nu_3, c_1, c_2, c_3, c_4$ – задані константи, $p_i \geq 2, i = \overline{1, N}$.

Використовуємо наступну нотацію:

$$p = (p_1, \dots, p_N), q = (q_1, \dots, q_N), q_i = \frac{p_i}{p_i - 1},$$

$$L^p(\Omega) = L^{p_1}(\Omega) \times \dots \times L^{p_N}(\Omega),$$

$$L^p(0, T; L^p(\Omega)) = L^{p_1}(0, T; L^{p_1}(\Omega)) \times \dots \times L^{p_N}(0, T; L^{p_N}(\Omega)),$$

$$H = (L^2(\Omega))^N, V = (H_0^1(\Omega))^N,$$

$AC([0, T]; \mathbb{R}^M)$ – простір абсолютно неперервних функцій з $[0, T]$ в \mathbb{R}^M .

Користуючись гальоркінськими апроксимаціями [5,6], стандартним чином встановлюється, що за умов (3) задача (1),(2) для довільних збурень $d =$



$\{d_1, d_2\} \in L^\infty(0, +\infty; (L^2(\Omega))^N) \times L^\infty(0, +\infty; \mathbb{R}^M)$ і для довільних початкових даних $z_0 = \{u_0, v_0\}$ з фазового простору $X = (L^2(\Omega))^N \times \mathbb{R}^M$ має єдиний слабкий розв'язок

$$z = \{u, v\} \in (L^2(0, T; V) \cap L^p(0, T; L^p(\Omega))) \times AC([0, T]; \mathbb{R}^M)$$

на $(0, T)$ з $z(0) = z_0$. Продовжуючи кожен такий розв'язок на $[0, +\infty)$, ми визначаємо

$$S_d(t, z_0) := \{z(t), z(\cdot) \in \text{розв'язком (1),(2) зі збуренням } d, z(0) = z_0\}.$$

У статті [12] було доведено, що за відсутності збурень (тобто $d \equiv 0$) напівгрупа S_0 має глобальний атрактор $\Theta \subset X$, тобто існує компактна множина $\Theta \subset X$, яка є інваріантною:

$$S_0(t, \Theta) = \Theta \quad \forall t > 0,$$

та рівномірно притягуючою:

$dist(S_0(t, B), \Theta) \rightarrow 0, t \rightarrow \infty$ для будь-якої обмеженої множини $B \subset X$, де тут і надалі

$$dist(A, B) = \inf_{a \in A} \sup_{b \in B} \|a - b\|_X.$$

За наявності збурень S_d уже не є напівгрупою, і виникає питання, як відхилення траєкторій збуреної системи S_d від множини Θ залежить від величини

$$\|d\|_\infty := \max\{esssup_{t \geq 0} \|d_1(t)\|_H, esssup_{t \geq 0} \|d_2(t)\|_{\mathbb{R}^M}\}.$$

Відхилення точки $z \in X$ від множини $\Theta \subset X$ оцінюється як

$$\|z\|_\Theta := \inf_{\theta \in \Theta} \|z - \theta\|_X.$$

Нехай $d \in L^\infty(\mathbb{R}_+; X)$ з $\|d\|_\infty \leq R_0$. Розглянемо множину

$$\Sigma(d) = cl_{L_{loc}^{2,w}(\mathbb{R}_+; X)} \{d(\cdot + \tau) \mid \tau \geq 0\},$$

де cl означає замикання, а $L_{loc}^{2,w}(\mathbb{R}_+; X)$ – простір локально інтегровних X -значних функцій, наділений топологією локальної слабкої збіжності. Відомо, що $\Sigma(d)$ є інваріантною відносно зсувів і компактною в $L_{loc}^{2,w}(\mathbb{R}_+; X)$. Крім того,

$$\forall \sigma \in \Sigma(d) \|\sigma\|_+^2 := \sup_{t \geq 0} \int_t^{t+1} \|\sigma(s)\|_X^2 ds \leq \|d\|_\infty^2.$$

Як і у випадку обмежених збурень, використовуючи гальоркінські апроксимації [5,6], стандартним чином встановлюється, що за умов (3) задача (1),(2) для довільних збурень виду $\sigma = \{\sigma_1, \sigma_2\} \in L_{loc}^2(0, +\infty; X)$ і для довільних $\tau \geq 0$ та $z_\tau \in X$ має єдиний слабкий розв'язок на $[\tau, +\infty)$, який задовольняє умову $z(\tau) = z_\tau$. Крім того, сім'я відображень

$$S_\sigma(t, \tau, z_\tau) := \{z(t) - \text{розв'язок (1),(2) на } (\tau, +\infty), \sigma \in \Sigma(d), z(\tau) = z_\tau\}$$

утворює сім'ю напівпроцесів, що породжують рівномірний атрактор

$$\Theta_{\Sigma(d)} \subset S_{\Sigma(d)}(t, 0, \Theta_{\Sigma(d)}) \quad \forall t \geq 0.$$

Головним результатом роботи є наступна теорема:



Атрактор Θ незбуреної системи (1),(2) ($d \equiv 0$) є стійким у сенсі АГ, тобто $\exists \gamma \in \mathcal{K} \forall z_0 \in X, \forall \|d\|_\infty \leq R_0$:

$$\overline{\lim}_{t \rightarrow \infty} \|S_d(t, z_0)\|_\Theta \leq \gamma(\|d\|_\infty),$$

де $S_d(t, z_0) = S_d(t, 0, z_0)$, \mathcal{K} – клас неперервних строго зростаючих функцій $\gamma: [0, +\infty) \mapsto [0, +\infty)$ з $\gamma(0) = 0$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Khalil H.K. (1992) Nonlinear systems. New York: Macmillan Publishing Company.
2. Sontag E.D. (1998) Mathematical control theory: deterministic finite-dimensional systems. Springer.
3. Dashkovskiy S., Mironchenko A. (2013) Input-to-state stability of infinite-dimensional control systems. Mathematics of Control, Signals and Systems, 25, pp. 1–35.
4. Temam R. (1988) Infinite-dimensional dynamical systems in mechanics and physics. Berlin: Springer.
5. Dashkovskiy S., Kapustyan O., Schmid J. (2020) A local input-to-state stability result w.r.t. attractors of nonlinear reaction-diffusion equations. Mathematics of Control, Signals and Systems, 32, pp. 309–326.
6. Kapustyan O., Dashkovskiy S., Schmid J. (2022) Asymptotic gain results for global attractors of semilinear systems. Mathematical Control and Related Fields, 12(3), pp. 763-788.
7. Kapustyan O., Dashkovskiy S. (2022) Robustness of global attractors: abstract framework and application to dissipative wave equation. Evolution Equations and Control Theory, 11(5), pp. 1565-1577.
8. Kapustyan O.V., Kurylko O.B., Yusyypiv T.V. (2021) Robust stability of the global attractor of the reaction-diffusion system. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Physics and Mathematics, 3, pp. 46-50. DOI: <https://doi.org/10.17721/1812-5409.2021/3.6>.
9. Kapustyan O.V., Sobchuk V.V., Yusyypiv T.V., Pankov A.V. (2022) Robust stability of global attractors for evolutionary systems without uniqueness. Journal of optimization, differential equations and their applications (JODEA), 30(3), pp. 49–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/142208>.
10. Kapustyan O.V., Kurylko O.B., Yusyypiv T.V., Pankov A.V. (2023) Stability w.r.t. disturbances for the global attractor of multi-valued semiflow generated by nonlinear wave equation. Journal of optimization, differential equations and their applications (JODEA), 31(1), pp. 111-124. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/142306>.
11. Kapustyan O.V., Yusyypiv T.V. (2023) Robust stability of the attractor of a nonlinear wave equation without uniqueness of the solution. Journal of Mathematical Sciences, 274(6), pp. 850-860. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10958-023-06648-y>.
12. Kapustyan, T.V. Yusyypiv (2023) Stability under perturbations for the attractor of a dissipative PDF-ODF-Type System. Journal of Mathematical Sciences, 272(2), pp. 236–243. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10958-023-06413-1>.
13. Kapustyan O., Yusyypiv T., Perestyuk Yu., Khaletska Z. (2025) Uniform attractors and asymptotic gain property for the PDE-ODE system. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Physics and Mathematics, 2(81), pp. 105-112. DOI: <https://doi.org/10.17721/1812-5409.2025/2.15>.



Секція 2. АЛГЕБРА, ГЕОМЕТРІЯ ТА ТЕОРІЯ ФУНКЦІЙ

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ В ЗАДАЧАХ ЕЛЕКТРОПРУЖНОСТІ ДЛЯ НАПІВНЕСКІНЧЕНИХ ПЛАСТИНОК З ОТВОРАМИ ТА ТРІЩИНАМИ

Глущенко Юлія

к. фіз.-мат. н, доцент

кафедра вищої математики математичного моделювання та фізики

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

м. Київ, y.glushchenko@duikt.edu.ua

Використання п'єзоелектричних елементів у технічних пристроях пов'язане з можливістю їх руйнування через наявність концентраторів напруги, які вони мають внаслідок конструкційного рішення або експлуатації. Особливо висока концентрація напруги спостерігається, коли отвори чи тріщини розташовуються поблизу одного з зовнішніх країв тіла, який найчастіше можна розглядати прямолінійними, тобто коли має місце задача для півпростору з отворами та тріщинами. У зв'язку з цим розв'язання задач про дослідження електропружного стану багатозв'язних пластинок з отворами та тріщинами є актуальним завданням механіки деформівного твердого тіла.

При побудові розв'язку великого класу задач електропружності для півплощини з кінцевим числом довільно розташованих внутрішніх отворів і тріщин широко використовуються методи комплексного аналізу. Пластинки вважаються такими, що знаходяться під дією віддаленого однорідного електричного поля, перпендикулярного до прямолінійної границі, яка покрита тонким електродом і вільна від механічного навантаження, а концентратори електропружного стану (отвори та тріщини) вільні від електромеханічного навантаження. Розв'язання задач будується із використанням методу узагальнених комплексних потенціалів електропружності. Застосовуючи методи інтегралів типу Коші, конформних відображень та розкладів у ряди Лорана, будуються загальні представлення комплексних потенціалів для



багатозв'язних областей. Треба зазначити, що ці представлення точно задовольняють граничні умови на прямолінійній границі, а на контурах отворів та тріщин - наближено, з використанням методу найменших квадратів. [1-4].

Такий підхід застосування методів комплексного аналізу до задач електропружності дає можливість дослідити низку нових закономірностей зміни характеристик електропружного стану залежно від типу, кількості та розташування концентраторів напруги, а також фізико-механічних властивостей матеріалу пластинок [1-4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Khoroshev K.G. Electroelastic State of an Infinite Multiply Connected Piezoelectric Plate with Known Electric Potentials Applied to its Boundaries // Int. Appl. Mech. – 2010. – 46, N 6. – P. 687 – 695.
2. Khoroshev K.G., Glushchenko Y.A. The two-dimensional electroelasticity problems for multiconnected bodies situated under electric potential difference action // Int. J. of Solids and Struct. – 2012. – 49, N18. – P. 2703 – 2711.
3. Khoroshev K.G., Glushchenko Yu.A. Plane electroelastic problem for a cracked piezoelectric half-space subject to remote electric field action // European J. of Mechanics – A/Solid. – 2020. – 82.
<https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2020.103984>
4. Khoroshev K.G., Glushchenko Yu.A. Electroelastic State of a Piezoelectric Half-Space with Holes and Cracks Under an Electric Field. International Applied Mechanics. – 2021. – V.57, №4. – P.477–489.
<https://doi.org/10.1007/s10778-021-01099-x>

КРИТЕРІЙ РІВНОСТІ ОДИНИЦІ СУПРЕМУМА МОДУЛЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНОЇ ФУНКЦІЇ ОДНОГО КЛАСУ НЕСКІНЧЕННИХ ЗГОРТОК БЕРНУЛЛІ

Макарчук Олег

к. фіз.-мат. н., доцент,

доцент кафедри математики, фізики та методик викладання

*Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький, makolpet@gmail.com*

Нехай $\eta \in (1; +\infty)$, m – натуральне число, більше за 1, (ψ_k) – послідовність незалежних дискретно розподілених випадкових величин, які набувають значень $0, 1, \dots, m-1$ з ймовірностями $p_{0k}, p_{1k}, \dots, p_{(m-1)k}$ відповідно.

Розглянемо випадкову величину

$$\psi = \sum_{k=1}^{\infty} \psi_k \eta^{-k}.$$



Ймовірнісна міра, що відповідає розподілу ψ , називається узагальненням нескінченної симетричної згортки Бернуллі.

Позначимо

$$L_\psi = \limsup_{|t| \rightarrow +\infty} \left| \int_{-\infty}^{+\infty} e^{itx} d(F_\psi(x)) \right|.$$

В роботі [1] були знайдені необхідні та достатні умови того, що $L_\psi = 0$ для випадку $\eta = m \in N$.

Для натурального η в статті [2] була проаналізована структура L_ψ та були знайдені необхідні і достатні умови того, що $L_\psi = 0$ для доволі широких асимптотичних обмежень для p_{jn} .

Алгебраїчне число $\lambda > 1$ називається числом Пізо-Віджаярагхавана, якщо його мінімальний многочлен

$f(x; \lambda) = x^r + a_{r-1}x^{r-1} + \dots + a_1x + a_0$ ($a_k \in Z \forall k \in \{0; \dots; r-1\}$) має нулі $\lambda, \lambda_1, \dots, \lambda_{r-1}$, причому $|\lambda_j| < 1$ для кожного $j \in \{1; \dots; r-1\}$.

Теорема 1. Нехай η – число Пізо-Віджаярагхавана. Умова $L_\psi = 1$ виконується тоді і тільки тоді, коли

$$\limsup_{n \rightarrow +\infty} \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{W_{n+k}}{\eta^{2k}} = \frac{1}{\eta^2 - 1} \quad (1)$$

де $W_n = p_{0n}^2 + p_{1n}^2 + \dots + p_{(m-1)n}^2$ для кожного натурального n .

Для заданого $n \in N$ та $\varepsilon > 0$ розглянемо число

$$T(n; \varepsilon) = \inf \left\{ t \mid t \geq 1, \sum_{k=1}^n \sin^2 \left(\frac{t}{\eta^k} \right) \leq \varepsilon \right\}.$$

Теорема 2. Якщо виконуються умови

$$\limsup_{n \rightarrow +\infty} \frac{T(n; \varepsilon)}{\eta^n} = C_\varepsilon < +\infty \forall \varepsilon > 0,$$

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} C_\varepsilon^2 \varepsilon = 0,$$

то для довільної послідовності стохастичних векторів $(p_{0n}; \dots; p_{(m-1)n})$, що задовольняють умову (1), виконується рівність

$$L_\psi = 1.$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Makarchuk O. P. Asymptotic behavior of the Fourier-Stieltjes transform of the distribution of one random power series. *Nonlinear Oscillations*. 2025. Vol. 287. P. 468-478. <https://doi.org/DOI: 10.1007/s10958-025-07615-5>.

2. Макачук О. П. Асимптотична поведінка характеристичної функції одного розподілу типу Джессена-Вінтнера. *Буковинський математичний журнал*. 2023. Т. 11, № 2. С. 173-182. <https://doi.org/10.31861/bmj2023.02.17>.



МНОЖИНИ НЕПОВНИХ СУМ ЗБІЖНИХ ДОДАТНИХ РЯДІВ І ФРАКТАЛЬНІ МАТЕМАТИЧНІ ОБ'ЄКТИ, З НИМИ ПОВ'ЯЗАНІ

Працьовитий Микола

док. фіз-мат. н., професор,

Український державний університет імені Михайла Драгоманова,

Інститут математики НАН України

м. Київ, prats4444@gmail.com

Неповною сумою (підсумою) заданого абсолютно збіжного числового ряду $S = a_1 + a_2 + \dots + a_n + \dots$, визначеною множиною M , називається вираз

$$x(M) = \sum_{n \in M \subset N} a_n = \sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon_n a_n, \quad \text{де } \varepsilon_n = \begin{cases} 1, & \text{якщо } n \in M, \\ 0, & \text{якщо } n \notin M \end{cases}$$

і його значення $x(M)$.

Зрозуміло, всі частинні суми $S_k = a_1 + a_2 + \dots + a_k$ і залишки ряду $r_k = a_{k+1} + a_{k+2} + \dots + a_{k+n} + \dots$ є його неповними сумами, але далеко не лише вони. Неповними сумами ряду є $\sum_{k=1}^{\infty} a_{2k-1}$ і $\sum_{k=1}^{\infty} a_{2k}$ і т.д.

Нехай $A = \{0,1\}$ – двосимвольний алфавіт, $L = A \times A \times A \times \dots$ – простір послідовностей елементів алфавіту (простір послідовностей нулів та одиниць).

Множиною всіх неповних сум (підсум) даного ряду називається множина

$$E(a_n) = \{x: x = \varepsilon_1 a_1 + \varepsilon_2 a_2 + \dots + \varepsilon_n a_n + \dots \equiv \Delta_{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n \dots}, (\varepsilon_n) \in L\},$$

де послідовність (ε_n) пробігає весь простір L . Останній символічний запис $\Delta_{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n \dots}$ точки МНС ряду називається її Δ -зображенням. При цьому ε_n називається n цифрою цього зображення. Круглі дужки у зображенні числа символізують період.

Очевидно, що $E(a_n) \subset [0; S]$. Легко довести, що МНС ряду є континуальною, досконалою множиною, симетричною відносно точки $\frac{S}{2}$ [2]. Множини підсум абсолютно збіжних рядів є актуальним об'єктом сучасних досліджень, початок яким більше ста років тому поклала робота С. Какея [2].

Теорема 1 (Какея, 1914). Якщо $\sum a_n$ – абсолютно збіжний ряд, такий, що $|a_n| \geq |a_{n+1}|$, $n \in N$, то його множина $E(a_n)$ неповних сум (підсум) є:

1) відрізком, якщо для всіх $n \in N$ виконується нерівність

$$|a_n| \leq |a_{n+1}| + |a_{n+2}| + |a_{n+3}| + \dots \quad (1)$$

2) об'єднанням відрізків тоді і лише тоді, коли нерівність (1) виконується для всіх n , більших деякого n_0 ;

3) ніде не щільною, коли для $\forall n$ виконується нерівність протилежного знаку.

Структуру і тополого-метричні властивості множини неповних сум ряду частково розкривають властивості хвостових та циліндричних множин (циліндрів, циліндричних відрізків та інтервалів).



Циліндричним відрізком рангу m з основою $c_1 c_2 \dots c_m$ називається відрізок $[\Delta_{c_1 c_2 \dots c_m(0)}; \Delta_{c_1 c_2 \dots c_m(1)}]$. Циліндричні відрізки мають наступні властивості.

1. $\Delta_{c_1 c_2 \dots c_m} \supset \Delta_{c_1 c_2 \dots c_m 0} \cup \Delta_{c_1 c_2 \dots c_m 1}$;
2. $|\Delta_{c_1 c_2 \dots c_m}| = r_m \rightarrow 0 \quad (m \rightarrow \infty)$;
3. Для будь-якої послідовності $(c_n) \in L: \bigcap_{n=1}^{\infty} \Delta_{c_1 \dots c_n} = \Delta_{c_1 \dots c_n \dots}$

Отже, точка МНС ряду фактично є циліндричним відрізком нескінченного рангу.

$$4. \Delta_{c_1 \dots c_m 0} \cap \Delta_{c_1 \dots c_m 1} = \begin{cases} \emptyset, & \text{якщо } a_n > r_n; \\ \Delta_{c_1 \dots c_m 0(1)} = \Delta_{c_1 \dots c_m 1(0)}, & \text{якщо } a_n = r_n; \\ [\Delta_{c_1 \dots c_m 1(0)}; \Delta_{c_1 \dots c_m 0(1)}], & \text{якщо } a_n < r_n. \end{cases}$$

Множина підсум $E(a_n)$ ряду подається у вигляді

$$E(a_n) = \bigcap_{m=1}^{\infty} \left[\bigcup_{c_1=0}^1 \dots \bigcup_{c_m=0}^1 \Delta_{c_1 \dots c_m} \right].$$

Наслідком цієї рівності є досконалість множини неповних сум ряду.

Відомо [6], що існує лише три топологічні типи множин МНС абсолютно збіжних рядів. Далі розглядаємо лише додатні ряди.

Теорема 2. Множина неповних сум $E(a_n)$ збіжного додатного ряду з монотонною послідовністю членів належить одному з наступних трьох типів:

- 1) є відрізком або скінченним об'єднанням відрізків;
- 2) множиною, гомеоморфною класичній множині Кантора

$$C = \left\{ x: x = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\alpha_k}{3^k}, \alpha_k \in \{0,2\} k \in N \right\};$$

- 3) канторвалом – множиною, гомеоморфною множині $C \cup \bigcup_{n=1}^{\infty} G_{2n}$,

$$G_n = \bigcup_{\alpha_1 \in \{0,1\}} \dots \bigcup_{\alpha_{n-1} \in \{0,1\}} \left\{ x: \frac{1}{3^n} + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{2\alpha_k}{3^k} < x < \frac{2}{3^n} + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{2\alpha_k}{3^k} \right\}.$$

Одним з найпростіших прикладів ряду, множиною підсум якого є канторвал, є ряд Гатрі-Німана: $\frac{3}{4} + \frac{2}{4} + \frac{3}{4^2} + \frac{2}{4^2} + \dots + \frac{3}{4^n} + \frac{2}{4^n} + \dots$, який у теорії канторвалів є еталонним прикладом. Зауважимо, що даний ряд є арифметичною сумою двох рядів, множини неповних сум яких є множинами канторівського типу, тобто досконалими ніде не щільними множинами нульової міри Лебега.

Загальних фактів, що стосуються тополого-метричних властивостей МНС рядів відомо мало. Незважаючи на те, що сьогодні ведуться їх дослідження багатьма математиками, розглядаються їх різнопланові використання. В основному це дослідження МНС мультигеометричних рядів, але не лише [1].

Існує кілька проблем, які безпосередньо стосуються властивостей МНС рядів: 1) невідомі критерії ніде не щільності та канторвальності МНС ряду;



2) досі невідомі необхідні і достатні умови нульмірності МНС ряду; 3) проблема розмірності Гаусдорфа-Безиковича межі канторвала тощо.

Необхідні і достатні умови належності МНС абсолютно збіжного ряду до першого типу встановлені в ще в першій роботі Какея.

Множина називається *аномально фрактальною*, якщо вона є континуальною, має нульову топологічну розмірність і нульову фрактальну розмірність Гаусдорфа-Безиковича. Масивний клас рядів має МНС аномально фрактальні множини. Це ряди Енгеля, Остроградського-Серпінського-Пірс, Сільвестера, знакомінні ряди Остроградського 2-го виду тощо.

Теорема 3. Для того щоб досконала множина числової прямої була аномально фрактальною, необхідно і достатньо, щоб для довільних $\alpha > 0$ і $\varepsilon > 0$ існував розклад $B = B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_n$ такий, що $d^\alpha(B_1) + d^\alpha(B_2) + \dots + d^\alpha(B_n) < \varepsilon$, $d(B_i)$ – діаметр множини B_i .

Геометрія числових рядів – це галузь математики, яка займається вивченням топологічних, метричних і фрактальних властивостей МНС рядів та інших фігур числової прямої, які пов'язані з числовими рядами.

У геометрії числових рядів важливою операцією є арифметична сума числових множин: $A \oplus B = \{c: c = a + b, a \in A, b \in B\}$. Існує ряд нерозв'язаних задач, пов'язаних з цією операцією та множинами підсум рядів, зокрема задача про канторвальність арифметичної суми двох досконалих ніде не щільних множин. Нагадаємо, що арифметичною сумою двох класичних множин Кантора є відрізок $[0; 2]$, що здається несподіваним, оскільки множина Кантора є ніде не щільною і має нульову міру Лебега.

Арифметичною сумою двох рядів $\sum a_n$ і $\sum b_n$ називається ряд $a_1 + b_1 + a_2 + b_2 + \dots + a_n + b_n + \dots$. Його МНС є арифметичною сумою МНС рядів-доданків.

Нескінченні згортки Бернуллі та їх узагальнення. *Нескінченною згортокою Бернуллі, керованою збіжним рядом $a_1 + a_2 + \dots + a_n + \dots$, ми називаємо розподіл випадкової величини $\eta = a_1\eta_1 + a_2\eta_2 + \dots + a_n\eta_n + \dots$, де (η_n) – послідовність незалежних випадкових величин, які набувають значень 0 та 1 з ймовірностями p_{0n} і $p_{1n} = 1 - p_{0n}$ відповідно. Згідно з теоремою Джессена-Вінгнера розподіл η є або чисто дискретним (атомарним), або чисто неперервним (одноточковим множинам приписує нульову ймовірність). В останньому випадку він є або *чисто абсолютно неперервним* (ймовірність події, яка полягає в тому, що η набула значення з множини нульової міри Лебега, дорівнює нулю), або *чисто сингулярним* (існує множина нульової міри Лебега, ймовірність належності η якій рівна 1). Загальні необхідні і достатні умови сингулярності (як і абсолютної неперервності) нескінченної згортки Бернуллі досі невідомі. Цю проблему називають проблемою поглиблення теореми Джессена-Вінгнера для нескінченних згорток Бернуллі. Її іноді вдається вичерпно вирішити в окремих класах випадкових величин, тобто для деяких*



класів рядів. Загальним критерієм дискретності нескінченної згортки Бернуллі, керованої рядом є наступна теорема.

Теорема 4. Нескінченна згортка Бернуллі η , керована рядом $\sum a_n$, є дискретною тоді і тільки тоді, коли

$$M \equiv \prod_{k=1}^{\infty} \max\{p_{0k}, p_{1k}\} > 0.$$

У випадку дискретності η її точковим спектром (множиною атомів) D_η є хвостова множина, представником якої є число x_0 : $p_{\alpha_k(x_0)k} = \max\{p_{0k}, p_{1k}\}$.

Множина D_η є щільною у МНС ряду $\sum a_n$.

Функції з фрактальними властивостями. Функція, означена рівністю

$$\varphi(\Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n \dots}^2) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n a_n, \quad \Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n \dots}^2 = \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{2^2} + \dots + \frac{\alpha_n}{2^n} + \dots,$$

у випадку, коли МНС ряду $\sum a_n$ є канторвалом, відрізком або об'єднанням відрізків, має, взагалі кажучи, непросту структуру і властивості, фрактальні множини рівнів і автомодельність графіка. Наприклад, коли $\frac{1}{2} < a_n = q < 1$, то функція φ у точках зліченої всюди щільної множини є розривною, а в решті точок відрізка неперервною. Вона має необмежену варіацію, самоафінний графік, фрактальні та аномально фрактальні множини рівнів.

Якщо X – випадкова величина з заданим розподілом на $[0;1]$, наприклад, рівномірним або експоненційним, то випадкова величина $Y = \varphi(X)$, зосереджений на МНС ряду.

Якщо g – функція канторівського типу, X має рівномірний розподіл на $[0;1]$, то випадкова величина $Z = \varphi(g(X))$ має чисто атомарний розподіл на МНС ряду. У випадку канторвальності ряду атоми міститимуться і на його межі і на внутрішності.

Узагальнення множини неповних сум ряду. Нехай $A_s = \{0, 1, \dots, s-1\}$, $L_s = A_s \times A_s \times \dots$. Узагальненням МНС ряду є множина значень функції $\gamma: L_s \rightarrow R$, означеної рівністю

$$\gamma((\alpha_n)) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n a_n, \quad (\alpha_n) \in L_s.$$

У цьому випадку множина теж належатиме тим же трьом топологічним типам.

Множиною значень комплекснозначної фрактальної функції

$$q(t = \Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n \dots}^s) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \varepsilon_{\alpha_n(t)},$$

де $\varepsilon_0, \varepsilon_1, \dots, \varepsilon_{s-1}$ – корені степеня s з одиниці, дійсного аргумента t є плоский фрактал, детермінований рядом $\sum a_n$. Множиною значень цієї функції при



спеціальному виборі геометричного ряду є фрактальні криві павутинного, віялового та вінцевого типів.

Нехай $2 \leq s \in N$, $s \leq r \in N$. Розглянемо ряд

$$\underbrace{\frac{1}{s} + \dots + \frac{1}{s}}_r + \underbrace{\frac{1}{s^2} + \dots + \frac{1}{s^2}}_r + \dots + \underbrace{\frac{1}{s^n} + \dots + \frac{1}{s^n}}_r + \dots$$

Його множиною неповних сум є відрізок $\left[0; \frac{r}{s-1}\right]$, кожна точка якого має зображення $x = \frac{c_1}{s} + \frac{c_2}{s^2} + \dots + \frac{c_n}{s^n} + \dots = \Delta_{c_1 c_2 \dots c_n \dots}$, де $c_n \in \{0, 1, \dots, r\} \equiv A_r$.

Теорема 5. Якщо $4 \leq s < r < 2s - 2$, то множина

$$C[r_s; V] = \left\{ x : x = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{c_k}{s^k}, c_k \in V = A_r \setminus \{1, r-1\} \quad k \in N \right\}$$

є канторвалом, внутрішність якого має міру Лебега $\frac{r-4}{s-3}$ і містить найбільший інтервал $\left(\frac{2}{s-1}; \frac{r-2}{s-1}\right)$, а його межа має нульову міру Лебега і додатну розмірність Гаусдорфа-Безиковича $\log_3 s$.

Зауважимо, що функція, означена рівністю має потужні фрактальні рівні, окремі множини нульової міри Лебега переводить у множини додатної міри, що її принципово відрізняє від абсолютно неперервних функцій і в певному розумінні наближає до сингулярних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Виннишин Я. Ф., Маркітан В.П., Працьовитий М.В., Савченко І.О. Додатні ряди, множини підсум яких є канторвалами. // Proceedings of the International Geometry Center. – 2019. – Vol.12, no. 2. P. 26–42.
2. Kakey S. On the set of partial sums of an infinite series. Tohoku Sci. Rep., (4): 159–163, 1914.
3. Pratsiovytyi, M. V., & Ratushniak, S. P. (2025). Singular distributions of random variables with independent digits of representation in numeral system with natural base and redundant alphabet. *Matematychni Studii*, 63(2), 199-209. <https://doi.org/10.30970/ms.63.2.199-209>.
4. Pratsiovytyi M., Karvatskyi D., Makarchuk O. Infinite Bernoulli convolutions generated by multigeometric series and their properties. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2603.11310>
5. Pratsiovytyi M., Karvatskyi D. Cantorvals as sets of subsums for a series related with trigonometric functions // Proceedings of the International Geometry Center. – 2023. – 15, № 3–4. – P. 262–271.
6. Guthrie J., Nymann J. The topological structure of the set of subsums of an infinite series // Colloq. Math. – 1988. – 55, № 2. – P. 323-327.



Секція 3.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІТИКА В МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

COGNITIVE MODELING OF BIOGAS TECHNOLOGY APPLICATION IN FARMING UNDER CONDITION OF POWER SUPPLY INSTABILITY

Kantsedal Heorhii, Kuievda Iuliia, Milyavsky Yuriy

Department of the mathematical methods of system analysis, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, yuriy.milyavsky@gmail.com

The conditions of martial law create new systemic challenges for the functioning of Ukraine’s economy, particularly in ensuring the stability of technological and energy processes in core agro-industrial sectors. One of the key problems under current conditions is the instability of electricity supply, which significantly complicates production, cooling, and processing operations. Irregular or emergency power outages lead to increased production costs, reduced efficiency of technological processes, and higher product cost. In this regard, there arises a need to implement technologies capable of ensuring partial or full energy autonomy of agricultural enterprises.

According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) survey [1], the frequency of power outages is strongly associated with the intensity of hostilities and the extent of damage to energy infrastructure. At the national level, 62% of surveyed agricultural enterprises reported experiencing multiple electricity interruptions per day, while this share increases to 70% in both frontline and central regions, indicating heightened exposure to energy instability. Such recurrent disruptions significantly constrain agricultural operations, leading to reduced operational efficiency, increased production costs, and heightened risks to the sustainability of farmers’ livelihoods.

A promising solution is the use of biogas technologies, which enable the conversion of organic waste from livestock and crop production into renewable energy. For the effective implementation of such systems, it is necessary to apply methods of system modeling and control theory, which make it possible to formalize



complex cause-and-effect relationships between technological parameters, energy flows, and external operating conditions. In this context, cognitive maps (CM) serve as a powerful modeling tool [2; 3], as they provide a structured representation of system dynamics, facilitate the identification of critical relationships, and support the optimization of control strategies for biogas plants. This study examines the application of cognitive modeling methods for analyzing the thermal balance of an agricultural enterprise using biogas technologies.

Biogas production as a technology of anaerobic methane fermentation is based on the activity of microorganisms for which temperature is a critical factor of viability and productivity. Anaerobic digestion units on farms operate under optimal temperature regimes that ensure maximum activity of methanogenic archaea and a stable biogas yield. During the winter period, when the demand for energy is at its highest, a fundamental problem arises: the activity of methanogenic bacteria decreases significantly at temperatures below the optimum, leading to a decline in biogas production. Studies show that when the temperature decreases from 35 to 25°C, the productivity of biogas plants can drop by 25–30%, and at 20°C it decreases by nearly 70% compared to conditions with optimal heating.

The methanogenic phase of the process is the most sensitive to temperature fluctuations, which directly affects the amount of available energy resource. In winter, the energy demand of a farm increases due to heating animal housing, maintaining the optimal process temperature in reactors, preheating the substrate before feeding it into the bioreactor, and powering heat exchange systems. These needs can be partially met by the farm's own biogas production; however, without proper temperature management, the output of net usable energy is significantly reduced, necessitating additional sources of thermal energy to sustain the anaerobic digestion process.

The efficiency of biogas plants under cold conditions depends not only on the amount of available substrate but also on the system's ability to maintain a stable temperature inside the reactor. This requires well-designed thermal insulation, heating systems, and the utilization of waste heat. Theoretically, biogas can cover 100–150% of the basic energy needs of a farm under optimal fermentation temperature conditions and efficient use of the generated energy. However, the actual biogas output in winter decreases due to reactor cooling, which reduces the activity of methanogenic bacteria and plant productivity by 40–60% at temperatures around 20°C. In such cases, the real coverage of the farm's energy needs may amount to only 40–70%, highlighting the necessity for additional thermal management measures, reactor insulation, and the use of waste heat to maintain stable operation of the biogas plant during the winter period.

Thus, biogas can significantly reduce a farm's dependence on centralized electricity supply and provide partial autonomy in the production of thermal and electrical energy; however, full coverage of energy needs requires comprehensive temperature management and optimization of energy use [4; 5].



To analyze the stated problem, this report proposes the development of a cognitive map as a fundamental tool for modeling a complex system (Fig. 1). Table 1 provides explanations of the relationships between the nodes (edge weights) used in the CM.

Table 1

Relationships between the nodes of the cognitive map

Relationship	Weight	Explanation
external temperature → thermal energy demand	-0.7	The warmer the external temperature, the less thermal energy is required to maintain the processes.
external temperature → bioreactor temperature	+0.4	Higher ambient temperature partially increases the bioreactor temperature.
bioreactor temperature → biogas production	+0.8	Optimal temperature enhances microbial activity and gas production.
heat production → bioreactor temperature	+0.8	Heating directly raises the temperature of the reactor environment.
heat production → thermal energy storage	+0.8	Excess heat can be stored in the thermal storage system.
heat production → thermal energy demand	-0.6	The more heat is produced, the lower the need for additional heating.
biogas production → maintenance of stable system pressure	+0.6	Higher gas production helps maintain stable system pressure.
maintenance of stable system pressure → biogas storage	+0.7	Stable pressure ensures effective gas storage.
maintenance of stable system pressure → heat production	+0.6	Stable gas supply ensures consistent operation of the heat generator.
maintenance of stable system pressure → electricity generation	+0.6	Stable pressure improves the performance of gas-fired electricity generators.
biogas storage → maintenance of stable system pressure	+0.5	Availability of gas reserves helps stabilize pressure.
thermal energy storage → thermal energy demand	-0.7	If heat is stored, the need for additional heat decreases.
conventional thermal energy sources → thermal energy demand	-0.8	Use of external sources covers the thermal energy demand.
electricity generation → thermal energy demand	-0.3	Electricity can partially substitute for thermal energy (electric heating).



electricity generation → electricity demand	-0.8	On-site electricity generation reduces the need for external supply.
electricity generation → electricity storage	+0.8	Excess electricity can be stored in the energy storage system.
external electricity supply → electricity demand	-0.8	Connection to the grid reduces electricity deficit.
electricity storage → electricity demand	-0.7	Use of stored electricity decreases the need for new generation.

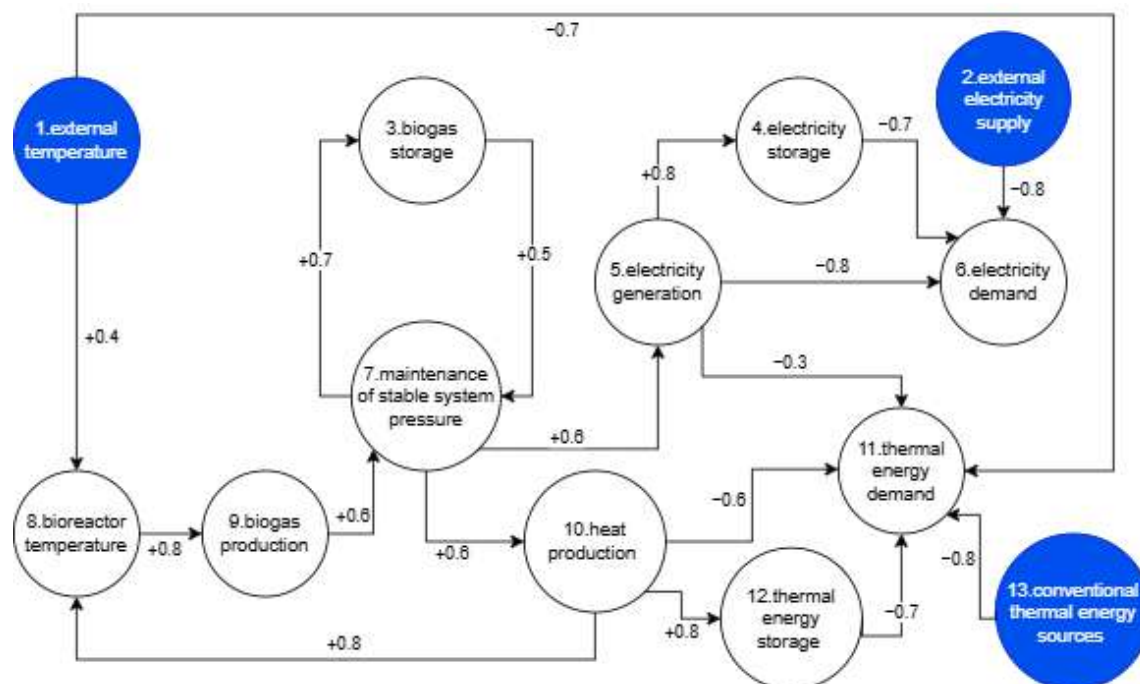


Fig. 1. Cognitive map

The study performs scenario-based modeling of the system and proposes a control approach based on the methodology presented in [6].

REFERENCES

1. Ukraine: Impact of the war on agricultural enterprises. 2025, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd6216en>
2. Napoles, G, Jastrzebska, A, Grau, I, Salgueiro, Y & Leon, M. A Review on Fuzzy Cognitive Mapping : Recent Advances and Algorithms, *Big Data and Cognitive Computing*, 2026, vol. 10, no. 1, 22.
3. Roberts F. Discrete Mathematical Models with Applications to Social, Biological, and Environmental Problems. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1976. 559 p.
4. Weiland P. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2009, vol. 85, no. 5, pp. 849-860.
5. Appels L., Baeyens J., Degrève J., Dewil R. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science*, 2008, vol. 34, no 6, pp. 755-781.
6. V. Romanenko, V. Gubarev, Yu. Milyavsky. Stages and main problems of the century-long control theory and system identification development. Part 5. Principles and problems in control and identification of complex systems of various nature based on cognitive maps impulse processes models. *International Scientific and Technical Journal "Problems of Control and Informatics"*. 2024, vol. 3, pp. 5-32.



НЕСТІЙКІСТЬ БЕНДЖАМІНА-ФЕЙЄРА В ДВОШАРОВИХ ГІДРОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМАХ

Авраменко Ольга¹, Нарадовий Володимир²

¹д.фіз.-мат.наук, професор,

професор кафедри математики

Національного університету «Києво-Могилянська академія»,

м. Київ, o.avramenko@ukma.edu.ua

²к.тех.наук, доцент,

доцент кафедри інформаційних та цифрових технологій

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка,

м. Кропивницький, v.v.naradovyi@cuspu.edu.ua

Вступ. Дослідження поширення хвильових пакетів на межі розділу двошарової рідини має фундаментальне значення для розуміння нелінійної хвильової динаміки. Базовим механізмом еволюції таких хвиль є модуляційна нестійкість, вперше описана Бенджаміном і Фейром [1] та математично сформульована в рамках нелінійного рівняння Шредінгера (НРШ) Захаровим [2]. Класичні виведення НРШ для двошарових конфігурацій були здійснені Найфе [3], а детальний аналіз впливу капілярно-гравітаційних ефектів на межі розділу шарів проведено в роботах Христодулідеса та Діаса [4].

Фундаментальну роль поверхневого натягу (зокрема через число Бонда) у формуванні довгохвильових моделей було глибоко вивчено Дулліном, Готтвальдом та Хольмом [5]. У сучасних дослідженнях Лі та співавторів [6] багатомасштабний підхід було розширено на випадок довільних глибин шарів рідини, що дозволило виявити суттєві зміни порогів модуляційної нестійкості під впливом поверхневого натягу. Пал і Дхар [7], у свою чергу, побудували карти стійкості для океанографічних параметрів, підкресливши високу чутливість меж нестійкості до параметрів капілярності. Крім того, недавні роботи Суна і Валена [8] надали строгий спектральний аналіз гравітаційно-капілярних хвиль, підтвердивши наявність областей спектральної стійкості завдяки капілярним ефектам.

Незважаючи на значну кількість теоретичних робіт, комплексний топологічний опис діаграм модуляційної стійкості для двошарової системи зі скінченними товщинами шарів та з урахуванням зміни поверхневого натягу залишається недостатньо вивченим. Метою нашого дослідження є систематизація впливу геометричних параметрів (товщини шарів) та поверхневого натягу на топологію областей модуляційної стійкості, а також визначення умов переходу між гравітаційно-капілярними та суто капілярними режимами хвильової динаміки.

Постановка задачі. У роботі розглядається поширення хвильових пакетів на межі розділу $z = \eta(x, t)$ двох ідеальних нестисливих рідин. Фізична система має конфігурацію типу «шар із твердим дном - шар із жорсткою кришкою».



Нижня область має товщину h_1 та густину ρ_1 , а верхня область - товщину h_2 та густину ρ_2 . Враховується дія міжфазного поверхневого натягу T . Задача формулюється в безрозмірних змінних із використанням малого параметра крутизни хвилі $\alpha = a/l$, де a - максимальне зміщення межі розділу, а l - довжина хвилі. Відношення густин позначається як $\rho = \rho_2/\rho_1$. Застосовуючи метод багатомасштабних розкладів, з першого наближення отримано дисперсійне співвідношення для частоти ω та хвильового числа k :

$$\omega^2 = \frac{k(1 - \rho + Tk^2)}{\coth kh_1 + \rho \coth kh_2}$$

У третьому порядку теорії збурень умовою розв'язності є нелінійне рівняння Шредінгера (НРШ) для комплексної амплітуди огинаючої A :

$$iA_t + i\omega' A_x + 0.5\omega'' A_{xx} = -\alpha\omega^{-1}|A|^2 A$$

Тут ω' та ω'' - перша та друга похідні частоти за хвильовим числом (групова швидкість та її дисперсія), а J - індекс Бенджаміна-Фейра, що залежить від геометрії системи та амплітуди другої гармоніки. Критерій стійкості квазімонохроматичного хвильового пакета визначається знаком добутку $J\omega''$. Відповідно до лінійного аналізу НРШ маємо такі умови: модуляційна стійкість досягається при $J\omega'' < 0$. Натомість умова $J\omega'' > 0$ свідчить про виникнення модуляційної нестійкості Бенджаміна-Фейра. Знак J визначає баланс між фокусувальною та дефокусувальною нелінійністю, а ω'' відображає тип дисперсії.

Аналіз отриманих результатів. Аналіз модуляційної стійкості на площині параметрів (ρ, k) за фіксованого значення поверхневого натягу дозволив виділити чотири характерні топологічні структури (Рис.1).

Локалізована петля - замкнена область стійкості, що виникає, коли товщина нижнього шару достатньо велика (зокрема, при $h_1 \geq h_2$). Вона відповідає вузькому діапазону повної компенсації фокусувальної нелінійності нормальної дисперсії.

Верхня область стійкості - глобальна зона, форма та розташування якої суттєво залежать від відношення товщин шарів. При товщому нижньому шарі її межа зміщується до "петлі", тоді як при товщому верхньому шарі "петля" зникає.

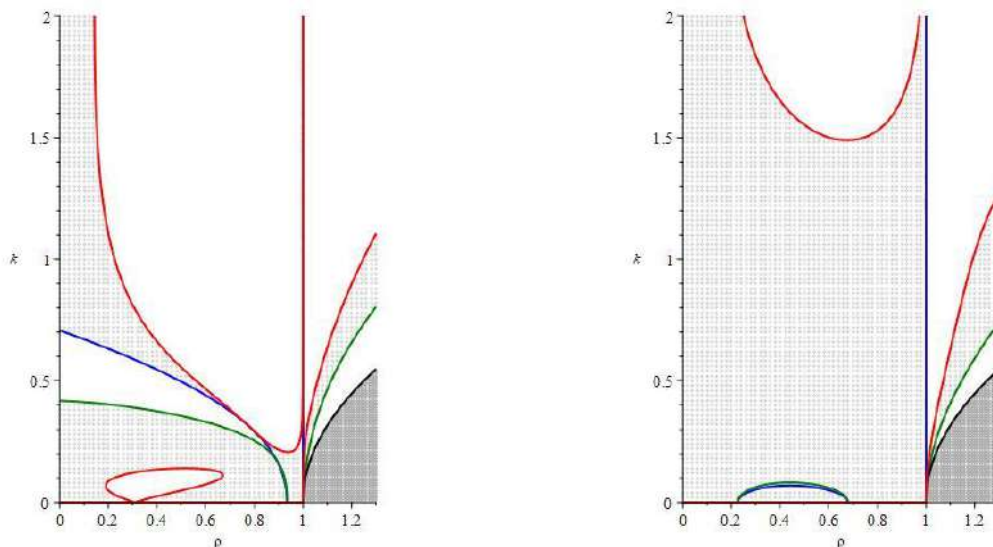
Коридор стійкості - витягнута область між резонансною кривою ($J \rightarrow \infty$) та кривою зміни типу дисперсії ($\omega'' = 0$). Формується лише за умови перевищення нижнім шаром певної порогової товщини і може частково перекриватися з "петлею".

Розріз - вироджена локальна структура, що виникає у сильно асиметричних конфігураціях (коли товщина верхнього шару значно перевищує товщину нижнього, $h_2 \gg h_1$). Вона відповідає локальному виродженню кривини дисперсійного співвідношення.

Дослідження еволюції системи при зміні коефіцієнта поверхневого натягу T показало, що цей параметр кардинально перебудовує топологію областей



стійкості. За малих та помірних значень T гравітаційні та капілярні сили діють узгоджено. Це призводить до співіснування та часткового перекриття "петлі" та "коридору", що утворює розширені багатоконпонентні зони модуляційної стійкості.



а) $h_1 = 9, h_2 = 5$;

б) $h_1 = 1, h_2 = 13$;

Рис.1. Діаграми стійкості при різних товщинах.

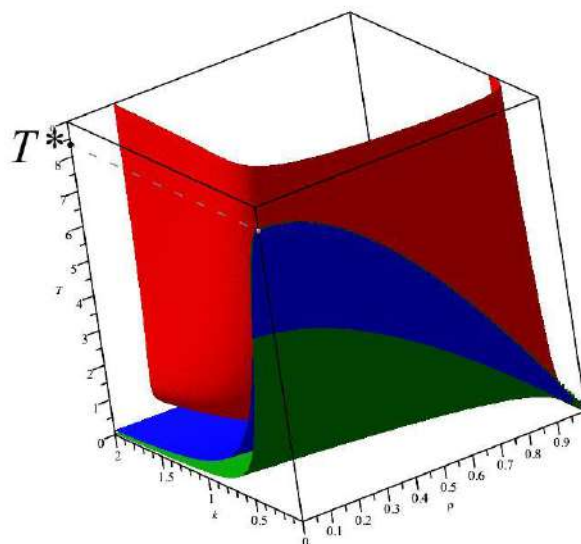


Рис.2. Критична поверхня $T(\rho, k)$ при $h_1 = 5, h_2 = 10$.

Зі зростанням T капілярні ефекти починають домінувати. Зони нелінійної компенсації пригнічуються, "петля" звужується і зникає, а стійкість обмежується вузьким діапазоном відношень густин і коротких хвиль.

Ключовим результатом є виявлення довгохвильового порогу Бонда $T^* = h_1^2/3$, який виступає точкою топологічної біфуркації. Побудова тривимірних



критичних поверхонь $T(\rho, k)$ (Рис.2) продемонструвала, що саме в цій точці дисперсійна та нелінійна множини збігаються. Для $T < T^*$ система перебуває у змішаному гравітаційно-капілярному режимі з формуванням скінченних островів стійкості. Перехід через поріг $T > T^*$ знаменує злиття резонансних і дисперсійних поверхонь та перехід до суто капілярного режиму хвильової динаміки, де модуляційний ландшафт вирівнюється.

Висновки. У результаті проведеного дослідження сформовано узагальнену топологічну класифікацію модуляційної стійкості міжфазних хвильових пакетів у двошаровій рідині зі скінченною товщиною шарів. Виявлено, що геометрія системи формує базовий топологічний ландшафт стійкості, який складається з чотирьох характерних структур: локалізованої петлі, глобальної верхньої області, витягнутого коридору та виродженого розрізу. Водночас доведено визначальну роль поверхневого натягу в еволюції цих структур. За умов слабких та помірних капілярних ефектів діє гравітаційно-капілярний баланс, що розширює зони стійкості, тоді як сильний поверхневий натяг пригнічує нелінійну компенсацію та звужує області стабільності. Ключовим здобутком є встановлення існування довгохвильового порогу Бонда ($T^* = h_1^2/3$), який виступає точкою біфуркації та позначає перехід від змішаного гравітаційно-капілярного до суто капілярного режиму хвильової динаміки. Розроблена 3D-модель критичних поверхонь у просторі (ρ, k, T) об'єднала всі виявлені режими в єдину концептуальну базу, що візуалізує та математично обґрунтовує злиття дисперсійних і резонансних багатовидів. Таким чином, отримані результати забезпечують глибоке розуміння конкуренції між нелінійністю та дисперсією, розкриваючи механізми керування нестійкістю Бенджаміна-Фейра у стратифікованих середовищах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Benjamin T. B., Feir J. E. The disintegration of wave trains on deep water. *J. Fluid Mech.* 1967. Vol. 27, no. 3. P. 417–430. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002211206700045X>.
2. Zakharov V. E. Stability of periodic waves of finite amplitude on the surface of a deep fluid. *J. Appl. Mech. Tech. Phys.* 1968. Vol. 9. P. 190–194. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00913182>.
3. Nayfeh A. H. Nonlinear propagation of wave-packets on fluid interfaces. *J. Appl. Mech.* 1976. Vol. 43, no. 4. P. 584–588. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.3423936>.
4. Christodoulides P., Dias F. Stability of capillary-gravity interfacial waves between two bounded fluids. *Phys. Fluids.* 1995. Vol. 7, no. 12. P. 3013–3027. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.868678>.
5. Dullin H. R., Gottwald G. A., Holm D. D. An integrable shallow water equation with linear and nonlinear dispersion. *Fluid Dyn. Res.* 2003. Vol. 33. P. 73–95. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-5983\(03\)00046-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5983(03)00046-7).
6. Li S., Cao A., Song J., Yu Ch., Chen J. Benjamin-Feir instability of gravity-capillary waves on water of finite depth. *Phys. Fluids.* 2020. Vol. 32, no. 7. 072104. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0013225>.
7. Pal T., Dhar A. K. Modulational instability of interfacial gravity-capillary waves. *Ocean Dyn.* 2022. Vol. 72. P. 241–257. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10236-022-01503-1>.
8. Sun C., Wahlén E. Spectral stability of gravity-capillary waves. arXiv preprint. 2025. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.17534>.



МОДЕЛЮВАННЯ В ОБМЕЖЕНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Ізюмченко Людмила¹, Світлова Дарина²

¹канд. фіз.-мат. наук, доцент,
вчитель математики ліцею «Престиж»

м. Київ, l.iziumch@gmail.com,

²асистент вчителя ліцею «Престиж»

м. Київ, svetlovada@gmail.com

У своєму повідомленні ми аналізуємо, як поширюється інформація в громаді на прикладі еко-акції. Основна увага приділена етапам розвитку ідеї – від появи перших прихильників до моменту насичення аудиторії. Для розв’язання задач використано логістичну модель, яка описує як стандартний сценарій стабільного зростання, так і складніший варіант із урахуванням ефекту забування, що дозволяє порівняти стійкість інтересу до ініціативи в обмеженому середовищі.

Задача 1. Хвиля «Чистого міста». У містечку проживає 2000 мешканців. Група активістів із 10 осіб започаткувала челендж «Тиждень без пластику». Вони поширюють ідею через QR-коди на багаторазових горнятках. За статистикою, кожної години кількість нових учасників челенджу становить 0,02 % від кількості можливих контактів між тими, хто вже приєднався, і тими, хто ще ні. *Скільки мешканців приєднаються до еко-акції через 2 години? Через скільки годин ідея охопить більше 80% населення міста (1600 осіб)? При якій кількості учасників поширення ідеї зупиниться?*

Задача 2. Хвиля «Чистого міста»: умови ті самі, але додамо новий параметр: кожної години 5 % тих, хто вже приєднався до акції, припиняють її (забувають, втрачають інтерес або повертаються до пластику).

Математична модель задач.

Нехай $N = 2000$ – загальна кількість мешканців, $f(n)$ – кількість мешканців, що беруть участь у челенджі через n годин, тоді $800 - f(n)$ – кількість мешканців, які ще не знають про челендж, $(N - f(n)) \cdot f(n)$ – загальна кількість контактів, $k = 0,0002$.

Тоді для першої задачі різницева функціональне рівняння (рекурентна формула) має вигляд:

$$f_1(n+1) = (2000 - f_1(n)) \cdot f_1(n) \cdot 0,0002 + f_1(n), \text{ де } f_1(0) = 10,$$

для другої задачі рівняння:

$$f_2(n+1) = (2000 - f_2(n)) \cdot f_2(n) \cdot 0,0002 + f_2(n) - 0,05 \cdot f_2(n),$$

і початкова умова $f_2(0) = 10$.

Оцінимо притік нових учасників еко-кампанії у першій $\Delta f_1(n)$ і другій $\Delta f_2(n)$ задачах відповідно, у другій задачі виведемо і відтік $\Delta g_2(n)$. У другій задачі реальний приріст складає $\Delta f_2(n) - \Delta g_2(n)$. Для зручності порівняння результатів обох задач усі обчислення зведемо в одну таблицю. Це дозволяє наочно побачити різницю між стандартним сценарієм та моделлю із



забуванням, усі розрахунки виконано за допомогою електронних таблиць Excel (таблиця 1).

Таблиця 1. Притік нових / відтік учасників акції

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\Delta f_1(n)$	3	5	7	9	13	18	25	34	46	62	82	105	132	159	183
$\Delta f_2(n)$	3	5	6	8	11	14	19	26	34	44	57	74	93	115	138
$\Delta g_2(n)$	0	0	0	1	1	1	2	3	3	5	7	10	13	17	22

n	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$\Delta f_1(n)$	197	198	183	155	121	88	60	39	25	16	9	6
$\Delta f_2(n)$	161	181	194	199	195	184	167	150	134	121	111	103
$\Delta g_2(n)$	28	34	42	49	57	64	70	74	78	81	83	84

n	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
$\Delta f_1(n)$	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta f_2(n)$	98	94	92	91	89	89	88	88	88	88	88	88
$\Delta g_2(n)$	85	86	86	86	87	87	87	87	88	88	88	88

Проаналізуємо отриману інформацію: в обох задачах на початку число учасників акції збільшується повільно. Відповідь на *перше* питання задачі: через дві години в обох задачах приріст нових учасників $3 + 5 = 8$ (ще не почався відтік у другій задачі), а тому через дві години челендж матиме 18 учасників. Очевидно, у подальшому у другій задачі за рахунок відтоку загальний приріст відбувається повільніше (таблиця 1, 2). На початку акції і приблизно до середини швидкість розповсюдження зростає, кожен новий учасник створює дедалі більше ланцюгових реакцій (рис. 1). У середині відбувається пік ефективності (вибух), кількість тих, хто знає, та тих, хто ні, ідеально збалансована для максимальної кількості контактів. Після середини швидкість падає, і хоч учасників стає більше, їм стає дедалі важче знайти того, хто ще не приєднався до акції.

Друге питання задачі: через скільки годин ідея охопить більше 80 % населення міста (1600 осіб)? Дивлячись на розрахунки, маємо: у першій задачі це відбудеться приблизно через 18 годин 50 хвилин після початку акції, у другій – через 23,5 години (для визначення приблизного часу використано лінійну інтерполяцію на відповідному часовому проміжку).

Порівняльний аналіз показує, що у моделі з відтоком 5 % через 20 годин кількість учасників становить лише 1281 особу, тоді як за стандартним сценарієм їх уже 1747. Це пояснюється тим, що ефект забування суттєво сповільнює динаміку на початковому етапі, фактично нівелює значну частину зусиль активістів і затягує фазу розкрутки.



Таблиця 2. Кількість учасників акції

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$f_1(n)$	10	13	18	25	34	47	65	90	124	170	232	314	419	551	710
$f_2(n)$	10	13	17	22	29	38	51	68	90	119	157	207	270	349	446

n	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$f_1(n)$	893	1090	1288	1471	1626	1747	1835	1895	1934	1959	1975
$f_2(n)$	562	695	841	993	1143	1281	1401	1498	1573	1628	1667

n	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
$f_1(n)$	1984	1990	1993	1995	1996	1997	1998	1998	1998	1998	1998
$f_2(n)$	1694	1712	1725	1733	1738	1742	1744	1746	1747	1748	1748

Дамо відповідь на *третє* питання, при якій кількості учасників поширення ідеї зупиниться? Оцінюючи результати обчислень (таблиця 2) і графік (рис. 1), маємо: у першій задачі графік прямує до межі 2000 (охоплені майже усі мешканці, 1998 з 2000). У другій задачі поширення зупиниться після охоплення 1748 учасників – це точка, де кількість нових людей, що прийшли, точно дорівнює кількості тих, хто пішов, настає рівновага. Цьому є логічне пояснення: через те, що 5 % людей щогодини кидають челендж, тому він ніколи не охопить більше 1748 осіб, 87,4 % міста, навіть якщо чекати нескінченно довго. Щоб охопити усе місто в умовах відтоку, потрібно або збільшити коефіцієнт $k = 0,02$ % (зробити рекламу агресивнішою), або зменшити відсоток відтоку 5 % (краще утримувати увагу тих, хто вже приєднався).

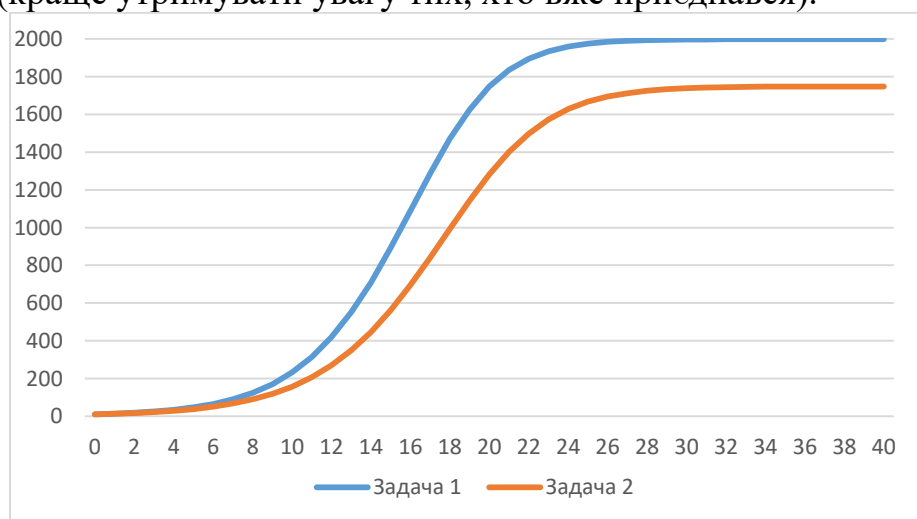


Рис. 1. Кількість учасників еко-акції

Висновок. Математична модель проекту «Чисте місто» показує, що поширення ідеї в громаді нагадує хвилю: від повільного старту (інертності) вона переходить у фазу стрімкого вибуху, після чого зупиняється в точці стабілізації та згасає, коли вільна аудиторія просто вичерпується.



ФОРМАЛІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЙ СЕМАНТИЧНОГО ПОШУКУ У ПРОСТОРИ СЛОВЕСНИХ ЕМБЕДІНГІВ

Нестеренко Володимир

аспірант,

аспірант кафедри прикладної математики та інформаційних технологій

Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

м. Чернівці, nesterenko.volodymyr@chnu.edu.ua

Ігри на зразок Contexto можна розглядати як задачу пошуку прихованого слова за семантичною близькістю. На відміну від класичних задач оптимізації, користувач не спостерігає ані точного значення цільової функції, ані безпосередньої відстані до правильної відповіді. Після кожної спроби він отримує лише ранг слова, тобто слабкий порядковий сигнал про те, наскільки близькою була здогадка до цілі [6].

Таку задачу природно описувати у просторі векторних подань слів. Нехай кожному слову словника поставлено у відповідність вектор у деякому багатовимірному просторі. Тоді приховане слово також має власне векторне подання, а процес гри можна інтерпретувати як наближення до цього вектора за непрямыми ознаками [1]. Формально це можна подати як відображення

$$e(w) \in \mathbb{R}^d, \quad (1)$$

де $e(w)$ – векторне подання слова w .

Поведінка гравця в такій грі зазвичай поєднує дві стратегії. Перша стратегія пов'язана з глобальними семантичними переходами. Гравець змінює область пошуку, послідовно додаючи одні смислові орієнтири й віддаляючись від інших. У термінах векторних подань це можна розглядати як зміну внутрішнього вектора наміру за допомогою лінійної комбінації опорних слів:

$$z_{t+1} = z_t + \sum_i \alpha_i e(p_i) - \sum_j \beta_j e(n_j), \quad (2)$$

Ця формула відображає сам принцип семантичної арифметики: новий напрям пошуку формується як результат додавання релевантних смислів і віднімання нерелевантних. Наступну здогадку при цьому можна подати як слово, найближче до оновленого вектора наміру:

$$w_{t+1} = \arg \max_{w \in V} \text{sim}(e(w), z_{t+1}). \quad (3)$$

Такий підхід узгоджується з відомими властивостями словесних векторів, у яких семантичні відношення можуть описуватися як лінійні зсуви в просторі ознак [1].

За змістом цей механізм близький до підходів уточнення запиту за релевантністю у векторному пошуку. У класичному алгоритмі Rocchio початковий запит зміщується в бік релевантних об'єктів і від нерелевантних [2]. У запропонованій постановці аналогічний підхід переноситься з документів на слова або концептуальні орієнтири. Це дає підстави розглядати глобальний пошук у Contexto як послідовне наближення до прихованої семантичної області.



Друга стратегія пов'язана з локальним уточненням напрямку пошуку. Коли гравець уже наблизився до правильної області, він починає орієнтуватися на те, які слова виявляються семантично ближчими до цілі, ніж інші. Якщо одне слово ближче до цілі, ніж інше, то це задає не точну відстань, а лише обмеження на можливе положення шуканого слова в просторі. Формально таке порівняння можна записати як

$$\|x_a - x^*\| < \|x_b - x^*\|, \quad (4)$$

де x^* – вектор прихованого слова, а x_a і x_b – вектори двох здогадок. Геометрично це означає, що ціль має лежати в певній частині простору, визначеній відносним розташуванням уже перевічених слів [3].

Таким чином, кожна нова здогадка не просто дає чергове слово, а звужує область пошуку. У шумному або неповному випадку такий механізм природно інтерпретується в межах оптимізації на основі попарних переваг, де рішення ухвалюються не за точними числовими оцінками, а за відносним упорядкуванням кандидатів [4; 5].

Обидві стратегії доцільно об'єднати в єдину модель. На першому етапі відбувається глобальний семантичний перехід за допомогою лінійної комбінації опорних слів. На другому – локальна корекція напрямку відповідно до вже накопиченого порядкового зворотного зв'язку. Отже, семантичний пошук у Contexto можна подати як поєднання двох механізмів: векторної композиції смислів і локалізації за попарними порівняннями.

Запропонована постановка дає змогу компактно описати інтуїтивні стратегії людини в семантичній грі мовою сучасних математичних моделей. Вона також може бути використана у задачах пошуку та адаптації архітектури нейронної мережі. У такій інтерпретації глобальні переходи відповідають вибору напрямку структурної перебудови мережі, а локальні порядкові порівняння – оцінюванню того, чи покращує конкретна модифікація архітектури цільові характеристики, зокрема точність, швидкодню або ресурсну ефективність. Це особливо важливо для задач пошуку архітектури нейронної мережі (NAS) і динамічних нейронних мереж, де простір рішень є великим, дискретним і дорогим для повної оцінки. За таких умов методи, що спираються на відносно ранжування кандидатів, можуть бути ефективнішою альтернативою прямому перебору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Mikolov T., Yih W.-t., Zweig G. Linguistic Regularities in Continuous Space Word Representations. *Proceedings of the 2013 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. Atlanta, Georgia: Association for Computational Linguistics, 2013. С. 746–751. URL: <https://aclanthology.org/N13-1090/> (дата звернення: 01.04.2026).
2. Manning C. D., Raghavan P., Schütze H. The Rocchio algorithm for relevance feedback. *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. С. 178–183. URL: <https://nlp.stanford.edu/IR-book/pdf/09expand.pdf> (дата звернення: 01.04.2026).



3. Massimino A. K., Davenport M. A. As You Like It: Localization via Paired Comparisons. *Journal of Machine Learning Research*. 2021. Т. 22. С. 1–39. URL: <https://jmlr.org/papers/v22/18-105.html> (дата звернення: 01.04.2026).
4. González J., Dai Z., Damianou A., Lawrence N. D. Preferential Bayesian Optimization. *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning. Proceedings of Machine Learning Research*. 2017. Т. 70. С. 1282–1291. URL: <https://proceedings.mlr.press/v70/gonzalez17a.html> (дата звернення: 01.04.2026).
5. Bengs V., Busa-Fekete R., El Mesaoudi-Paul A., Hüllermeier E. Preference-based Online Learning with Dueling Bandits: A Survey. *Journal of Machine Learning Research*. 2021. Т. 22. С. 1–108. URL: <https://jmlr.org/papers/v22/18-546.html> (дата звернення: 01.04.2026).
6. *Contexto*. URL: <https://contexto.me/> (дата звернення: 01.04.2026).

МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ В ЗАДАЧАХ ПЛАНУВАННЯ МІСЬКОГО РОЗВИТКУ

Савченко Ілля

д.т.н.,

*доцент кафедри математичних методів системного аналізу
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, savil.ua@gmail.com*

В сучасному світі проблема неконтрольованої урбанізації стає все більш актуальною – згідно з оцінкою ООН, кількість жителів міст на планеті у 2050 р. складатиме 6,68 млрд. [1]. І хоча міста в цілому позитивно впливають на розвиток суспільства і економічне зростання, вони також породжують ряд складних для розв'язання проблем, які потребують уваги. Це, зокрема, транспортні проблеми, екологічні проблеми, соціально-економічні проблеми, територіальні проблеми, безпекові проблеми тощо. Перспективним напрямком пом'якшення наслідків, а в окремих випадках і вирішення цих проблем є розвиток підземної урбаністики [2]. В багатьох містах світу впроваджуються амбітні проекти підземного будівництва, що оптимізують використання території, надають можливості для збагачення соціального життя, спрощують і забезпечують міську інфраструктуру. При цьому успішний проєкт повинен враховувати специфіку міста, його інженерно-геологічні характеристики, економічні, екологічні і соціальні аспекти функціонування. Водночас окремі випадки підземної забудови без системного бачення, які, на жаль, регулярно спостерігаються в реальності, призводять до нераціонального використання ресурсів, невідповідності об'єктів запланованій меті, виникнення конфліктів між підземними об'єктами тощо. Таким чином, проблема розвитку міст в цілому, і підземного будівництва зокрема є складною, багатофакторною, з наявністю ризиків і невизначеностей, і її комплексне дослідження вимагає нових, науково обґрунтованих підходів і інструментів.

Методологія системного аналізу надає широкий арсенал методів для розгляду складних міждисциплінарних проблем. Одним із методів



структурування і впорядкування складних систем, об'єктів, процесів, явищ для їх системного дослідження, є метод морфологічного аналізу, оснований на фундаментальному підході комбінації аналізу і синтезу. Цей метод є дуже гнучким і універсальним, активно використовується багатьма дослідниками в світі, в тому числі для задач дослідження міського розвитку. Наприклад, в роботі [3] розроблена детальна морфологічна таблиця з 18 параметрами, що описує ситуацію в транспортній мережі міста, враховуючи характеристики автомобілів, доріг і трафіку, яка в подальшому досліджується за допомогою статистичних методів.

Автором була запропонована процедура модифікованого методу морфологічного аналізу (МММА) [4], в якій залучається математичний апарат, оснований на суб'єктивних імовірностях, що перетворило метод на універсальний інструмент підтримки прийняття рішень для широкого класу задач зі строго формалізованою процедурою.

Окремо слід виділити двоетапну процедуру методу і, як її розширення, апарат мереж морфологічних таблиць [5]. В цьому підході на першому етапі розглядається об'єкт, якому притаманна невизначеність – таким об'єктом може бути деяка типова подія, що має багато різних конфігурацій (наприклад, поїздка або аварія); деяка подія або стан системи, що розглядається в майбутньому; об'єкт, інформація щодо якого відсутня (наприклад, інженерно-геологічні характеристики ділянки до проведення відповідних досліджень). На другому етапі методу розглядаються альтернативи рішень, які можуть бути більш або менш ефективними в умовах різних елементів конфігурації об'єкта першого етапу. Таким чином забезпечується підтримка прийняття рішень щодо рекомендованої стратегії дій стосовно такого об'єкта з урахуванням великої кількості його потенційних конфігурацій, або щодо найбільш очікуваних наслідків появи відповідного об'єкта.

Різноманітність задач, що виникають при плануванні розвитку міст, в тому числі підземної інфраструктури, вимагає коректного визначення і формулювання об'єкта морфологічного дослідження на першому етапі (перших етапах у випадку мереж морфологічних таблиць). Розглянемо декілька кейсів використання методу в практичних задачах, що розглядалися для міст України.

Типовим дослідженням двоетапного МММА є розгляд великої множини конфігурацій небажаних подій на першому етапі, і аналіз методів їх запобігання або пом'якшення їх наслідків на другому етапі. Таке дослідження проводилось для аварій і заторів у транспортній системі м. Києва [5]. В дослідженні [6] розглядався більш широкий клас небажаних подій, пов'язаних з урбаністичними об'єктами, для порівняння різних об'єктів одного призначення за здатністю протистояти наслідкам таких подій. Зокрема, це порівняння було здійснено для трубного і тунельного каналізаційних дюкерів під р. Дніпро, а також для порівняння мостового і тунельного переходу річки.



Можливості МММА по розгляду множини об'єктів, що можуть мати різні конфігурації, не обмежуються негативними подіями. Наприклад, в дослідженні [7] таким об'єктом виступає автомобільна поїздка, що перетинає р. Дніпро з лівого берега на правий; при цьому кінцевим продуктом морфологічного дослідження є вибір одного з альтернативних маршрутів перетину річки. Це дослідження дозволило оцінити потенційну долю автомобільних поїздок, які побудова тунелю може «відтягнути» від існуючих мостів, забезпечуючи зменшення шкідливих викидів.

В ряді задач на першому етапі МММА розглядається об'єкт, характеристики якого складно або неможливо точно визначити, що обумовлюється:

- їх просторовою або часовою розподіленістю: наприклад, якщо розглядається певний район міста, то параметр «тип забудови» матиме різні значення з різними оцінками;
- неможливістю отримати точні дані щодо цих характеристик;
- суб'єктивністю самих характеристик.

В дослідженнях, пов'язаних із розвитком міста, таким об'єктом зручно обирати певну географічну локалізацію – ділянку, частину району або район міста. В роботі [8] було запропоновано оцінювання ділянок для підземної забудови з подальшим визначенням їх придатності з точки зору інженерно-геологічних характеристик, включаючи доцільність чи недоцільність підземного будівництва, рекомендований масштаб і рівень, наявні ризики і їх оцінки. Таке морфологічне дослідження дозволило порівнювати різні ділянки міста щодо їх пріоритетності для підземної забудови. В [9] схожа методологія використовувалась для оцінювання ділянок для потенційного будівництва підземних паркінгів. При цьому вказання призначення ділянки вимагає також окремого розгляду структурно-функціональних факторів, пов'язаних із ділянкою. В подібній формі задача ставилась і для оцінювання пріоритетності ділянок автомобільних тунелів, при цьому були порівняні спочатку два тунелі [9], а в подальшому вісім тунелів [10], запланованих Генеральним планом м. Києва. Особливістю цієї задачі було розроблення гібридної процедури з залученням методу аналізу ієрархій, що дозволило створити гнучкіший інструментарій підтримки прийняття рішень.

Більш широка локалізація об'єктів першого етапу морфологічного дослідження розглядалась в задачі оцінювання альтернативних проектних конфігурацій Одеського метрополітену [11], де розглядався очікуваний вплив побудови лінії метро на функціонування відповідної частини району міста. Напрацювання в рамках цих задач були узагальнені в мережу морфологічних таблиць для аналізу функціонально-планувальної організації і інженерно-геологічних факторів міського простору з метою оцінювання потенціалу підземного будівництва [12].

Досвід використання МММА в дослідженнях, пов'язаних із плануванням міського розвитку і підземного будівництва, можна узагальнити в табл. 1.



Таким чином, МММА надає широкий інструментарій системного аналізу задач урбаністики. Запропоновані підходи можуть бути адаптовані для інших міст, і зацікавити державні та муніципальні адміністрації, громадські організації, будівельників, інвесторів тощо.

Таблиця 1

Задачі морфологічних досліджень, пов'язаних із розвитком міста

Об'єкт із невизначеністю	Кінцевий продукт оцінювання	Мета дослідження
Дорожні аварії	Методи запобігання і пом'якшення наслідків дорожніх аварій	Побудова сценаріїв уникнення аварійних ситуацій
Дорожні затори	Різні групи методів запобігання дорожнім заторам	Побудова сценаріїв уникнення дорожніх заторів
Небажані події (вибухи, пожежі, зсуви, погодні катаклізми і т.д.)	Наслідки небажаної події	Оцінювання здатності різних типів об'єктів протистояти небажаним подіям
Автомобільні поїздки з перетином р. Дніпро та їх обставини	Маршрут (один із існуючих мостів або потенційний тунель)	Оцінювання розподілу поїздок, що перетинають річку
Інженерно-геологічні характеристики ділянки підземного будівництва	Доцільність, масштаб і рівень забудови, пов'язані ризики	Порівняння ділянок за придатністю до підземного будівництва
Інженерно-геологічні і структурно-функціональні характеристики ділянки будівництва підземного паркінгу	Доцільність, рекомендований розмір паркінгу	Порівняння ділянок за придатністю до будівництва підземного паркінгу
Інженерно-геологічні і структурно-функціональні характеристики ділянки будівництва автомобільного тунелю	Доцільність, найбільш актуальні фактори ризику, вплив побудови тунелю на зменшення факторів ризику	Визначення пріоритетності будівництва автомобільних тунелів
Ділянка району міста Одеса	Вплив будівництва лінії метро на функціонування району	Порівняння альтернативних проєктних конфігурацій метрополітену



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision / United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York: United Nations, 2019. 126 p.
2. Гайко Г. І. Освоєння підземного простору в концепції сталого розвитку великих міст. *Геотехнології*. 2018. Вип. 1. С. 60–64.
3. Śmieszek M., Kostian N., Mateichyk V., Mościszewski J., Tarandushka L. Determination of the Model Basis for Assessing the Vehicle Energy Efficiency in Urban Traffic. *Energies*. 2021. Vol. 14(24). 18 p.
4. Савченко І. О. Методологічне і математичне забезпечення розв'язання задач передбачення на основі модифікованого методу морфологічного аналізу. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2011. №3. С. 18–28.
5. Pankratova N., Haiko H., Savchenko I. Modeling the Underground Infrastructure of Urban Environments. A Systematic Approach. Cham : Springer, 2024. 256 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-47522-1>
6. Pankratova N. D., Haiko H. I., Savchenko I. O. Morphological model for underground crossings of water objects. *System Research and Information Technologies*. 2021. No. 4. P. 53–67. <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2021.4.04>
7. Haiko H. I., Savchenko I. O., Tarasiuk V. P., Bespalov, D. O. Car Tunnels as a Climate Neutrality Factor for a Large City. *Science and Transport Progress*. 2025. №4(112). С. 166–180. <https://doi.org/10.15802/stp2025/345002>
8. Haiko H. I., Savchenko I. O., Matviichuk I. O. Development of a morphological model for territorial development of underground city space. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2019. Vol. 3. P. 92–98. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-3/14>
9. Haiko H., Savchenko I. Assessing Territories for Urban Underground Objects Using Morphological Analysis-Based Model. *Studies in Computational Intelligence*. 2022. Vol. 1022. P. 93–113. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94910-5_6
10. Haiko H., Savchenko I., Shelestov A. Ensuring resilience and safety of the transportation system of Kyiv in planning the network of road tunnels. *Case Studies on Transport Policy*. 2025. No. 19. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2024.101355>
11. Haiko H., Hollander J. B., Savchenko I. Priority ranking of alternative Odesa metro plan variants: using modified morphological analysis method. *International Journal of Urban Sciences*. 2025. Vol. 29(4). P. 910–938. <https://doi.org/10.1080/12265934.2025.2452509>
12. Haiko H., Savchenko I., Haiko Y. Functional Planning Optimization of Exploiting Underground Space in Large Cities Using System Methodology. *Studies in Computational Intelligence*. 2023. Vol. 1107. P. 43–61. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37450-0_3

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ТРИВАЛІСТЮ ІГРОВОЇ АКТИВНОСТІ ТА ПОКАЗНИКАМИ ТРИВОЖНОСТІ ОСОБИСТОСТІ

Семенко Олена

*учитель математики комунального закладу освіти «Криворізький ліцей «КОЛІЯ»
Дніпропетровської обласної ради», вчитель вищої категорії, вчитель-методист,
elnsemenko@gmail.com*

У сучасному інформаційному суспільстві стрімке поширення цифрових технологій істотно трансформує спосіб життя підлітків. Комп'ютерні ігри



стають не лише формою дозвілля, а й важливим чинником соціалізації, емоційної регуляції та самореалізації [2]. Водночас надмірне захоплення ігровою діяльністю може супроводжуватися негативними психоемоційними наслідками, серед яких особливе місце займає підвищення рівня тривожності [9].

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю науково обґрунтованого аналізу впливу комп'ютерних ігор на емоційний стан підлітків із використанням сучасного математичного апарату. Особливого значення набуває застосування методів математичної статистики для аналізу психологічних даних, що забезпечує об'єктивність, достовірність і наукову коректність отриманих результатів.

Метою дослідження є виявлення та статистичне обґрунтування залежності між рівнем особистісної тривожності та тривалістю комп'ютерної ігрової діяльності старшокласників.

Об'єкт дослідження — емоційний стан учнів старшого підліткового віку.

Предмет дослідження — статистична залежність між рівнем тривожності та часом, витраченим на комп'ютерні ігри.

Гіпотеза дослідження полягає в припущенні, що між зазначеними показниками існує пряма статистична залежність: зі збільшенням часу ігрової активності зростає рівень особистісної тривожності [2].

Методологічну основу роботи становлять положення психології особистості, теорії ймовірностей і математичної статистики. У дослідженні використано комплекс методів:

- теоретичні (аналіз наукових джерел);
- психодіагностичні (опитувальник особистісної тривожності Ч. Спілбергера);
- математико-статистичні (описова статистика, кореляційний та регресійний аналіз);
- графічні методи візуалізації даних.

Емпіричне дослідження проведено серед учнів віком 16–18 років (20 осіб).

У процесі дослідження було виокремлено дві змінні:

X – час, витрачений на комп'ютерні ігри (години на тиждень);

Y – рівень особистісної тривожності (у балах).

Обробка результатів включала:

- обчислення вибірових середніх значень;
- визначення дисперсій і середніх квадратичних відхилень;
- побудову діаграми розсіювання (рис.1);
- встановлення параметрів лінійної регресії методом найменших квадратів.

Аналіз діаграми розсіювання дозволив виявити наявність тенденції до зростання рівня тривожності зі збільшенням часу ігрової діяльності.



Діаграма розсіювання

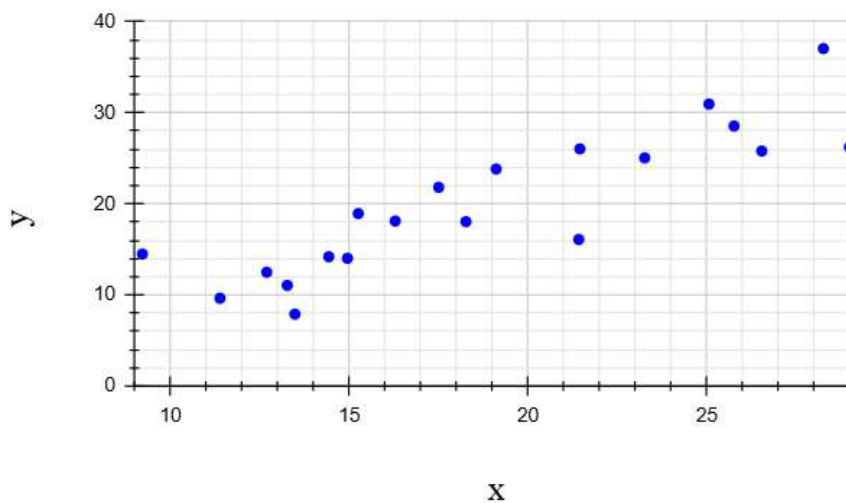


Рис. 1. Діаграма розсіювання

Було отримано рівняння регресійної прямої та побудовано її в системі координат (рис. 2):

$$y = 1,15x - 1,6.$$

Побудована регресійна модель підтвердила додатний характер кореляційного зв'язку між змінними. Отримані результати свідчать про статистично значущу залежність між досліджуваними показниками та підтверджують висунуту гіпотезу.

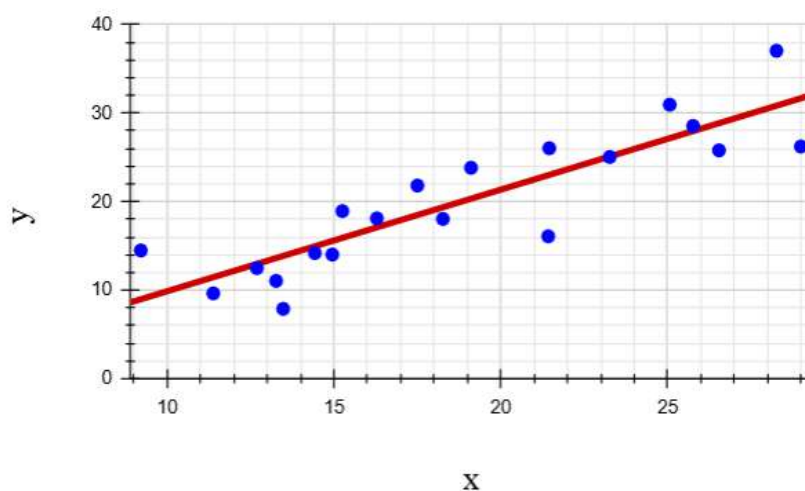


Рис. 2. Поле кореляції та регресійна пряма

Наукова новизна роботи полягає у поєднанні психологічного аналізу з інструментарієм математичної статистики на рівні учнівського дослідження, а також у практичному застосуванні методів регресійного аналізу для інтерпретації поведінкових і психоемоційних характеристик підлітків.

Особливої уваги заслуговує освітній контекст виконання дослідження. Роботу здійснено на базі ліцею, який є пілотним закладом старшої профільної школи в межах реалізації реформи Нової української школи (НУШ). У закладі



впроваджується та апробується навчальний курс «Теорія ймовірностей», спрямований на формування статистичної грамотності, дослідницьких умінь і критичного мислення учнів.

Виконане дослідження є прикладом ефективної інтеграції змісту цього курсу з реальною науково-дослідницькою діяльністю. Учні не лише засвоюють теоретичні положення, а й застосовують їх для аналізу актуальних соціально значущих проблем, що повністю відповідає компетентнісному підходу НУШ. Такий підхід сприяє формуванню ключових компетентностей, зокрема математичної, інформаційно-аналітичної та дослідницької.

Практичне значення роботи полягає у можливості:

- використання результатів у профілактичній та виховній роботі з учнями;
- застосування матеріалів дослідження на уроках математики та курсі «Теорія ймовірностей»;
- формування в учнів навичок аналізу даних та інтерпретації статистичних результатів.

Отримані результати можуть бути корисними для педагогів, психологів та батьків у контексті розуміння впливу цифрового середовища на емоційний стан підлітків і організації безпечної взаємодії з ним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барковський В.В., Барковська Н.В., Лопатін О.К. Теорія ймовірностей та математична статистика. 5-те видання. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 424 с.
2. Бондаровська В. М. Психологічні аспекти використання комп'ютера. Небезпека нових інформаційних технологій та розвиток здібностей дітей за допомогою комп'ютера. Психолог. Київ, 2005. Вип. 25 (169). 62 с
3. Вища математика в прикладах та задачах. Частина VI. Випадкові величини: навч. посібник. Укл.: А. В. Павленко, О. Є. Запорожченко, А. Г. Моня та ін. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 41 с.
4. Галайко Н. В., Огірко О. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.
5. Галян І.М. Психодіагностика: навч. посібник. Київ: Академвидав, 2009. 464 с.
6. Діаграма розсіювання. URL: <https://studfile.net/preview/7118133/page:4/>
7. Спілбергер Ч., Ханін Г. Опитувальник Спілбергера-Ханіна: <https://mozok.ua/depressiya/testy/item/2703-shkala-trevogi-spilbergera-STAI>
8. Теорія ймовірностей та математична статистика [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальностей 121 «Інженерія програмного забезпечення», 126 «Інформаційні системи та технології». Т. А. Ліхоузова; Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 341 с.
9. Федоренко С. В. Емоційно-мотиваційні чинники виникнення комп'ютерної залежності у студентської молоді: дис. на здобуття канд. псих. наук: 19.00.07. Київ, 2014. 245 с.
10. Чекстере О.Ю. Вплив віртуального світу на соціальну адаптацію дітей: збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Київ, 5 травня 2025 року) / за ред. С. Д. Максименка. Київ : Інститут психології імені Г. С. Костюка НАПН України, 2025. С. 150-157.



МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ БАГАТОВИМІРНОГО ($N=20$) ХВИЛЬОВОГО ПРОЦЕСУ В ГІПЕРВИМІРНОМУ ($N=100$) КВАЗІПРУЖНОМУ АНІЗОТРОПНОМУ ПРОСТОРИ

Ткачук Андрій

к. тех. н., доцент

*декан факультету інформаційних технологій,
математики та природничих наук*

*Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький, A.I.Tkachuk@cuspu.edu.ua*

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. У сучасній математичній фізиці та прикладній математиці значну увагу приділяють моделюванню хвильових процесів у високовимірних просторах. Гіпервимірний ($N=100$) квазіпружний анізотропний простір є узагальненням класичної теорії пружності на випадки, де кількість просторових координат значно перевищує три, а матеріальні властивості характеризуються повною анізотропією пружних модулів та квазіпружною релаксацією (малою в'язкістю або нелінійними ефектами малого порядку). Багатовимірний ($n=20$) хвильовий процес описує векторне поле переміщень з 20 незалежними компонентами, що поширюється в такому просторі. Актуальність теми зумовлена кількома факторами: 1) високовимірні моделі виникають у квантовій механіці, космології, теорії струн та аналізі великих даних, де ефективна розмірність простору може сягати десятків і сотень; 2) анізотропні квазіпружні середовища моделюють сучасні композитні матеріали, метаматеріали та біологічні тканини, для яких класичні тривимірні підходи недостатні; 3) чисельне моделювання в гіпервимірних просторах стикається з «прокляттям розмірності», що вимагає нових математичних інструментів. Розв'язання цих проблем сприяє розвитку теорії гіперболічних систем рівнянь із частинними похідними, чисельних методів високого порядку та гібридних аналітико-чисельних підходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні роки позначені активним розвитком теорії та чисельного моделювання хвильового поширення в анізотропних середовищах. Alkhimenkov Y., Räss L. та співавтори [1] розробили ефективний GPU-алгоритм для розв'язання анізотропних поропружних рівнянь Біо в трьох вимірах, що дозволило моделювати хвильові поля з понад 1,5 млрд. комірок сітки. Dhua S., Maram A. і Mondal S. [2] застосували звичайну періодичну динаміку стану для вивчення поширення хвиль у високоанізотропних матеріалах і отримали дисперсійні характеристики плоских хвиль. Guo Y.Q., Li Q.Q. і Peng B.R. [3] дослідили анізотропію та дисперсію пружних хвиль у періодично багаточарових анізотропних середовищах за допомогою методу reverberation-ray matrix та теорії Флоке–Блоха. Khater M.M.A., Alfalqi S.H. та Vokhmintsev A. [4] проаналізували нелінійну динаміку самопідтримних хвиль в анізотропних середовищах і знайшли нові солітонні та



бризерні рішення. Liu J. та співавтори [5] запропонували ефективний метод наближених розв'язків для багатовимірних задач, пов'язаних із поширенням хвиль. Xiang D. [6] вивчив довготривалу поведінку похідної нелінійної хвильової рівняння на високовимірному торі.

Ці роботи демонструють прогрес у тривимірних та низьковимірних анізотропних задачах, проте залишаються відкритими питання моделювання в гіпервимірних ($N \geq 50$) просторах із векторними полями $n \geq 10$ компонент. Відсутні публікації, присвячені одночасному врахуванню $n=20$ та $N=100$ з квазіпружною анізотропією, що обґрунтовує необхідність запропонованого дослідження.

Метою роботи є розробка математичної моделі поширення багатовимірного ($n=20$) хвильового процесу в гіпервимірному ($N=100$) квазіпружному анізотропному просторі, детальне формулювання та аналіз відповідного рівняння, а також обґрунтування перспектив чисельного моделювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо гіпервимірний простір R^N з $N=100$, оснащений декартовими координатами $x = (x^1, \dots, x^N)$. Квазіпружне анізотропне середовище характеризується густиною $\rho > 0$ (постійною) та тензором пружних модулів четвертого рангу $C_{ij}^{\alpha\beta}(x)$, $\alpha, \beta = 1, \dots, n, i, j = 1, \dots, N$, що задовольняє симетриям:

$$C_{ij}^{\alpha\beta} = C_{ji}^{\beta\alpha} = C_{ji}^{\alpha\beta} = C_{ij}^{\beta\alpha}, \quad (1)$$

та позитивній визначеності для забезпечення гіперболічності. Квазіпружність враховується введенням малого диссипативного члена або нелінійної залежності модулів від деформації малого порядку, але в лінійному наближенні рівняння залишається гіперболічним.

Багатовимірний хвильовий процес описується векторним полем переміщень $u(x, t) = (u^1(x, t), \dots, u^n(x, t))$ з $n=20$. Гіперболічне рівняння руху в квазіпружному анізотропному середовищі має вигляд:

$$\rho \frac{\partial^2 u^\alpha}{\partial t^2} = C_{ij}^{\alpha\beta} \frac{\partial^2 u^\beta}{\partial x^i \partial x^j} + \varepsilon D_{ij}^{\alpha\beta} \frac{\partial^3 u^\beta}{\partial t \partial x^i \partial x^j}, \quad \alpha = 1, \dots, n, \quad (2)$$

де перший член відповідає пружній анізотропії, а другий – квазіпружній диссипації з малим параметром $\varepsilon > 0$ (термін порядку $O(\varepsilon)$). Тензор $D_{ij}^{\alpha\beta}$ моделює в'язкість і задовольняє аналогічним симетриям. У випадку чисто пружного середовища ($\varepsilon = 0$) рівняння спрощується до:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \nabla \cdot (C : \nabla u), \quad (3)$$

де C – анізотропний тензор жорсткості в тензорному позначенні.

Для детального аналізу застосовуємо перетворення Фур'є в просторових змінних. Нехай $\hat{u}(k, t)$ – Фур'є-образ $u(x, t)$. Тоді рівняння в просторі



хвильових векторів $\mathbf{k} \in \mathbb{R}^N$ набуває форми звичайної диференціальної системи:

$$\rho \frac{d^2 \hat{u}^\alpha}{dt^2} + C_{ij}^{\alpha\beta} k_i k_j \hat{u}^\beta = 0, \quad (4)$$

(ігноруючи диссипативний член). Дисперсійне співвідношення визначається власними значеннями матриці $M^{\alpha\beta}(\mathbf{k}) = \frac{1}{\rho} C_{ij}^{\alpha\beta} k_i k_j$:

$$\omega_\gamma^2(\mathbf{k}) = \lambda_\gamma(\mathbf{k}), \quad \gamma = 1, \dots, n, \quad (5)$$

де λ_γ – власні значення. У гіпервимірному просторі ($N=100$) фазова швидкість $c_\gamma(\hat{\mathbf{k}}) = \omega_\gamma/|\mathbf{k}|$ залежить від напрямку $\hat{\mathbf{k}} = \mathbf{k}/|\mathbf{k}|$ через повну анізотропію, що призводить до складної геометрії хвильових поверхонь (фронтів).

Для чисельного моделювання застосовуємо спектральні методи або високопорядкові схеми скінченних різниць на тензорних сітках. Через «прокляття розмірності» (об'єм сітки зростає як h^{-N}) пропонується використовувати тензорне розкладення (*Tensor Train*, *CP*-розклад) для апроксимації розв'язку, що знижує складність з експоненціальної до поліноміальної. Початкові умови задаються як локалізований імпульс:

$$u^\alpha(x, 0) = f^\alpha(x), \quad \frac{\partial u^\alpha}{\partial t}(x, 0) = g^\alpha(x), \quad (6)$$

де f, g – гладкі функції з компактним носієм. Граничні умови – радіаційні (поглинальні) на штучній межі гіпервимірної області.

Аналіз стійкості схеми проводиться за методом фон Неймана в Фур'є-просторі; умови CFL у високих вимірах вимагають $\Delta t \leq Ch/\max c_\gamma$.

Висновки та перспективи подальших розвідок напруму. У роботі отримано загальний вигляд рівняння багатовимірного ($n=20$) хвильового процесу в гіпервимірному ($N=100$) квазіпружному анізотропному просторі, детально розкрито його тензорну структуру, дисперсійні властивості та особливості чисельного розв'язання. Запропонована модель узагальнює класичні рівняння пружності на високовимірний випадок і враховує квазіпружну дисипацію.

Перспективи подальших досліджень включають: розробку ефективних низькорангових тензорних схем для прямого моделювання; вивчення нелінійних ефектів вищого порядку в квазіпружних середовищах; застосування моделі до задач багатовимірної томографії та аналізу даних у високовимірних просторах; порівняльний аналіз з поропружними та нелінійними моделями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alkhimenkov Y., Räss L., Khakimova L., Quintal B., Podladchikov Y. Resolving Wave Propagation in Anisotropic Poroelastic Media Using Graphical Processing Units (GPUs). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2021. Vol. 126, Iss. 7. e2020JB021175. DOI:



<https://doi.org/10.1029/2020JB021175>.

2. Dhua S., Maram A., Mondal S. Wave propagation in highly anisotropic materials using ordinary state-based peridynamics. *European Journal of Mechanics – A/Solids*. 2026. Vol. 118. 106107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2026.106107>.

3. Guo Y.Q., Li Q.Q., Peng B.R. Anisotropy and dispersion of elastic waves in periodically multilayered anisotropic media. *Composite Structures*. 2023. Vol. 324. 117558. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2023.117558>.

4. Khater M.M.A., Alfalqi S.H., Vokhmintsev A. Nonlinear dynamics of self-sustaining waves in anisotropic media. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. 25844. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11005-x>.

5. Liu J., Nadeem M., Osman M.S. *et al.* Study of multi-dimensional problems arising in wave propagation using a hybrid scheme. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. 5839. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56477-5>.

6. Xiang D. Long time behavior for derivative nonlinear wave equation on the high-dimensional torus. *Discrete and Continuous Dynamical Systems*. 2026. Vol. 51. P. 161–192. DOI: <https://doi.org/10.3934/dcds.2026026>.



Секція 4. ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ШІ В МАТЕМАТИЦІ, ЕКОНОМІЦІ Й МЕНЕДЖМЕНТІ

AI OPERATING SYSTEMS BASED ON DECISION THEORY

Kovalenko Anatoli

*Ph.D., Associate Professor,
Associate Professor of AI Department,
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”,
Kyiv, Ukraine, an2kov@ukr.net*

Introduction. An operating system (OS) is a specific layer of a modern computer (computer system) for managing resources, devices, and providing the user with a simple, accessible interface for working with the system's hardware. The basis for the creation of the first OS were frequently used system commands and functions that were used to perform input and output operations and control processes.

In the first computers of the early 1950s, hardware resources (RAM and external memory, processors) were insufficient for executing programs and long-term storage of data and programs. The prerequisites for creating operating systems appeared in the 1960s, when computer RAM increased to hundreds or several thousand kilobytes, and external data drives allowed for storage of tens or hundreds of megabytes.

Problem statement. Powerful universal computers (in particular, from IBM and DEC) with compatible software appeared, which were used both separately and as part of computer networks. Low-power mini- and microcomputers based on microcircuits using planar manufacturing technologies have made it possible to bring computing capabilities closer to individual users and control objects. This has allowed them to be used in the management of technological processes in production and in individual technical systems.

The advent of microprocessors (since 1971) led to the creation of a variety of personal computers and variety smart mobile devices with different architectures. Computers with open architecture, initiated by IBM developments, allowed the



creation of personal computers that were compatible in terms of hardware solutions and scalable in terms of available hardware resources.

This enabled the creation of distributed computer networks of dozens and hundreds of computers. A significant step was the creation in 1980 of the OSI ISO standard (Open Systems Interconnection Standard), which allowed defining a seven-layer structure of interaction protocols (protocol stack) of computers among themselves.

The standard expanded the spatial distribution of network computers over large distances (up to hundreds and thousands of kilometers) and the number of computers to hundreds and thousands.

The modern development of distributed systems allows the extension of the OSI ISO standard to create distributed computing environments. In particular, these include GRID systems, cloud computing systems, and mobile distributed systems.

Materials and methods. The basic basis for creating these systems are the operating systems of individual computers. The expansion of their functions is achieved through the use of specialized software tools and principles of computer interaction with each other.

In modern realities, we are at the beginning of a qualitatively new development of computer technologies based on AI elements. In particular, there is a sequence of changing CPU elements to CPU elements as AI chips.

The following generations of such elements of new systems are distinguished [2, 3]

AI 1.0 AI chips (modern)

AI 2.0 AGI chips

AI 3.0 Collective AGI chips (CAGI)

AI 4.0 Human-Machine CAGI

Main results. In such conditions, we should expect radical changes in the architecture of operating systems and their components. This requires a review of the principles of decision-making in such systems from the perspective of the user of a specific AI computer system.

In DSS automation of decision support processes has led to the emergence of several approaches to building DSS. DSS systems are based on the application of modern mathematical decision-making methods, various mathematical models, hardware and software tools. Therefore, the definition of decision support systems is often associated with these methods, models, and tools [3].

DSS is often viewed as an interactive computer system to support various types of decision-making activities regarding poorly structured and unstructured problems. Such systems enable personnel to search for relevant data generated by transaction processing systems and other internal information sources, and also provide access to information external to the organization.

DSS enables users to model and analyze information in a way that is most effective for developing a specific solution and provides interactive support. Often the term decision support systems (DSS) is commonly used.



Sometimes a manager makes decisions individually. In other cases decision making may be distributed, involving the combined and coordinated efforts of many knowledge workers. Both individual and distributed decision making are susceptible to support by systems that facilitate, expand, or enhance a manager's ability to work with one or more kinds of knowledge [3].

Therefore, in the future, DSS will be understood as an interactive intelligent computer automated system (software complex) that is designed to assist and support various types of human activity in making decisions regarding the solution of poorly structured or unstructured problems.

The use of DSS ensures a thorough and objective analysis of the subject area when making decisions in complex conditions. Modern and future intelligent DSS (IDSS) are characterized by the widespread use of intelligent methods of data processing and decision-making, as well as interface design based on the principles of intellectualization of the user-system interaction process.

In particular, intellectualization refers to the adaptation of the system to the user's reaction and preferences regarding the methods of presenting the results of data processing, the intellectual choice of a method convenient for a particular user to enter, edit, and replenish the knowledge and big data base.

Conclusions. ISPR systems with powerful OS are a broad and extremely convenient class of information computing data processing systems that allow for the integration of a variety of data. The following are included in the intelligent methods and algorithms (since an algorithm is an implementation of a method) for searching and processing data: algorithms for searching data with given characteristics, algorithms for reducing data to a given form, game-like methods for searching and processing data, and methods for presenting knowledge in a knowledge base.

This class of methods also includes: various types of planning, methods of processing uncertainties, decision-making methods based on neural networks, probabilistic models and judgments, learning methods based on previous experience and observations, probabilistic methods of processing linguistic information, Bayesian networks, methods of perception and pattern recognition, control methods in robotics, etc. And intellectual OS will be prominent means for using these methods in future.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A. E. Kovalenko Operacijni systemy: pidruchnyk dlja stud. stupenja Bakalavr specialjnosti 124 Systemnyj analiz. / Kyiv : KPI im. Ighorja Sikorsjkogho, 2019. 672 p. (in Ukrainian)
2. Anatoli Kovalenko Fault-tolerance models for AI chips of intellectual systems /Materialy Dvadcjatyj pershoji naukovo-praktyčnoji mizhnarodnoji konferenciji «MIZH Narodna TRANSPORTNA INFRASTRUKTURA, INDUSTRIALJNI CENTRY TA KORPORATYVNA LOGHISTYKA» (5 - 6 chervnja 2025r. m. Kharkiv.). Kharkiv: UkrDUZT, 2021. S. 316-317. _
3. The Why, What and How of Artificial General Intelligence Chip Development arXiv:2012.06338v2 [cs.LG] 30 Mar 2021
4. P. I. Bidjuk, O. L. Tymoshhuk, A. Je. Kovalenko, L. O. Korshevnjuk Systemy i metody pidtrymky pryjnattja rishenj : Pidruchnyk // Kyjiv: KPI im. Ighorja Sikorsjkogho 2022, 610 c. (in Ukrainian)



ОСОБЛИВОСТІ ЛОГІСТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В МАРКЕТПЛЕЙСАХ

Денисенко Микола¹, Бердишев Максим²

¹д.е.н., професор,

професор кафедри менеджменту та підприємництва

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

²здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

4 курсу факультету права, бізнесу та адміністрування

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

В Законі України «Про електронну комерцію», електронна комерція визначена як відносини, спрямовані на отримання прибутку, що виникають під час вчинення правочинів щодо набуття, зміни або припинення цивільних прав та обов'язків, здійснені дистанційно з використанням інформаційно-комунікаційних систем, внаслідок чого в учасників таких відносин виникають права та обов'язки майнового характеру. Законодавство України у сфері електронної комерції ґрунтується на Конституції України і складається із законів України «Про захист прав споживачів», «Про рекламу», «Про електронні документи та електронний документообіг», «Про захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах», «Про телекомунікації», «Про електронну ідентифікацію та електронні довірчі послуги», «Про платіжні послуги», «Про фінансові послуги та фінансові компанії», «Про захист персональних даних», міжнародних договорів України, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України, цього Закону та інших нормативно-правових актів, прийнятих відповідно до них [1].

Стрімкий розвиток електронної комерції зумовив формування економіки, у межах якої цифрові платформи охопили більшість галузей сучасного господарства та набули різноманітних організаційних форм.

Ключовою формою реалізації економіки платформ є маркетплейси, оскільки вони забезпечують багатосторонню взаємодію, мережеві ефекти та цифрову інфраструктуру для обміну цінностями між учасниками. Маркетплейс – це платформа, на якій пропонуються товари та послуги від численних продавців, які можуть бути куплені клієнтами [2].

Маркетплейси виступають специфічною формою організації логістичних процесів, у межах якої формується складна багаторівнева система взаємодії між цифровою платформою, продавцями, логістичними провайдерами та кінцевими споживачами. На відміну від традиційної роздрібної торгівлі, логістичний менеджмент у маркетплейсах орієнтований не на вертикальну інтеграцію, а на узгодження дій значної кількості автономних учасників.

Функціонування сучасних маркетплейсів базується на комбінуванні централізованих логістичних елементів (складська інфраструктура, фулфілмент-центри, служби доставки) та децентралізованих підходів, за яких



окремі продавці самостійно забезпечують зберігання і транспортування продукції. Така модель сприяє підвищенню адаптивності та масштабованості логістичної системи платформи.

Щоб оптимізувати логістику, багато інтернет-магазинів використовують фулфілмент, під яким розуміють комплекс послуг зі зберігання товарів, збирання замовлень і передачі їх на доставку. Цей сервіс підійде підприємцям, які тільки-но відкрили інтернет-магазин і одразу орендувати приміщення для зберігання товарів їм нерентабельно. Послуги з логістики також потрібні для компаній, які планують масштабувати та оптимізувати бізнес, включаючи інтернет-магазини та маркетплейси [3].

Використання фулфілмент-моделей є важливим інструментом оптимізації логістичних процесів у маркетплейсах. Воно забезпечує ефективніше управління товарними запасами, скорочення термінів доставки та підвищення рівня обслуговування клієнтів. Практика провідних міжнародних платформ, зокрема Amazon та Alibaba, підтверджує визначальну роль розвиненої логістичної інфраструктури у формуванні конкурентних переваг маркетплейсів.

Логістичний менеджмент маркетплейсів ґрунтується на широкому застосуванні цифрових рішень, зокрема систем управління складськими операціями (WMS), транспортної логістики (TMS), інструментів аналітики великих даних та елементів штучного інтелекту, що дозволяє забезпечити прозорість логістичних потоків, підвищити точність прогнозування та оперативність управлінських рішень.

Для того, щоб функціонувати на конкретних ринках, логістичний менеджмент маркетплейсів повинен адаптуватися до ринкових умов та враховувати рівень розвитку інфраструктури, платоспроможності населення та регуляторних обмежень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про електронну комерцію. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/675-19#Text> (дата звернення 03.04.2026).
2. Похилько С.В., Швидка Ю.С. Маркетплейси як основа електронної комерції: технологічний потенціал та інвестиційні горизонти. *Економіка, управління та адміністрування*. 2025. № 2 (112). DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2025-2\(112\)-27-33](https://doi.org/10.26642/ema-2025-2(112)-27-33)
3. Фулфілмент: що це, навіщо потрібен і який краще в Україні. URL: https://allo.ua/ua/fulfilment-shcho-tse-navishcho-potriben-i-yakiy-krashchyi-v-ukraini_am0-31/?srsltid=AfmBOooJHKzluIINj0zZ4MasCB8GBKb2Q1AQy5skC0Kx-bp8Zt2wXGf_



ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Денисенко Микола¹, Фоменко Юлія²

*¹доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту та підприємництва
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

*²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
4 курсу факультету права, бізнесу та адміністрування
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

У сучасних умовах розвитку цифрової економіки інформація набуває статусу одного з найважливіших стратегічних ресурсів підприємства. Рівень ефективності управлінської діяльності значною мірою визначається тим, наскільки оперативно здійснюються процеси збору, обробки та передавання даних між структурними підрозділами. У зв'язку з цим система управління інформаційними потоками стає одним із ключових елементів забезпечення результативності менеджменту.

Процеси цифрової трансформації бізнесу суттєво змінюють підходи до формування та використання інформаційних ресурсів. Сучасні технологічні рішення дозволяють автоматизувати обробку даних, об'єднати різні інформаційні системи в єдине середовище та забезпечити доступ до актуальної інформації в режимі реального часу. Це створює передумови для підвищення якості управлінських рішень та оперативного реагування підприємства на зміни зовнішнього середовища [1].

З огляду на це дослідження процесів цифрової трансформації системи управління інформаційними потоками підприємств залишається актуальним напрямом наукового пошуку.

Питання цифровізації управлінських процесів широко розглядаються у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Значна частина досліджень присвячена впливу цифрових технологій на організацію бізнес-процесів та функціонування інформаційних потоків.

Емпіричні результати свідчать, що впровадження цифрових рішень у систему управління дозволяє підвищити загальну ефективність діяльності підприємств, оптимізувати використання ресурсів та покращити координацію між підрозділами [2].

Особливо важливу роль у цифровій трансформації відіграють інтегровані інформаційні системи, зокрема ERP-, CRM- та BPM-рішення. Їх застосування



забезпечує автоматизацію ключових процесів, інтеграцію інформаційних потоків та підвищення якості управлінського забезпечення [3].

Окремо варто підкреслити значення сучасних аналітичних інструментів і технологій обробки великих масивів даних, які дають змогу більш ефективно використовувати інформацію для обґрунтування управлінських рішень.

Інформаційні потоки виступають базовим елементом системи управління підприємством, оскільки забезпечують комунікацію між рівнями управління та структурними підрозділами. Вони охоплюють повний цикл роботи з інформацією — від її отримання та обробки до зберігання і подальшого використання в процесі прийняття рішень.

Належна організація інформаційних потоків дозволяє забезпечити своєчасність і достовірність даних, що позитивно впливає на якість управління. Водночас традиційні підходи часто характеризуються недостатнім рівнем інтеграції інформаційних систем, що ускладнює обробку даних і знижує ефективність управлінських процесів.

Саме тому цифрова трансформація системи управління інформаційними потоками розглядається як один із пріоритетних напрямів підвищення ефективності підприємств.

Цифрова трансформація передбачає впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій з метою оптимізації бізнес-процесів, удосконалення управлінських механізмів та розширення можливостей розвитку організації. У сучасній економіці цифровізація є важливим фактором конкурентоспроможності, оскільки забезпечує більш ефективну роботу з інформацією та швидку адаптацію до змін середовища.

Ключову роль у цьому процесі відіграють технології автоматизації, хмарні сервіси, системи обробки даних та аналітичні платформи, які дозволяють об'єднувати інформаційні ресурси підприємства в єдину систему. Це сприяє формуванню цілісного інформаційного простору та підвищенню узгодженості управлінських рішень.

Одним із головних напрямів цифрової трансформації є автоматизація інформаційних потоків через впровадження ERP-, CRM- та BPM-систем. Вони забезпечують інтеграцію бізнес-процесів, швидкий обмін інформацією між підрозділами та підвищення якості управлінських даних [3].

Завдяки цьому підприємства отримують можливість більш точно планувати діяльність, ефективніше контролювати ресурси та приймати обґрунтовані рішення.

Додатково цифрові технології дозволяють суттєво скоротити час обробки інформації, зменшити витрати на її аналіз та підвищити швидкість управлінських реакцій. Це позитивно впливає на якість як оперативного, так і стратегічного планування.

Важливим результатом цифровізації є також зростання прозорості управлінських процесів. Сучасні інформаційні системи забезпечують



можливість моніторингу ключових показників у реальному часі, що дає змогу своєчасно виявляти відхилення та реагувати на них [4].

У підсумку цифрова трансформація системи управління інформаційними потоками забезпечує більш глибоку інтеграцію даних, підвищення швидкості їх обробки та покращення якості управлінської інформації. Це створює основу для оптимізації бізнес-процесів і зміцнення конкурентних позицій підприємства в умовах цифрової економіки.

Вплив цифровізації на процес прийняття управлінських рішень проявляється у кількох ключових аспектах. По-перше, забезпечується швидкий доступ до актуальної інформації, що підвищує оперативність управління. По-друге, інтеграція інформаційних систем дає можливість здійснювати комплексний аналіз діяльності підприємства та підвищувати точність прогнозування. По-третє, автоматизація зменшує вплив людського фактору та мінімізує ризик помилок.

Крім того, цифрова трансформація сприяє формуванню нових управлінських моделей, у яких основою прийняття рішень виступають дані та аналітика.

Таким чином, цифровізація системи управління інформаційними потоками є важливим чинником підвищення ефективності управління підприємством. Вона забезпечує інтеграцію інформаційних ресурсів, прискорення обробки даних і підвищення якості управлінських рішень.

Використання сучасних ERP-, CRM- і BPM-систем, а також аналітичних платформ дозволяє оптимізувати бізнес-процеси, підвищити ефективність управління та забезпечити конкурентоспроможність підприємства в умовах цифрової економіки.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення більш гнучких моделей інтеграції цифрових технологій у систему управління інформаційними потоками з урахуванням специфіки діяльності підприємств і динаміки зовнішнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ahmad T., Van Looy A. Business Process Management and Digital Innovations: A Systematic Literature Review // Sustainability. 2020. Vol. 12, № 17. P. 1–23.
2. Borysov Y., Shepel I. Digital transformation of enterprises using ERP, CRM and BPM // Pryazovskyi Economic Herald. 2025. № 1. P. 34–41.
3. Загороднюк О. В., Дмитрик І. О. Роль BPM, CRM та ERP систем у цифровій трансформації українського бізнесу // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2024. № 105. С. 112–118.
4. Івченко Є. А., Хімченко А. О. Цифрова трансформація систем управління бізнес-процесами на українських підприємствах // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2024. № 286(6). С. 45–50.



РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РЕАЛІЗАЦІЇ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО СТРАТЕГІЧНИХ ЦІЛЕЙ АВІАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ АНТИКРИЗОВОГО УПРАВЛІННЯ

Живко Зінаїда¹, Кухарська Лілія², Остапенко Олександр³

*¹доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту авіаційної діяльності, Українська державна
льотна академія, м. Кропивницький, Україна,
e-mail: zinaukraine@gmail.com*

*²доктор філософії з менеджменту,
доцент кафедри іноземних мов та військового перекладу
Національної академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного,
e-mail: liliia_kukharska@ukr.net*

*³аспірант Українська державна льотна академія, м. Кропивницький, Україна
e-mail: Ostapenko2024.so@gmail.com*

Розглянемо клієнтоорієнтований підхід як основу сучасного стратегічного менеджменту авіаційного підприємства та особливості використання штучного інтелекту [1]. Клієнтоорієнтованість – це концепція управління, за якої місія, стратегічні цілі, бізнес-модель, організаційна структура та КРІ формуються виходячи з довгострокового створення та нарощення цінності для клієнта, у нашому дослідженні до пасажера. Інтереси клієнтів стають пріоритетом у системі управлінських рішень, а економічні результати (прибуток, ринкова частка, капіталізація) розглядаються як похідні від стійкого задоволення потреб цільових сегментів і розвитку довгострокових взаємин.

Щодо теоретичних засад впливу клієнтоорієнтованості на зміст стратегічних цілей слід зазначити, що клієнтоорієнтованість змінює зміст місії та візії. Місія формулюється через обіцянку цінності та вирішення проблем пасажера, забезпечення комфорту, безпеки, персоналізованого досвіду, а не лише через обсяг перевезень. Своєю чергою, візія прив'язується до ролі компанії як партнера в подорожі пасажера. Стратегічні цілі переорієнтовуються з традиційних обсягів продажів і частки ринку на показники лояльності, довічної цінності клієнта (LTV), рівня задоволеності (NPS) та утримання пасажирів.

Запропонуємо модель інтеграції клієнта в корпоративну стратегію для авіакомпанії (рис.1).

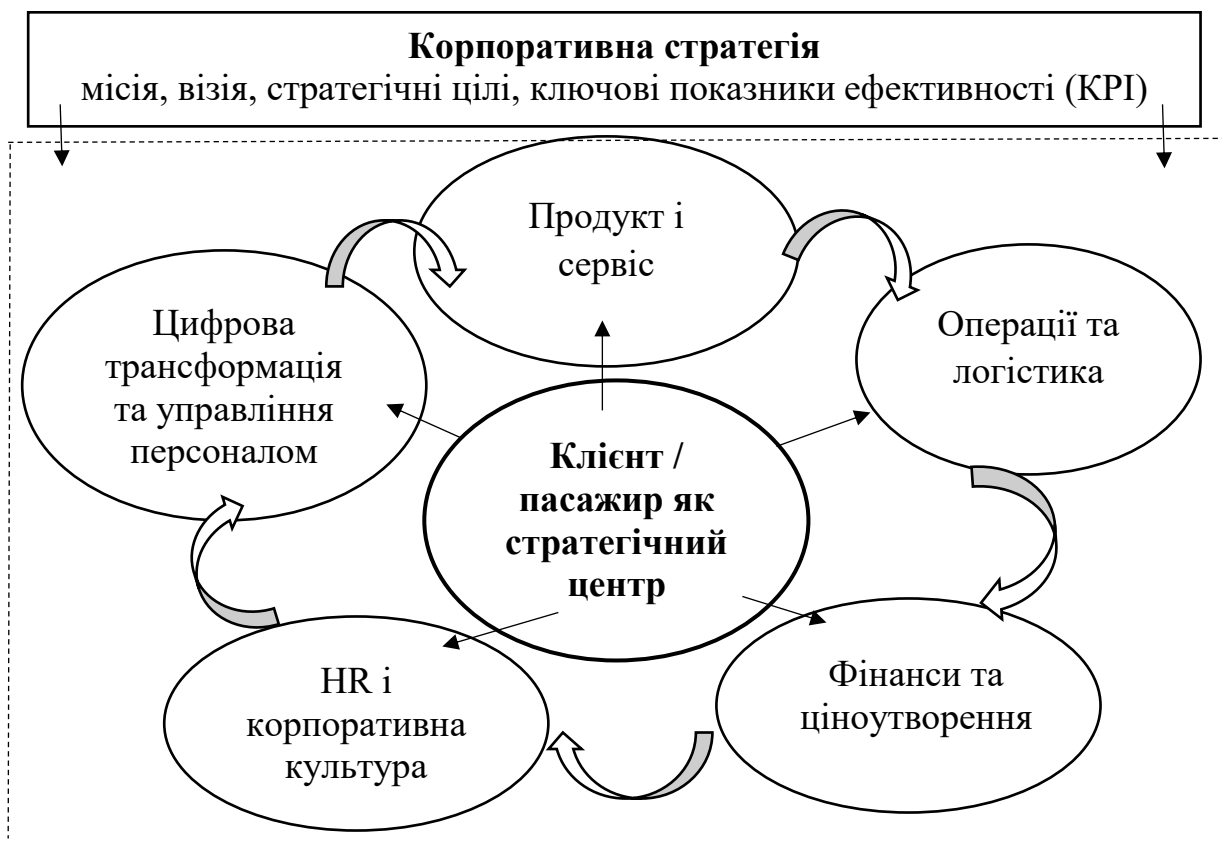


Рис. 1. Модель інтеграції клієнта в корпоративну стратегію

Клієнтоорієнтованість виходить за межі функції маркетингу і стає загальною стратегічною рамкою, яка задає вимоги до продукту, сервісу, логістики, фінансів, HR та корпоративної культури. Ефективна реалізація можлива лише за умови глибокої інтеграції клієнтоорієнтованих стратегій у загальну корпоративну стратегію та систему довгострокових рішень.

Ключові аспекти впливу клієнтоорієнтованості на стратегічні цілі (рис.2).

Стратегічні цілі включають: підвищення NPS та індексу задоволеності до цільового рівня; зростання частки лояльних пасажирів і повторних покупок; зменшення churn rate; розвиток CRM та програм лояльності як окремого стратегічного напрямку; формування бренду як надійного партнера в подорожі. Ці цілі пов'язані з фінансовими результатами через побудову клієнтського капіталу.

Клієнтоорієнтовані стратегії знижують витрати на залучення нових пасажирів (завдяки рекомендаціям), підвищують готовність платити премію за якісний сервіс, оптимізують операційні витрати (менше скарг, точніше прогнозування попиту). У результаті зростає маржинальність, стабілізуються грошові потоки та підвищується ринкова вартість компанії. Програми лояльності перетворюються на окремий фінансовий актив, що генерує значні доходи від партнерств.



Рис. 2. Ключові аспекти впливу клієнтоорієнтованості на стратегічні цілі*

*Сформовано авторами

ШІ радикально посилює клієнтоорієнтований підхід, дозволяючи збирати, аналізувати та використовувати величезні обсяги даних у реальному часі [1]. Він переходить авіакомпанії від масового до гіпер-персоналізованого сервісу на всіх етапах customer journey: від динамічного ціноутворення та рекомендацій маршрутів до персоналізованих пропозицій під час польоту та післяпольотної підтримки.

Практичне застосування ШІ в реалізації клієнтоорієнтованих стратегічних цілей (рис.3).



Рис. 3. Клієнтоорієнтовані стратегічні цілі*

*Сформовано авторами

У умовах воєнних ризиків, закриття повітряного простору та відновлення галузі ШІ забезпечує проактивність: швидке реагування на збої, оптимізацію обмежених ресурсів, відновлення довіри пасажирів через прозору комунікацію та персоналізовану підтримку. Це підвищує стійкість бізнес-моделі та прискорює післявоєнне відновлення.

Для успішної реалізації потрібна інтеграція ШІ в загальну стратегію: розробка Національної авіаційної стратегії з акцентом на цифрову трансформацію, інвестиції в дані та аналітику, підготовка кадрів, управління ризиками ШІ (етичні аспекти, кібербезпека). Майбутнє авіаційних підприємств – у поєднанні клієнтоорієнтованості та ШІ, що забезпечить не лише відновлення, а й якісно новий рівень конкурентоспроможності та стійкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Молодіжний економічний вісник ХНЕУ ім. С. Кузнеця № 7 липень 2023 Електронний журнал. <https://hneu.edu.ua/content/documents/39/3856/Attaches/mv-07-2023.pdf>
2. Андрій Таранич, Дмитро Пелехацький. Використання штучного інтелекту в процесах стратегічного управління підприємствами Economy of Ukraine 67(1(746). January 2024. P. 54-65. DOI:10.15407/economyukr.2024.01.054



ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Кіяновська Наталія¹, Ковальчук Тетяна², Зінонос Наталія³

¹доцент кафедри вищої математики та фізики Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг, kiyanovskaya.n.m@knu.edu.ua

²доцент кафедри вищої математики та фізики Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг, kovalchuk.tm@knu.edu.ua

³доцент кафедри вищої математики та фізики Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг, natalyazinonos@knu.edu.ua

Технологічний розвиток в світі відбувається стрімко та безперервно, новітні розробки впроваджуються у різні сфери життя, зокрема і в освітній процес. Так серед останніх розробок сьогодення продуктивним є впровадження в освіті штучного інтелекту (ШІ). Його роль в процесі навчання стрімко зростає: дослідження показують, що вже понад 22% здобувачів освіти та 24% викладачів регулярно використовують його у процесі підготовки до навчального процесу [1-4], як у всьому світі, так і в Україні він стає ключовим інструментом у процесі цифровізації освітнього процесу. Таке впровадження відбувається на всіх ланках освітнього процесу: від закладів дошкільної освіти до закладів вищої освіти, де ШІ застосовують для персоналізованого навчання, автоматизації оцінювання та створення інтерактивних матеріалів. Світова освітня практика показує, що у багатьох країнах світу ШІ інтегрують у цифрові платформи, системи дистанційного навчання та адаптивні курси. В Україні наразі ведеться велика кількість розробок методичних матеріалів щодо впровадження ШІ у різних освітніх галузях (табл. 1).

Таблиця 1

Приклади інструментів ШІ в українській освіті

Категорія	Інструменти	Використання
Генеративні платформи	ChatGPT, Bing Copilot, Grammarly	Створення навчальних текстів, адаптація матеріалів, перевірка стилю та граматики
Адаптивні системи навчання	Moodle з AI-модулями, Classtime	Персоналізовані завдання, автоматичне оцінювання, аналітика прогресу
Візуалізація та моделювання	GeoGebra, MATLAB з AI-доповненнями	Побудова графіків, моделювання процесів, інтерактивні демонстрації
Мовні технології	Google Translate з AI, українські NLP-моделі	Переклад, адаптація міжнародних джерел, тренування мовних навичок

Серед основних напрямів впровадження ШІ є:

- персоналізація навчання із використанням систем ШІ (ChatGPT, Copilot, EdEra LMS, Google Classroom із вбудованим ШІ, Knewton, Smart Sparrow, «Мрія» (Україна)), що надає можливість адаптувати навчальний матеріал під рівень знань та темп здобувачів освіти;



- впровадження автоматизації оцінювання (освітній платформі «Мрія», Coursera, Khan Academy, Gradescope), коли тести та завдання перевіряються швидше й об'єктивніше;

- інтерактивні інструменти для генерації навчального матеріалу (ChatGPT, Copilot, Bard, EdEra LMS, із вбудованим ШІ Google Classroom, Microsoft Teams for Education, Khan Academy Khanmigo, Quizlet, Nearpod, Pear Deck), коли за допомогою ШІ є можливість створювати навчальні тексти, генерувати різномірні приклади до тем, створювати візуалізацію;

- підтримка викладачів: допомога у підготовці матеріалів, плануванні уроків, аналізі успішності.

Та надаючи широкі можливості ШІ, також створює нові виклики та ризики для педагогів. Оскільки в процесі генерації ШІ може неточно сприйняти запит, викладач має постійно моніторити якість освітнього контенту, оскільки системи ШІ можуть генерувати помилки або неточності. Виникають ризики залежності здобувачів освіти від автоматизованих пошуків рішень завдань.

Крім того у системах штучного інтелекту, пов'язаних із генеративними моделями (ChatGPT, Bard, Copilot та інші), що зберігають і аналізують введені користувачами дані, питання забезпечення безпеки збереження даних залишається не вирішеним, тому важливо обирати перевірені платформи, щоб уникнути витоку інформації.

До найбільш безпечних платформ для українських закладів освіти можна віднести «Мрія», Moodle з локальним хостингом, Google Workspace for Education та Microsoft Teams for Education. На цих платформах забезпечується контроль над даними, вони є сертифікованими та відповідають міжнародним стандартам.

Штучний інтелект стає невід'ємною частиною сучасної освіти, особливо у сфері дистанційного та змішаного навчання. Його роль зростатиме й надалі, але для ефективного впровадження потрібні чіткі стандарти, етичні правила та підготовка компетентного педагогічного складу. Нормативна база в Україні поступово напрацьовується, розробляються рекомендації щодо безпечного використання ШІ в освіті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Служба освітнього омбудсмена України. Штучний інтелект в освіті: статистика використання, рекомендації щодо застосування та як обрати безпечний інструмент [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eo.gov.ua> (дата звернення: 02.04.2026).

2. Інститут цифровізації освіти НАПН України. Моніторинг готовності та потреб вчителів щодо використання цифрових засобів та ІКТ: аналітичний звіт / за ред. В. Биков, О. Спірін. – Київ: НАПН України, 2024. – 120 с. – ISBN 978-617-8330-34-7.

3. EdEra. EdEra LMS: сучасна українська платформа для управління навчанням [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ed-era.com> (дата звернення: 02.04.2026).

4. Tokarev Foundation; EdEra. Дослідження проблем викладання математики та шляхи їх вирішення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tokarev.foundation> (дата звернення: 02.04.2026).



УТОЧНЕННЯ СЕМАНТИКИ ТА УМОВ ЗАВЕРШУВАНOSTІ РЕКУРСИВНИХ ЗАПИТІВ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПІДХОДУ

Компан Сергій

к.ф.-м.н.

доцент кафедри інтернет-технологій

Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій

м. Київ, serge.kompan@gmail.com

Вступ. Рекурсивні запити в мові SQL, які реалізовані через *Common Table Expressions (CTE)* (в PostgreSQL через оператор WITH RECURSIVE), є потужним інструментом для роботи з ієрархічними та графовими даними. Проте їхня завершеність (termination) не гарантується автоматично і залежить від структури даних та логіки запиту. В роботі запропоновано формальне уточнення побудови та завершеності рекурсивних SQL-запитів за допомогою композиційного підходу, що розширює семантичну схему $C(f, g)$ з роботи [1], яка використовує ітераційний процес обробки дельт-відношень. Цей процес базується на стратегії напів-наївного обчислення (semi-naive evaluation), що надає оптимізацію швидкодії виконання *CTE* запиту шляхом роботи виключно з новими кортежами на кожному кроці рекурсії. Такий підхід дозволяє уникнути надмірних обчислень над усім накопиченим за допомогою рекурсивних кроків масивом даних. Однак, виникає проблема розриву між фізичною реалізацією рекурсивного *CTE* та декларативною семантикою стандарту SQL [2].

На відміну від оригінальної моделі [1], яка близька до напів-наївної (дельта) семантики, уточнена модель $C^+(f, g)$ використовує мультимножинне накопичення (окремим випадком розглянуто множинне накопичення), яка повністю відповідає декларативній семантиці стандарту SQL (у випадку мультимножинного об'єднання).

Результати роботи. Наведемо уточнення моделі [1] з використанням мультимножин: $t_0 = g(), t_{i+1} = t_i \cup f(t_i, t_0), i \geq 0,$ (1)
де \cup , означає мультимножинне об'єднання (еквівалент UNION ALL у SQL), таблиця t_0 – це фіксований результат якорного запиту (anchor table), який залишається незмінним протягом усієї рекурсії, таблиці t_1, t_2, \dots, t_i позначає повний накопичений результат рекурсивного CTE на i -й ітерації (мультимножину всіх кортежів, згенерованих до цього кроку включно). Включення t_0 , як окремого параметра в $f(t_i, t_0)$, відображає доступ рекурсивної частини до початкового результату, що допускається семантикою SQL. Формулу (1) можна записати в операторному вигляді: $F_{bag}(X) = X \cup f(X, A), A = g()$. Тут $A = g()$ – це фіксований результат (таблиця) якорного запиту.



Умова стабілізації рекурсії для мультимножинної моделі (1) полягає в тому, що рекурсивна частина не генерує нових кортежів, тобто

$f(t_i, t_0) = \emptyset$. Застосування теореми Тарського [3] до мультимножинної моделі можливе за умови монотонності оператора $F_{\text{bag}}(X)$, оскільки множина мультимножин з покомпонентним порядком кратностей утворює повну решітку. В такому випадку існує найменша фіксована точка оператора. Разом з тим, на відміну від множинного випадку, теорема Тарського не гарантує досягнення цієї фіксованої точки ітераційним процесом. Ланцюг ітерацій може не стабілізуватися, якщо рекурсивна частина генерує дедалі більшу кількість дублікатів одного й того самого кортежу. Завершеність ітераційного процесу має місце лише за додаткових умов, зокрема, якщо для кожного кортежу існує верхня межа його кратності в процесі обчислення. Отже, у мультимножинному випадку виникає розрив між існуванням фіксованої точки та її досягненням ітераційним процесом.

Розглянемо спеціальний випадок, в якому використовується семантика множин (еквівалент UNION у SQL). Тоді, гарантії завершеності стають сильнішими і впливають безпосередньо з класичної теореми Тарського, яку застосовуємо безпосередньо. Існує найменша фіксована точка та послідовність $t_0 \subseteq t_1 \subseteq t_2 \subseteq \dots$ сходиться до цієї точки (за умови скінченності домену). Уточнена модель для спеціального випадку набуває вигляду: $t_0 = g()$, $t_{i+1} = t_i \cup f(t_i, t_0)$, $i \geq 0$, а в операторному вигляді: $F_{\text{set}}(X) = X \cup f(X, A)$. Оператор $F_{\text{set}}(X)$ діє на решітці множин з включенням \subseteq . За умови монотонності функції f оператор $F_{\text{set}}(X)$ також є монотонним: якщо $X \subseteq Y$, то $F_{\text{set}}(X) \subseteq F_{\text{set}}(Y)$.

Зробимо зауваження, що на відміну від моделі [1], де початкове значення визначається як $t_1 = g(t_0)$, у даній роботі використовується еквівалентне представлення, в якому результат якірного запиту фіксується як $A = g()$ і покладається $t_0 = A$. Це відповідає декларативній семантиці SQL, де anchor-частина не залежить від попередніх ітерацій рекурсії.

Умова стабілізації (завершення) рекурсії для спеціального множинного об'єднання буде тоді, коли послідовність досягає фіксованої точки: $t_{i+1} = t_i \Leftrightarrow f(t_i, t_0) \subseteq t_i$. У такому випадку оператор $F_{\text{set}}(X) = X \cup f(X, A)$ (2) діє на класичній решітці множин з порядком включення \subseteq . За умови монотонності функції f завершеність обчислення гарантується безпосередньо теоремою Тарського за умови скінченності домену (або скінченності решітки) ітераційна послідовність досягає цієї фіксованої точки за скінченну кількість кроків. Тоді фінальним результатом буде таблиця t_n , оскільки всі попередні таблиці вже включені в накопичення. У випадку, коли послідовність не стабілізується, маємо виконання умови: $t_{i+1} \neq t_i$ для всіх $i \geq 1$, процес виконання запиту продовжується нескінченно, а тому обчислення не завершується (не досягається фіксована точка).



Таким чином, у спеціальному множинному випадку завершеність обчислення гарантується безпосередньо класичною теоремою Тарського. У загальному мультимножинному випадку завершеність вимагає додаткових умов (наявність монотонності оператора $F_{\text{bag}}(X)$ та відсутність циклів, що необмежено нарощують кратність кортежів).

Висновки. У роботі запропоновано формальне уточнення побудови та завершеності рекурсивних *СТЕ* запитів, реалізованих через конструкцію WITH RECURSIVE, на основі композиційного підходу. Побудована уточнена модель $C^+(f, g)$, яка є природним розширенням композиційного оператора $C(f, g)$, введеного в роботі [1]. Уточнена модель використовує мультимножинне об'єднання (\cup , еквівалент UNION ALL) і повністю відповідає декларативній семантиці стандарту ISO SQL [2], забезпечуючи рекурсивному члену доступ до повного накопиченого результату на кожному кроці ітерації.

Розглянуто спеціальний множинний випадок, який відповідає використанню UNION. В такому випадку оператор набуває вигляду (2) і діє на класичній решітці множин. За умови монотонності функції f завершеність обчислення гарантується безпосередньо теоремою Тарського.

Уточнена модель $C^+(f, g)$ усуває концептуальний розрив між декларативною семантикою стандарту SQL та практичною напів-наївною реалізацією в СУБД. Забезпечує теоретичну коректність формального опису рекурсивних запитів у SQL і одночасно зберігає практичне використання, зменшуючи невідповідності між стандартом SQL та його реалізаціями в сучасних СУБД.

Отримані результати можуть бути безпосередньо використані при розробці оптимізаторів SQL-запитів (query optimizers), компіляторів запитів та систем формальної верифікації рекурсивних SQL-запитів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Буй Д. Б., Поляков С. А. Рекурсивні запити в SQL-подібних мовах: приклади, змістова і формальна семантика // Проблеми програмування, спеціальний випуск. – 2010. – №2/3. URL: <https://nasplib.isofts.kiev.ua/bitstreams/6d6d6836-1e28-4ff5-a89a-563aa59e7cd7/download>
2. ISO/IEC 9075-2:1999. Information technology – Database languages – SQL – Part 2: Foundation (SQL/Foundation) Інформаційні технології. Мови баз даних. SQL. Частина 2: Основи (SQL/Foundation). Женева: Міжнародна організація зі стандартизації, 1999. URL: <https://courses.cms.caltech.edu/cs123/sql99std/ansi-iso-9075-2-1999.pdf>
3. Tarski A. A lattice-theoretical fixpoint theorem and its applications // Pacific Journal of Mathematics. – 1955. – Т. 5, № 2. – С. 285-309.



ТРАНСФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кононенко Леся

к. е. н., доцент,

*доцент кафедри підприємництва, обліку та фінансів
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Херсон / м. Кропивницький, kononenko.l@ksaeu.kherson.ua*

Еволюція людської цивілізації характеризується хвилеподібним, революційним розвитком, де кожен стрибок зумовлений синергією наукових відкриттів у різних галузях. Хоча в науковому дискурсі технологічні епохи традиційно ідентифікують за одним домінуючим винаходом (наприклад, винахід парового двигуна у контексті Промислової революції), реальні зміни завжди були і є комплексними. Важливо усвідомлювати, що успіх Промислової революції було обумовлено не лише винаходом парового двигуна і механізацією, але й паралельним розвитком (крім іншого) систем інформаційного забезпечення системи управління. Саме у цей період почав масового використовуватися подвійний запис в обліку, що уможливило формування релевантної, якісної і своєчасної інформації для прийняття управлінських рішень. Це, разом із винаходом парового двигуна та іншими інноваціями, дало потужний імпульс для розвитку людства.

Сьогодні ми є свідками чергового революційного переходу, який за своєю складністю не має аналогів у усьому попередньому досвіді людства [1]. Мова йде про формування Society 5.0 — людиноцентричного суспільства, що розв'язує соціальні проблеми через інтеграцію кіберпростору та фізичного світу. У цьому контексті система управління підприємством зазнає докорінного перманентного трансформування. Обліково-аналітичне забезпечення, як основна складова інформаційного забезпечення управління підприємством, переходить на новий рівень: від ретроспективного відображення господарських подій до прогнозної цифрової моделі в реальному часі.

Застосування сучасних цифрових технологій у системі інформаційного забезпечення управління є стратегічною необхідністю для підприємств будь-якого масштабу. Цей процес потребує системного підходу, оскільки кожен етап цифрової трансформації безпосередньо залежить від рівня технологічного оснащення, адаптивності моделі менеджменту та ступеня рівня цифрових компетентностей персоналу [2]. У той час як для великих корпорацій цифровізація стає стандартом, для малого та середнього бізнесу цей перехід створює суттєві виклики, які пов'язані з обмеженістю кадрових та фінансових ресурсів.



На сьогодні більшість підприємств при формуванні обліково-аналітичного забезпечення використовують типові бухгалтерські програми, які вже не повною мірою задовольняють їх інформаційні потреби. Водночас існують сучасні цифрові технології, що адаптовані до потреб бухгалтерського обліку. Серед них найбільш оптимальними для обліково-аналітичного забезпечення системи управління підприємством вважаються технології штучного інтелекту (Artificial Intelligence), великих даних (Big Data), аналітики даних (Data Analytics) та машинного навчання (Machine Learning) [3].

Сучасний етап розвитку цивілізації характеризується переосмисленням глобальної місії бізнесу та його орієнтацією на реалізацію Цілей сталого розвитку (Sustainable Development Goals). Це зумовлює об'єктивну необхідність відображення в обліку соціально-економічних подій та їх наслідків, що відбуваються за межами внутрішнього середовища підприємства (екологічні, соціальні аспекти тощо).

В умовах сьогодення спостерігається «розмивання» професійних кордонів. Фахівці обліково-аналітичного профілю дедалі частіше беруть на себе відповідальність за цифровізацію та стратегічне управління, що є важливим в умовах перманентних змін. Це потребує переформатування інформаційного забезпечення та підготовки кадрів із гнучкими, перманентно оновлюваними компетентностями.

Системна інтеграція цифрових технологій в управлінську діяльність підприємств стикається з низкою бар'єрів: недосконалістю законодавчої бази, загрозами кібербезпеці та низьким рівнем цифрових компетентностей персоналу.

Особливої гостроти питання цифрової трансформації набуває в умовах подолання наслідків воєнних дій та масштабних криз. Виклики, пов'язані з руйнуванням логістики, втратою активів та кадровим дефіцитом [4], вимагають мобільних, своєчасних та адекватних управлінських рішень. У цих умовах використання сучасних цифрових технологій дозволить не лише оптимізувати поточну діяльність підприємств, а й забезпечити стратегічну стійкість системи управління на основі якісного, прозорого та своєчасного інформаційного забезпечення

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum. Geneva, Switzerland.
2. Жосан Г. В., Кириченко Н. В. Управління цифровізацією бізнес-процесів діяльності підприємства. *Economic Synergy*. 2022. № 4. С. 82–91. DOI: <https://doi.org/10.53920/ES-2022-4-6>.
3. Kononenko L., Nazarova H., Karnaushenko A., Bondar I., Yurchenko V. (2026). The role of artificial intelligence technology in shaping the information support of the management system for small agricultural enterprises. *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3345, №. 1. P. 020134. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0298924>



4. Nehrey, M., Taranenko, A., & Kostenko, I. (2022). Ukrainian agricultural sector in war time: problems and prospects. *Economy and Society*, (40). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-38>

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ЕНТРОПІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В AGILE-ПРОЕКТАХ

Лапаєв Андрій¹, Платонов Віталій², Платонова Євгенія³

¹асистент кафедри Інженерії програмного забезпечення національного університету «Одеська політехніка», м. Одеса, a.v.lapaev@op.edu.ua

²старший викладач кафедри оптимального керування та економічної кібернетики Одеського національного університету імені І.І.Мечнікова, м. Одеса, [.platonov@onu.edu.ua](mailto:platonov@onu.edu.ua)

³старший викладач кафедри оптимального керування та економічної кібернетики Одеського національного університету імені І.І.Мечнікова, м. Одеса, jane.platonova@onu.edu.ua

Штучний інтелект (ШІ) у сучасному менеджменті — це вже не сценарій з майбутнього, а дієвий інструмент, який перетворює керівника з «людини-оркестру» на стратега. Якщо раніше менеджер витрачав до 50% часу на адміністративну рутину, то сьогодні системи ШІ здатні брати це навантаження на себе, оптимізуючі планування, управління ресурсами та протоколювання зустрічей. Особливого значення набуває перехід до прийняття рішень на основі даних (Data-Driven Management), де ШІ доповнює інтуїцію управлінця жорсткими фактами, предикативною аналітикою та здатністю моделювати тисячі сценаріїв для вибору найнебезпечнішого шляху.

Ці інновації є критично важливими для управління розробкою складного програмного забезпечення, зокрема при масштабуванні проектів за методологією Scaled Agile Framework (SAFe). Традиційні методи оцінки трудомісткості та ризиків в Agile (наприклад, Story Points) значною мірою спираються на експертний досвід і є суб'єктивними. Перехід до об'єктивних кількісних метрик вимагає математичного моделювання взаємодії команд та оцінки локальної невизначеності за допомогою ентропії Шеннона та дерев проектних рішень.

Симбіоз математичних моделей (таких як системи лінійних алгебраїчних рівнянь для аналізу мережевих залежностей між Agile Release Trains) та алгоритмів генеративного ШІ створює новий рівень управління програмами. Практичний досвід показує, що використання ШІ дозволяє радикально пришвидшити обробку аналітичних даних: завантаження масивів інформації щодо епіків, фіч та їх залежностей у ШІ-асистенти дає змогу миттєво формувати зведені звіти (summary) щодо прихованих ризиків та вузьких місць системи.



Після верифікації та коригування результатів людиною, цей підхід економить колосальні обсяги часу. ШІ здійснює миттєвий пошук у внутрішніх базах компанії та допомагає з генеруванням стратегій обходу виявлених конфліктів та блокуючих залежностей.

Важливо зазначити, що впровадження таких інформаційних систем вимагає чистоти вхідних даних: якщо в систему завантажити суб'єктивний «сміттєвий» контент без математичного обґрунтування, на виході буде отримано «автоматизоване сміття». Тому первинним етапом є застосування ентропійного аналізу для структурування даних, з якими працюватиме ШІ.

Таким чином, ШІ не замінює проектного менеджера, а змінює його роль. Емпатія, вирішення міжособистісних конфліктів та етичне лідерство залишаються виключно за людиною. Водночас інструменти ШІ у поєднанні з математично обґрунтованими моделями оцінки невизначеності слугують потужним «екзоскелетом», який робить процеси прийняття рішень та управління комунікаціями між стейкхолдерами в Agile-проектах в рази швидшими та ефективнішими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лапаєв А. В. Інформаційна система для оптимізації комунікації між стейкхолдерами на основі аналізу дерев проектних рішень // Матеріали 81-ї звітної студентської наукової конференції Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Одеса : ОНУ імені І. І. Мечникова, 2025.
2. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal. 1948. T. 27, № 3. С. 379–423.
3. Scaled Agile, Inc. Scaled Agile Framework (SAFe). URL: <https://www.scaledagileframework.com/> (дата звернення: 23.03.2026).

ЦИФРОВА ГРАМОТНІСТЬ ЯК СКЛАДОВА ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ НОВОГО ТИПУ

Мармалюк Юлія

*викладач інформатики та інформаційних технологій
Кропивницького фахового коледжу харчування та торгівлі
м. Кропивницький*

У сучасних умовах глобальної цифрової трансформації економіки та суспільства відбувається переосмислення сутності людського капіталу, який дедалі більше набуває ознак динамічної, інтелектуально-інноваційної системи. Важливою складовою такого капіталу виступає цифрова грамотність, що інтегрує знання, уміння, навички та ціннісні орієнтації, необхідні для ефективної діяльності в інформаційно-цифровому середовищі [1].

Цифрова грамотність виходить за межі базового володіння інформаційно-комунікаційними технологіями та охоплює здатність до критичного аналізу



інформації, цифрової комунікації, створення цифрового контенту, забезпечення кібербезпеки та етичної взаємодії в онлайн-просторі. У цьому контексті вона виступає ключовим фактором підвищення конкурентоспроможності фахівця на ринку праці та забезпечує адаптивність до швидкоплинних змін цифрової економіки.

Формування людського капіталу нового типу передбачає інтеграцію цифрової грамотності у всі рівні освіти [3], що зумовлює необхідність оновлення освітніх програм, впровадження інноваційних педагогічних технологій та розвитку цифрової інфраструктури закладів освіти. Особливої актуальності набуває використання змішаного навчання, цифрових платформ, аналітики освітніх даних та інструментів штучного інтелекту, що сприяють персоналізації освітнього процесу та підвищенню його ефективності.

Водночас розвиток цифрової грамотності пов'язаний із низкою викликів, зокрема цифровою нерівністю, інформаційним перевантаженням, ризиками кіберзагроз та формуванням кліпового мислення [4]. Це зумовлює необхідність формування не лише технічних, а й когнітивних та соціально-емоційних компетентностей, які забезпечують усвідомлене та відповідальне використання цифрових технологій.

У Кропивницькому фаховому коледжі харчування та торгівлі значна увага приділяється розвитку інформаційно-цифрових компетентностей студентів у процесі викладання дисципліни «Інформатика та інформаційні технології». Коледж забезпечує підготовку фахових молодших бакалаврів за спеціальностями у сфері харчових технологій, підприємництва, торгівлі та обліку, що потребує активного використання сучасних цифрових технологій у професійній діяльності.

Навчальна дисципліна «Інформатика та інформаційні технології» спрямована не лише на формування базових навичок роботи з комп'ютером, а й на розвиток цифрової культури, критичного мислення, інформаційної безпеки та вміння використовувати цифрові ресурси у професійній сфері. Під час занять студенти опановують роботу з офісними програмами, хмарними сервісами, електронними таблицями, мультимедійними технологіями, засобами онлайн-комунікації та цифровими платформами для навчання. Важливим аспектом є застосування інформаційних технологій для обробки економічної інформації, створення презентацій, підготовки звітності та аналізу даних.

Особливого значення набуває використання інтерактивних методів навчання: проєктної діяльності, вебквестів, онлайн-тестування, роботи в цифрових освітніх середовищах. Такі форми роботи сприяють розвитку самостійності студентів, навичок командної взаємодії та здатності швидко адаптуватися до умов цифрового суспільства. Науковці підкреслюють, що впровадження інформаційно-комунікаційних технологій підвищує ефективність освітнього процесу, забезпечує індивідуалізацію навчання та формує інформаційну культуру здобувачів освіти [2].



У процесі викладання дисципліни значна увага приділяється практичній спрямованості навчання. Студенти виконують завдання, наближені до майбутньої професійної діяльності: створюють електронні документи, працюють із базами даних, розробляють інформаційні проекти, здійснюють пошук, аналіз та систематизацію інформації. Тому викладання дисципліни «Інформатика та інформаційні технології» у Кропивницькому фаховому коледжі харчування та торгівлі є важливим чинником формування цифрової грамотності студентів, розвитку їхньої професійної компетентності та підготовки конкурентоспроможних фахівців для сучасного цифрового суспільства.

Отже, цифрова грамотність є системоутворювальним елементом людського капіталу нового типу, що визначає здатність здобувача освіти до ефективної самореалізації в умовах цифрової економіки. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку методик оцінювання рівня цифрової грамотності та визначення її впливу на економічну продуктивність і соціальну мобільність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Digital Media and Information Literacy: A Way to Paperless Society. 2022.
2. Кривонос О. М., Кривонос М. П. Проектно-цифрова діяльність на уроках інформатики у формуванні свідомого використання цифрових технологій. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2026. Т. 111, № 1. pp. 39-60. ISSN 2076-8184. DOI: 10.33407/itlt.v111i1.6222
3. Міністерство цифрової трансформації України. Цифрова грамотність українців через освіту та технології. 2025. <https://digitalstate.gov.ua/uk/news/govtech/ukraine-accelerates-e-literacy-through-public-infrastructure>
4. Яременко Людмила, Марченко Дмитро. Кліпове мислення як феномен цифрового покоління : психологічний аспект. *Науковий вимір осмислення та пошуку шляхів розвитку України: маркетинговий, економічний, фінансовий, управлінський та правовий аспекти: збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції / за заг. ред.: Н.В. Писаренко, В.Б. Сухомлина. м. Київ, 10 березня 2026 р. Київ : Академія праці, соціальних відносин та туризму, 2026. С. 564-566.*

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У МЕТОДИКУ ВИКЛАДАННЯ ЕКОНОМІКИ

Мокрушина Оксана

*учитель економіки та географії, учитель вищої категорії
комунального закладу освіти «Криворізький ліцей «КОЛІЯ» Дніпропетровської
обласної ради», omokrusina507@gmail.com*

На сучасному етапі розвитку суспільства цифровізація відбувається високими темпами, що безпосередньо впливає на функціонування освітньої



сфери. Новітні технології трансформують традиційні підходи до викладання і навчання, відкриваючи нові можливості для організації освітнього процесу.

Особливе місце в цьому контексті займають технології штучного інтелекту, які поступово стають важливим інструментом сучасної освіти. Їх застосування сприяє індивідуалізації навчання, забезпечує можливість оперативної та динамічної оцінки результатів, а також підвищує ефективність взаємодії в онлайн- та змішаному навчанні, зокрема з використанням мобільних технологій.

Інтеграція технологій штучного інтелекту в освітній процес створює додаткові можливості для підвищення ефективності викладання економіки у старшій школі та може бути реалізована для досягнення різних освітніх цілей. Аналіз наукових джерел [1; 2; 3; 4] дав змогу виокремити, зокрема, такі технології та інструменти.

1. Чат-боти можуть виконувати функцію інтерактивного помічника вчителя, забезпечуючи оперативні відповіді на запитання учнів та пояснення економічних термінів. Практичні можливості застосування включають:

– надання визначень складних економічних понять, наприклад: «Валовий внутрішній продукт (ВВП) – це загальна ринкова вартість усіх товарів і послуг, вироблених у країні за певний період»;

– проведення тематичних міні-тестів у режимі онлайн: учні можуть отримувати миттєвий зворотний зв'язок щодо правильності відповідей;

– консультування щодо економічних кейсів: «Які фактори впливають на інфляцію?»

2. Експертні системи надають можливість моделювати економічні ситуації та аналізувати наслідки прийнятих рішень, що сприяє розвитку критичного мислення та аналітичних навичок учнів. Практичні можливості застосування включають:

– моделювання ринкових процесів, наприклад, аналіз впливу підвищення податків на попит та пропозицію;

– сценарне прогнозування: учні вводять дані про економічні показники та отримують графіки, що демонструють можливі наслідки змін у економіці;

– аналіз фінансових рішень підприємства: система демонструє вплив різних стратегій на прибуток і витрати.

3. Інтелектуальні наставники або агенти надають персоналізовану підтримку учням, адаптуючи навчальні матеріали до рівня знань та темпу засвоєння. Практичні можливості застосування включають:

– пояснення складних тем, таких як фінансові ринки або податкові системи, через інтерактивні вправи;

– пропозиція додаткових завдань для учнів, які мають пробіли в знаннях, з детальними поясненнями;

– учитель може створювати персоналізовані кейси: «Як інвестор заробляє на акціях?» або «Як підприємство оптимізує витрати на виробництво».



4. Алгоритми машинного навчання дозволяють аналізувати великі обсяги економічних даних і прогнозувати тенденції, що сприяє розвитку практичних навичок економічного аналізу. Практичні можливості застосування включають:

- аналіз історичних даних про ціни на товари для прогнозування тенденцій у ринку;
- використання алгоритмів для виявлення залежностей між економічними показниками, наприклад: «Як зміни в податковій політиці впливають на ВВП?»;
- проведення дослідницьких міні-проектів: учні збирають дані про доходи населення та витрати й будують економічні моделі.

5. Персоналізовані системи навчання та інтерактивні навчальні середовища забезпечують індивідуалізовані траєкторії навчання та активне засвоєння матеріалу через інтерактивні моделі та симуляції. Практичні можливості застосування включають:

- економічні симуляції: учні керують віртуальним підприємством, приймають рішення щодо цін, виробництва та маркетингу, аналізують прибуток і збитки;
- вправи на персоналізовану оцінку: система адаптує складність завдань відповідно до прогресу учня.
- використання ігрових сценаріїв для моделювання ринкових процесів та економічних стратегій.

Отже, інтеграція технологій штучного інтелекту в процес навчання економіки сприяє розвитку аналітичного та критичного мислення, формуванню навичок прийняття рішень, а також підвищенню навчальної мотивації учнів. Використання чат-ботів, експертних систем, інтелектуальних наставників, алгоритмів машинного навчання та персоналізованих інтерактивних середовищ створює передумови для реалізації адаптивного та практико-орієнтованого навчання. Це, у свою чергу, розширює можливості сучасної освіти, підвищуючи її ефективність і відповідність індивідуальним потребам здобувачів освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Osetskyi V., Vitrenko A., Tatomyr I., Bilan S., Hirnyk Ye. Artificial intelligence application in education: financial implications and prospects. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2020. № 2 (33). С. 574–584.
2. Літвін О. Г. Впровадження технологій штучного інтелекту в економіці. *Сучасні вектори відновлення та розвитку України на засадах сталості та безпеки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 21 листопада 2023 року). Чернігів : ГО «Науково-освітній інноваційний центр суспільних трансформацій», 2023. С. 150–153. DOI : https://doi.org/10.54929/conf_21_11_2023
3. Примаченко І. Штучний інтелект в освіті: можливості, виклики та перші кроки великої адаптації. URL : <https://life.pravda.com.ua/columns/2023/08/4/255650/> (дата звернення: 30.03.2026).
4. Рядинська І. А. Інноваційні методи викладання при вивченні економічних дисциплін у закладах вищої освіти України. *Бізнес Інформ*. 2021. № 1. С. 134–138. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2021_1_18 (дата звернення: 30.03.2026).



АГЕНТНІ ШІ-СИСТЕМИ ТА RAG-АРХІТЕКТУРИ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ: ТРАНСФОРМАЦІЯ РОЛІ МЕНЕДЖЕРА

Платонов Віталій¹, Платонова Євгенія²

¹старший викладач кафедри оптимального керування та економічної кібернетики
Одеського національного університету імені І.І.Мечнікова
м. Одеса, platonov@onu.edu.ua

²старший викладач кафедри оптимального керування та економічної кібернетики
Одеського національного університету імені І.І.Мечнікова
м. Одеса, jane.platonova@onu.edu.ua

Впровадження штучного інтелекту (ШІ) у менеджмент докорінно змінює правила гри: якщо раніше керівник витрачав до 50% свого часу на адміністративну рутину, то сьогодні цю функцію перебирають на себе автоматизовані системи. Однак реальний прорив в управлінні на основі даних (Data-Driven Management) відбувається завдяки переходу від використання єдиних універсальних чат-ботів до складних мультиагентних систем та архітектур генерації, доповненої пошуком (Retrieval-Augmented Generation, RAG).

Як показує практичний досвід інжинірингу складних систем, використання оркестрації спеціалізованих субагентів дозволяє радикально підвищити точність аналітичних результатів. У такій архітектурі загальний процес розбивається на окремі робочі процеси (workflows), за кожний з яких відповідає ШІ-агент зі специфічною роллю, жорсткими обмеженнями (Constraints) та власним набором інструментів для виклику функцій. Наприклад, в управлінні проектами один агент може виконувати роль «архітектора» (оцінка компромісів та планування), інший — діяти як «автономний дослідник» для пошуку першопричин ризиків або вузьких місць, а третій — формувати рішення. Розподіл завдань між вузькоспеціалізованими ШІ-агентами гарантує краще управління контекстом та значно зменшує кількість помилок (галюцинацій) завдяки використанню спеціалізованих промптів.

Критичною умовою роботи таких систем є чистота вхідних даних, оскільки завантаження інформаційного «сміття» неминуче призводить до генерації автоматизованого «сміття». Використання RAG-подібних моделей розв'язує цю проблему, дозволяючи ШІ-агентам здійснювати швидкий пошук у величезних внутрішніх базах даних компанії (вимоги, епіки, логі) та спиратися виключно на верифіковані факти. Практичний досвід підтверджує, що завантаження великих масивів проектних даних у таку систему дозволяє миттєво генерувати зведені звіти (саммарі) та знаходити розв'язання проблем, економлячи колосальні обсяги часу команди.

У цій новій парадигмі ШІ не замінює проектного менеджера, а повністю трансформує його роль. Менеджер майбутнього стає «творцем робочих потоків» (Flow Creator). Його головним інженерним завданням стає



проектування RAG-архітектури: визначення ролей для ШІ-агентів, створення ефективних промптів, налаштування їхньої взаємодії та встановлення системних обмежень.

Окрім технічної оркестрації ШІ-агентів, критичною залишається функція людини як фінального верифікатора. Подібно до того, як розробник перевіряє код перед злиттям, створений агентом-фіксером, менеджер аналізує зібрані ШІ дані (Human Review), коригує їх та остаточно затверджує. Звільнившись від рутини, управлінець фокусується на тому, що ШІ замінити не здатен: емпатії, вирішенні міжособистісних конфліктів, етичному лідерстві та вибудовуванні довірливого каналу зв'язку з клієнтом. Штучний інтелект у цьому контексті слугує лише потужним «екзоскелетом», який робить менеджера швидшим та ефективнішим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Vaira E., Chavales G. Designing a Project-Aware RAG Chatbot for Contextual Q&A and Automated Documentation : Master's thesis. Lund : Lund University, 2025.
2. Liu J., Wang G., Yang R., Zeng J., Zhao M., Cai Y. RTADev: Intention Aligned Multi-Agent Framework for Software Development // Proceedings of the Association for Computational Linguistics (ACL). 2024.
3. Shorten E., Monigatti L. What Is Agentic RAG? From LLM RAG to AI Agents // Weaviate. 2024.
4. Rawat A., Witt E., Lill I. A Conceptual Framework for LLM-Based Multi-Agent Systems in Construction Management // Proceedings of the CIB W78 Conference on IT in Construction. Porto, Portugal, 2025.
5. Wolpers S. Agile AI Agents // Scrum.org. 2026.
6. Balaguer A., Benara V., Cunha R. L. F., et al. RAG vs Fine-tuning: Pipelines, Tradeoffs, and a Case Study // arXiv preprint. 2024.

КРИТИЧНЕ МИСЛЕННЯ В ЕПОХУ ШІ: ВИКЛИКИ ТА ПІДХОДИ

Рубан Дарія¹, Шовкопляс Тетяна²

¹здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня

1 курсу спеціальності Середня освіта (Математика)

механіко-математичного факультету

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

м. Київ, dasharub@knu.ua

²к.фіз-мат.н.,

асистент кафедри загальної математики

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

м.Київ, lzagmat.tetyana1@knu.ua

Одна з основних педагогічних цілей викладача – розвивати критичне мислення учнів: не просто сприймати все за правду, а й вміти аналізувати, піддавати сумніву та робити власні висновки. Тому зараз вчителів хвилює активне поширення ШІ в освіті, оскільки часто воно зводить навчання до



механічного переписування розв'язків та відповідей в зошит. За опитуванням, проведеним Центром уявлення цифрового майбутнього Університету Елона (Elon University) та Американською асоціацією коледжів та університетів (AAC&U) [1], 90% викладачів вважають, що ШІ погіршує критичне мислення учнів, і 83% – що ШІ знижує їхню концентрацію. Тож чи варто заборонити ШІ чи підкоритися новій технології?

Насправді, ні те, ні інше. Едді Уотсон, віце-президент з цифрових інновацій Американської асоціації коледжів і університетів, висловлює думку, що ми не повинні відмовлятися від ШІ, натомість ми маємо переосмислити моделі навчання, методи оцінювання та академічну доброчесність. Головна мета – зробити так, щоб у центрі навчання залишалися власні думки та зусилля учня. Заклади освіти мають швидко адаптуватися, щоб технології сприяли розвитку освіти, а не знецінювали її.

Аналіз деяких наукових досліджень показує, що вчені та педагоги у всьому світі занепокоєні активним використанням ШІ учнями в навчанні. Водночас більшість із них вважає, що це стає проблемою лише тоді, коли ним користуються без належного розуміння. Сучасний світ змінює функції вчителя в процесі викладання: з функції донесення навчального матеріалу акценти переміщуються на менторство, що сприяє коригуванню дій учнів в процесі навчання. Отже, технології не замінюють вчителя, а стають інструментом у навчанні.

Подібної думки дотримуються і українські вчені. Наприклад, у статті [2] автори наголошують, що в епоху величезних обсягів інформації особливо важливим є розвиток критичного мислення та цифрових навичок. Саме викладачі мають допомогти учням розвинути ці навички, а особливо вчителі математики. Оскільки математика не лише навчає обчислень, а й формує логічне мислення, вміння аналізувати інформацію та робити обґрунтовані висновки.

М.С. Акбар, професор Університету Сіднея (Австралія), у своєму дослідженні [3] показав, що ШІ ефективно виконує завдання нижчих рівнів таксономії Блума – запам'ятовування, розуміння та застосування. Він здатний швидко знаходити інформацію й використовувати її на практиці. Водночас завдання, що передбачають аналіз, оцінювання та створення, залишаються для нього значно складнішими.

Тому він пропонує розробляти завдання на основі таксономії Блума, зосереджуючись на розвитку вищих когнітивних навичок. Наприклад, з завданнями по типу надати відповідь на питання: “Що таке трикутник?”, генеративні системи справляються дуже легко. Якщо їх застосувати до завдання по типу: “Дослідити трикутники в реальних спорудах. Зробити фотографії, визначити типи трикутників та написати короткий звіт про те, як ці трикутники сприяють міцності та конструкції споруди”. Це завдання вимагає спостереження та застосування знань у реальному світі, а також аналізу



фізичних споруд. Воно змушує учнів працювати з реальним світом і самостійно мислити.

Отже, бездумне використання ШІ учнями негативно впливає на навчання. На противагу цьому явищу для вчителів створюються сервіси, які також використовують ШІ, але мають на меті допомогти у боротьбі за розвиток критичного і творчого мислення учнів. Одним із таких сервісів є сервіс MagicSchool [4], а саме інструмент AI Resistant Assignments, який дозволяє покращити завдання на стійкість до ШІ. Він може запропонувати кілька варіантів для вдосконалення конкретної вправи разом із поясненням, чому ШІ буде складніше виконати змінене таким чином завдання.

Не варто боятися розвитку ШІ – ми маємо навчитися працювати з ним, а не боротися проти нього. Навчати учнів правилам користування ним та критичній оцінці його відповідей.

Отже, проблема не в самому ШІ, а в тому, як ми його використовуємо. Таксономія Блума може слугувати своєрідним фільтром, який допомагає відрізнити прості завдання від тих, що справді розвивають мислення і є складнішими для ШІ. Саме через аналіз, оцінку та синтез формується критичне мислення учнів. Тому завдання сучасної освіти – не обмежувати використання ШІ, а навчити учнів працювати з ним усвідомлено, розвиваючи їхню самостійність і здатність критично мислити.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Watson C. E., Rainie L. The AI Challenge. How College Faculty Assess the Present and Future of Higher Education in the Age of AI. URL: <https://imaginingthedigitalfuture.org/wp-content/uploads/2026/01/Elon-AACU-faculty-AI-survey-full-report-1-21-26.pdf>
2. Глушко В. В., Шакуров Є. О., Арделян О. В. Педагогічна трансформація в цифрову епоху: вплив штучного інтелекту на формування критичного мислення та зміну ролі викладача. Академічні візії. 2025. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15427898>
3. Akbar M. S. Beyond Detection: Designing AI-Resilient Assessments with Automated Feedback Tool to Foster Critical Thinking. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.23622>
4. Magicschool. URL: <https://www.magicschool.ai/>



ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ У ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ

Самович Олександра¹, Яременко Людмила²

¹здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня

I курсу спеціальності Середня освіта (Математика)

факультету інформаційних технологій, математики та природничих наук

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, aleksandraruban2004@gmail.com

²к.пед.н., доцент,

доцент кафедри менеджменту та підприємництва

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, llut4enko@gmail.com

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активним упровадженням цифрових технологій у навчальний процес. Одним із ефективних засобів формування математичної компетентності учнів є використання динамічних геометричних середовищ, які забезпечують інтерактивність, наочність та дослідницький характер навчання. Особливої актуальності це набуває в умовах цифровізації освіти та реалізації концепції Нової української школи, орієнтованої на компетентнісний підхід [2].

Проблемі застосування динамічних геометричних середовищ для формування математичної компетентності учнів присвячені численні праці українських науковців, зокрема [1; 3-5]. Наше дослідження присвячене проблемі візуалізації абстрактних математичних понять, яка є однією з ключових у сучасній методиці навчання математики. Зі зміною парадигми освіти на компетентнісну, особливої актуальності набувають цифрові інструменти, що дозволяють учням самостійно досліджувати властивості геометричних фігур. Динамічне середовище GeoGebra виступає не лише як засіб ілюстрації, а й як потужний інструмент для проведення комп'ютерних експериментів у поєднанні з можливостями інструментарію геометрії, алгебри, статистики та математичного аналізу.

Застосування динамічних геометричних середовищ у навчанні математики створює умови для розвитку математичної компетентності учнів, що включає здатність логічно мислити, аналізувати, моделювати та застосовувати математичні знання у практичних ситуаціях. Учні мають можливість самостійно будувати геометричні фігури, змінювати параметри моделей, досліджувати властивості об'єктів та перевіряти математичні гіпотези. Така діяльність сприяє формуванню дослідницьких умінь і розвитку критичного мислення.

Ефективність використання динамічних геометричних середовищ особливо проявляється під час вивчення геометрії, функцій, графіків,



перетворень та просторових об'єктів. Наприклад, за допомогою GeoGebra учні можуть досліджувати залежність між елементами трикутника, будувати графіки функцій, моделювати рух геометричних об'єктів та аналізувати зміни параметрів у режимі реального часу.

Важливою перевагою динамічних геометричних середовищ є підвищення мотивації до навчання. Інтерактивний формат роботи, можливість експериментування та миттєве отримання результатів роблять процес навчання більш доступним і цікавим для сучасних учнів. Крім того, використання цифрових інструментів сприяє розвитку інформаційно-цифрової компетентності, яка є однією з ключових компетентностей сучасної освіти.

Водночас ефективне використання динамічних геометричних середовищ потребує відповідної підготовки вчителя, його цифрової компетентності та методичної готовності інтегрувати сучасні технології в освітній процес. Важливим є також поєднання традиційних методів навчання з цифровими інструментами, що дозволяє забезпечити баланс між наочністю, практичною діяльністю та розвитком аналітичного мислення.

У таблиці 1 представлено результати анкетування учнів щодо рівня зрозумілості матеріалу при використанні традиційних креслень та динамічних моделей, перевага використання яких є очевидною.

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика
сприйняття навчального матеріалу учнями**

Метод візуалізації	Високий рівень розуміння, %	Середній рівень розуміння, %	Низький рівень розуміння, %
Статичні креслення (дошка/підручник)	28	45	27
Динамічні моделі (GeoGebra/Desmos)	64	26	10

Важливим аспектом є можливість створення інтерактивних аплетів, де учень може змінювати параметри фігури та миттєво бачити результат. Приклад інтеграції ІКТ у структуру уроку математики зображено на рис. 1.

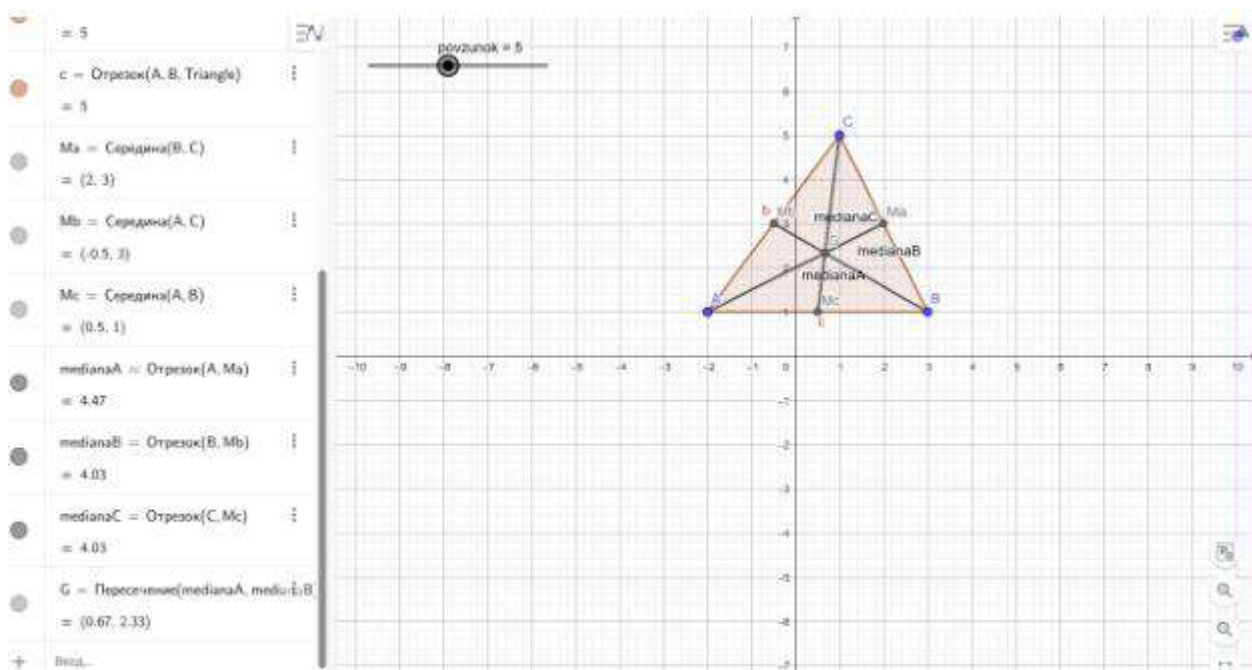


Рис. 1. Приклад використання динамічного середовища на уроці

Отже, використання динамічних геометричних середовищ є важливим чинником формування математичної компетентності учнів. Воно сприяє розвитку логічного й просторового мислення, підвищує пізнавальну активність та забезпечує інтеграцію сучасних цифрових технологій у процес навчання математики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики : навч. посіб. / Т. Г. Крамаренко, В. В. Корольський, С. О. Семеріков, С. В. Шокалюк ; наук. ред. М. І. Жалдак. 2-ге вид., перероб. і доп. Кривий Ріг : Криворізький державний педагогічний університет, 2019. 444 с.

2. Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року. 2016. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/988-2016-%D1%80#Text>

3. Співаковський О. В. Інформаційні технології в реалізації компонентно-орієнтованого навчання. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2023. Випуск 6. С.21-23.

4. Словак К.І., Семеріков С.О., Триус Ю.В. Мобільні математичні середовища: сучасний стан та перспективи розвитку // *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*: Зб. наук. праць / Редрада. К.: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. №12(19). С. 102-109.

5. Яременко Ю. В., Яременко Л. І. Використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій при викладанні геометрії. *Наукові записки ЦДПУ ім. В.Винниченка. Серія: педагогічні науки*. 2019. Випуск 179. С. 181-187.



ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ УКРАЇНСЬКОГО БІЗНЕСУ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Ткачевська Анна

*здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Економіка і бізнес»*

*Національного технічного університету України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, tkannochka@gmail.com*

Процеси цифрової трансформації в Україні, зокрема у бізнес середовищі, характеризуються тривалим періодом становлення, а необхідність їх поглиблення та інтенсифікації стало підґрунтям для створення Міністерства цифрової трансформації України у 2019 році. Першими ж надавачами послуг впровадження електронного документообігу стали такі компанії як М.Е.Док та Вчасно. Відтоді сучасні цифрові технології: екосистема «Дія», онлайн банкінг, електронна комерція стали невід'ємною складовою сучасної економічної системи. Особливими рисами поточного етапу розвитку цифровізації в Україні є її інтеграція у європейський цифровий простір, що зумовлює використання у національній статистиці підходів, гармонізованих з європейськими методологіями, попри усі виклики повномасштабної війни. Зокрема, впроваджено методологію DESI (Digital Economy and Society Index) для оцінки рівня цифровізації українських підприємств, деякі показники якої представлені на рисунку 1.



Рис. 1. Показники рівня цифрової трансформації українських підприємств у 2022-2025 рр., %

Джерело: створено автором за даними [1]

Особливої актуальності процеси цифровізації набули саме в умовах війни, коли першочерговою задачею стало забезпечення діяльності підприємств, попри обмеженість трудових та фінансових ресурсів, нестабільність



споживчого попиту, високу невизначеність, руйнування логістичних шляхів та перебої з електропостачанням. Це підтверджується зростаючою часткою підприємств, що мають принаймні базовий рівень цифровізації, значним зростанням частки підприємств, що проводять аналіз «великих даних» та інтеграцією штучного інтелекту у бізнес-процеси суб'єктів господарювання. У такому контексті цифрові інструменти стали важливим механізмом адаптації та забезпечення безперебійної діяльності підприємства. Аналіз практичних напрямів застосування цифровізації свідчить про спектр можливостей, що надають цифрові інструменти українському бізнесу під час війни. Зокрема, впровадження електронного документообігу забезпечує скорочення обсягів паперової документації, що сприяє мінімізації ризику її втрати у результаті ворожого обстрілу. Окрім того, використання хмарних технологій зберігання даних підвищує гнучкість та мобільність підприємства та спрощує процес його релокації у разі виникнення такої необхідності. З іншого боку, зважаючи, на перебої з електропостачанням, для ефективного використання оцифрованих даних необхідно передбачити альтернативні джерела енергії та систему резервного копіювання, щоб запобігти втраті інформації та збереження постійного доступу до неї. Важливо також врахувати, що підприємство стає вразливим до хакерських атак і потребує системи захисту від них, що у свою чергу приводить до потреби залучення додаткових ресурсів.

Поряд із трансформацією документообігу, цифровізація зумовлює істотні зміни у HR-стратегії підприємства, що проявляється у зміні підходів до організації праці та управління персоналом. Однією із ключових переваг, яка досягається за допомогою цифрових інструментів є можливість компенсації гострого дефіциту трудових ресурсів, зумовленого міграційними та мобілізаційними процесами. Так, використання сучасних цифрових технологій дозволяє забезпечити ефективне виконання певних, особливо алгоритмічних завдань, значно меншою кількістю працівників. Поряд з тим, дозволяє залучати працівників з закордону або більш безпечних регіонів України, що зменшує потребу у найманні та навчанні нових працівників, що дозволяє зменшити фінансові та часові витрати. Проте, варто врахувати, що реалізації такої стратегії можлива лише за умови високої кваліфікації працівників та їх готовності до навчання.

Водночас в умовах воєнної нестабільності цифровізація забезпечує підприємствам можливість безперервного моніторингу ринкового попиту, що є визначальним чинником їх адаптації та збереження конкурентоспроможності. Адже якісний аналіз інформаційних потоків дозволяє виявити нові вільні ніші на ринку, оптимізувати логістичні шляхи, вчасно визначити ризики та впровадити заходи для їх мінімізації. Поряд з тим, цифрова трансформація бізнесу за допомогою інноваційних технологій, таких як Big Data та штучний інтелект, забезпечує можливість ефективного аналізу інформаційних потоків для швидкого прийняття управлінських рішень [2]. Проте не варто вважати



цифровізацію універсальним інструментом, адже вона супроводжується певними викликами: потребує значних фінансових, кадрових ресурсів та організаційних змін у короткостроковому періоді. Таким чином досягнення очікуваних результатів можливе лише за умови реалізації системного підходу до цифрової трансформації, злагодженої роботи працівників та менеджерів підприємства, а також розробки системи показників КРІ, для визначення ефективності впроваджених заходів та вчасного їх коригування. Продемонструємо отримані висновки у формі SWOT-аналізу (табл. 1).

Таблиця 1

SWOT-аналіз цифрової трансформації бізнесу під час війни

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> • Підвищення ефективності використання обмежених ресурсів • Зниження ризиків втрати інформації • Компенсація кадрового дефіциту • Підвищення мобільності бізнесу • Можливості постійного моніторингу ринку 	<ul style="list-style-type: none"> • Значні початкові інвестиції • Необхідність постійного навчання та підвищення кваліфікації персоналу • Залежність від енергопостачання та ІТ-інфраструктури
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> • Інтеграція до європейського цифрового простору • Підвищення прибутковості, через виявлення нових ніш на ринку • Можливість вчасного визначення ризиків • Можливість швидкої адаптації до кризових умов • Забезпечення гнучкості для працівників 	<ul style="list-style-type: none"> • Кіберзагрози та ризик втрати даних • Збій систем через нестабільність енергопостачання • Недосягнення очікуваних результатів через фрагментарне впровадження чи опір персоналу • Дублювання функцій, через неякісну реалізацію

Отже, при системному підході, синергії менеджменту та персоналу і комплексному впровадженні цифровізація підприємств є важливим та ефективним інструментом адаптації українського бізнесу до викликів війни, адже надає можливості захисту інформації, компенсації кадрового дефіциту та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Індекс цифрової економіки та суспільства (DESI) // Державна служба статистики України. – Режим доступу: <https://stat.gov.ua/uk/topics/indeks-tsyfrovoyi-ekonomiky-ta-suspilstva-desi>
2. СВТУШЕНКО, Наталія; СТЕЦЕНКО, Дмитро. Цифрова трансформація бізнесу в умовах війни в Україні: виклики та можливості. *Економічний простір*, 2024, 191: 211-216.



ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЧИННИК УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Щоголева Інна¹, Кокун Вікторія²

¹к.п.н., доцент,

доцент кафедри менеджменту та підприємництва

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, inna.akvilon@gmail.com

²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

4 курсу факультету права, бізнесу та адміністрування

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький,

Сучасні умови діяльності організацій відзначаються надзвичайно високою мінливістю, невизначеністю та багатовимірністю, що суттєво підвищує вимоги до оперативності й обґрунтованості управлінських рішень. За цих обставин цифрові технології виконують роль не лише засобу автоматизації повсякденних процесів, а й ключового драйвера трансформації системи прийняття рішень загалом. Вони сприяють подоланню когнітивних обмежень управлінців і створюють передумови для довгострокової стратегічної стійкості підприємства.

Г. Саймон ще в середині ХХ століття обґрунтував концепцію обмеженої раціональності, згідно з якою, управлінці, попри прагнення до раціональності, діють у межах обмежених когнітивних ресурсів, неповної інформації та часового дефіциту, що призводить до заміни пошуку оптимального рішення вибором першого задовільного варіанту, який відповідає мінімальним критеріям прийнятності. Подальший розвиток концепції було здійснено Г. Мінцбергом та іншими дослідниками, які акцентували увагу на складності, багаторівневості й неструктурованому характері рішень в системі управління організацією [1].

Цифровізація кардинально змінює ці умови, пропонуючи механізми розширення людської раціональності через інтеграцію інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (IDSS). Традиційна триетапна модель Саймона, що включає інтелектуальний пошук, проектування та вибір, у сучасних умовах доповнюється четвертим етапом - автоматизованою перевіркою та зворотним зв'язком у реальному часі. Впровадження ERP/MES-систем та методів машинного навчання дозволяє реалізувати авторські алгоритми адаптивного прийняття оперативних рішень, що базуються на міждисциплінарному підході. Такі алгоритми інтегрують етапи збору, глибокого аналізу та багатофакторного прогнозування, що дозволяє організаціям бути гнучкими в умовах турбулентного ринку [2].

Визначальну роль у підвищенні ефективності управлінських процесів відіграє інтенсивний розвиток предиктивної аналітики та технологій штучного інтелекту (AI). Штучний інтелект у цьому контексті постає як активний інструмент, здатний зменшувати вплив «систематичного шуму» й когнітивних



викривлень, притаманних людському мисленню. Застосування AI-рішень забезпечує перетворення великих масивів різномірних даних на практично значущі аналітичні висновки, які формують основу доказового підходу до менеджменту.

Удосконалення процесу прийняття рішень неможливе без створення єдиного інформаційного простору організації. Системи управління ресурсами підприємства (ERP) та управління відносинами з клієнтами (CRM) формують цифрову нервову систему бізнесу. В Україні у 2024 році спостерігається чіткий тренд на міграцію з російських програмних продуктів на західні та вітчизняні аналоги, що зумовлено як питаннями безпеки, так і необхідністю інтеграції в глобальні ринки [3].

Найбільш критичним, але часто ігнорованим чинником у цифровізації прийняття рішень є людський фактор. Впровадження досконалих алгоритмів не гарантує безпомилковості результату через виникнення феномену автоматизаційного упередження, під яким розуміють схильність людини беззастережно довіряти висновкам автоматизованих систем, навіть за наявності очевидних суперечностей із реальністю або власним досвідом. Психологічні механізми, що лежать в основі цього явища, включають: когнітивну ліню, яка виявляється у прагненні мозку мінімізувати зусилля, використовуючи алгоритм як евристичний «короткий шлях»; соціальне неробство, під яким розуміють сприйняття системи як колеги, на якого можна перекласти частину відповідальності та дифузію відповідальності, сутність якої полягає в вірі в те, що «експертна система» володіє більшою компетенцією та авторитетом, ніж сам користувач [4].

Цифрова трансформація управлінських процесів супроводжується сукупністю ризиків, які, згідно з наявними оцінками, зумовлюють провал до більшості цифрових проєктів. Їхній характер є комплексним і охоплює як техніко-технологічні загрози, так і соціально-організаційні чинники, зокрема опір змінам з боку персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Henry Mintzberg, Duru Raisinghani and Andre Theoret. The Structure of «Unstructured» Decision Processes. URL: <http://www.sietmanagement.fr/wp-content/uploads/2016/04/Mintzberg1976.pdf> (дата звернення 10.05.2026).
2. Єрємін М.В. Адаптивне прийняття управлінських рішень в умовах цифрової трансформації. *Київський економічний науковий журнал*. 2025. № 10. DOI: <http://10.32782/2786-765X/2025-10-8>
3. Нова Ера від BookKeeper SaaS: автоматизація бізнесу на Ukrainian ERP Forum 2024. URL: <https://nova-era.com.ua/nova-era-vid-bookkeeper-saas-avtomatyzatsiya-biznesu-na-ukrainian-erp-forum-2024> (дата звернення 10.05.2026).
4. Fanny Danelid. Automation Bias in Public Sector Decision Making: a Systematic Review. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1870243/FULLTEXT01.pdf> (дата звернення 10.05.2026).



Секція 5. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ІННОВАЦІЇ В МАТЕМАТИЦІ, ЕКОНОМІЦІ ТА МЕНЕДЖМЕНТІ

ВІД КЛАСИЧНОГО ДОВЕДЕННЯ ДО МАШИНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ: МОЖЛИВОСТІ LEAN ДЛЯ СУЧАСНОГО МАТЕМАТИКА

Бобилев Дмитро

*к.пед.н., доцент, завідувач кафедри математики та методики її навчання
Криворізького державного педагогічного університету
м. Кривий Ріг, dmytrobobyliiev@gmail.com*

Сучасний розвиток математики супроводжується не лише появою нових теорій, але й глибинною трансформацією способів доведення математичних тверджень. Класична математична традиція ґрунтується на доведенні як текстів, орієнтованих на спільноту, де строгість поєднується з евристикою, скороченнями та інтуїцією. Значна частина логічних переходів у такому доведенні залишається імпліцитною, що забезпечує компактність викладу, але водночас створює потенційні ризики помилок і неоднозначностей. У складних теоріях це призводить до ситуації, коли доведення є зрозумілим для експертів, але не є повністю формалізованим.

У цьому контексті поява систем формального доведення, зокрема Lean, означає перехід до нової парадигми – доведення як об'єкта, що підлягає повній алгоритмічній перевірці. Lean реалізує підхід, у якому математичні твердження інтерпретуються як типи, а доведення – як об'єкти цих типів. Така конструкція (відповідність Каррі-Говарда) перетворює доведення на формальну структуру, де жоден крок не може бути пропущений або залишений «очевидним».

Ключова відмінність між класичним і формальним доведенням особливо чітко проявляється у простих прикладах. Наприклад, доведення транзитивності рівності в класичному стилі є тривіальним, тоді як у Lean воно набуває вигляду послідовності явних перетворень:

```
example (a b c : Nat) (h1 : a = b) (h2 : b = c) : a = c := by
  rw [h1]
```



exact h2

Цей фрагмент демонструє, що доведення у Lean – це не опис, а **алгоритм перетворення виразів**.

Більш глибокі зміни стають очевидними при роботі із залежними типами, де структура математичного об'єкта жорстко контролюється системою:

```
inductive Vec (α : Type u) : Nat → Type u where
| nil   : Vec α 0
| cons : α → Vec α n → Vec α (n+1)
```

Тут довжина вектора є частиною типу, що виключає можливість некоректних операцій. Таким чином, Lean забезпечує **перехід від перевірки результату до гарантії коректності конструкції**.

У більш складних розділах математики ця різниця стає ще більш суттєвою. Наприклад, у теорії множин доведення рівності множин у Lean потребує редукції до поелементної еквівалентності:

```
open Set
example {α : Type} (A B C : Set α) :
  A ∩ (B ∪ C) = (A ∩ B) ∪ (A ∩ C) := by
  ext x
  constructor
```

```
· intro hx
  rcases hx with ⟨hA, hBC⟩
  rcases hBC with hB | hC
  · left; exact ⟨hA, hB⟩
  · right; exact ⟨hA, hC⟩
· intro hx
  rcases hx with hx | hx
  · rcases hx with ⟨hA, hB⟩
    exact ⟨hA, Or.inl hB⟩
  · rcases hx with ⟨hA, hC⟩
    exact ⟨hA, Or.inr hC⟩
```

Тут видно, що навіть «очевидні» факти потребують явної логічної декомпозиції, що змінює саму культуру доведення.

У сучасних дослідженнях Lean активно застосовується і в складніших галузях, таких як лінійна алгебра та аналіз. Наприклад, робота з лінійними відображеннями здійснюється через багаторівневу систему типів:

```
example {K V W : Type}
  [Field K] [AddCommGroup V] [Module K V]
  [AddCommGroup W] [Module K W]
  (f g : V →[K] W) :
  (f + g) = (g + f) := by
  ext v
  simp [add_comm]
```



Тут кожен об'єкт містить у собі не лише значення, а й доказ належності до відповідної структури. Це означає, що доведення спирається на **цілісну формалізовану інфраструктуру математичних понять**.

Ще більш показовими є приклади з аналізу та теорії міри, де Lean дозволяє працювати з такими поняттями, як інтегровність і неперервність:

```
example {f : ℝ → ℝ} {x : ℝ}
  (h : HasDerivAt f 0 x) :
  ContinuousAt f x := by
  exact h.continuousAt
```

Цей короткий фрагмент є вершиною складної формалізації, що включає границі, похідні та топологічні структури.

Особливо важливим є те, що Lean не обмежується окремими прикладами, а забезпечує створення великих формальних бібліотек. Зокрема, бібліотека `mathlib` містить формалізації значних частин сучасної математики, включаючи алгебру, аналіз, теорію категорій і топологію. У межах спільноти Lean вже формалізовано десятки класичних теорем, серед яких теорема Піфагора, фундаментальна теорема алгебри, теореми аналізу та числової теорії.

Таким чином, машинна верифікація змінює не лише технічні аспекти доведення, а й сам стиль математичного мислення. Вона вимагає повної експлікації аргументації, чіткої структуризації знань і побудови доведення як об'єкта, що інтегрується в єдину формальну систему. У результаті формується новий тип діяльності – **інженерія доведень**, де математик виступає не лише як дослідник, а й як конструктор формальних систем знань.

Отже, перехід від класичного доведення до машинної верифікації слід розглядати як епістемологічний зсув, що відкриває нові можливості для підвищення надійності математичних результатів, автоматизації доведень та інтеграції математики з обчислювальними технологіями. Lean у цьому процесі виступає не просто інструментом, а середовищем формування нової культури математичної строгості та мислення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lean community. (2023). *Mathlib: The Lean mathematical library*. <https://leanprover-community.github.io>
2. Hales, T. C. et al. (2017). *A formal proof of the Kepler conjecture*. *Forum of Mathematics, Pi*, 5, e2. <https://doi.org/10.1017/fmp.2017.1>



СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА ESG-МЕНЕДЖМЕНТ У СУЧАСНІЙ ЕКОНОМІЦІ

Бондар Юлія¹, Маніта Ангеліна²

¹к.е.н., професор,

професор кафедри менеджменту та підприємництва

Центральноукраїнський державний університет ім. В. Винниченка

м. Кропивницький, cooperjulia@ukr.net

²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

І курсу спеціальності D3 Менеджмент

Центральноукраїнський державний університет ім. В. Винниченка

м. Кропивницький, angelinamanita19@gmail.com

У сучасних умовах глобалізації, цифрової трансформації та посилення екологічних і соціальних викликів концепція сталого розвитку набуває особливого значення для функціонування світової економіки та системи управління підприємствами. Сучасний бізнес дедалі більше орієнтується не лише на отримання прибутку, а й на забезпечення соціальної відповідальності, екологічної безпеки та ефективного корпоративного управління [1,3]. У зв'язку з цим важливого значення набуває ESG-менеджмент, який ґрунтується на врахуванні екологічних (Environmental), соціальних (Social) та управлінських (Governance) факторів у процесі прийняття стратегічних рішень [3].

Інтеграція принципів ESG у діяльність підприємств сприяє підвищенню їх конкурентоспроможності, інвестиційної привабливості та стійкості до економічних ризиків. Крім того, ESG-орієнтований підхід забезпечує формування позитивного іміджу компанії, розвиток корпоративної культури та зміцнення довіри з боку інвесторів, партнерів і суспільства [2,5]. Особливо актуальними ці питання стають в умовах сучасної економіки, де сталий розвиток виступає одним із ключових напрямів стратегічного управління та інноваційного розвитку підприємств.

У зв'язку з цим дослідження особливостей сталого розвитку та ESG-менеджменту є важливим напрямом сучасної економічної науки та практики управління, що потребує подальшого теоретичного обґрунтування й аналізу сучасних тенденцій їх впровадження.

У сучасній економіці концепція сталого розвитку стає одним із ключових напрямів стратегічного управління підприємствами. Впровадження ESG-менеджменту сприяє формуванню відповідального бізнес-середовища, орієнтованого на довгострокову ефективність, соціальну відповідальність та екологічну безпеку. ESG-підхід дозволяє підприємствам не лише підвищувати конкурентоспроможність, але й адаптуватися до глобальних викликів сучасного ринку [4,5].

Основними складовими ESG-менеджменту є екологічний, соціальний та управлінський компоненти, характеристики яких наведено у таблиці 1.



Таблиця 1

Основні складові ESG-менеджменту

Компонент ESG	Характеристика ESG	Основні напрями реалізації
Environmental (E)	Екологічна відповідальність підприємства	енергоефективність, зменшення викидів, екологічна безпека
Social (S)	Соціальна відповідальність бізнесу	захист прав працівників, корпоративна культура, соціальні програми
Governance (G)	Корпоративне управління	прозорість управління, етичне лідерство, антикорупційна політика

Джерело: сформовано авторами

Як видно з таблиці 1, ESG-менеджмент охоплює комплекс взаємопов'язаних елементів, що формують основу сучасної моделі сталого розвитку підприємства. Особливого значення набуває інтеграція ESG-принципів у стратегічне управління організаціями, оскільки це сприяє підвищенню довіри інвесторів та зміцненню репутації компанії.

Важливим аспектом сучасного ESG-менеджменту є вплив цифрових технологій на процеси управління сталим розвитком. Цифровізація дозволяє автоматизувати моніторинг ESG-показників, оптимізувати використання ресурсів та підвищити ефективність управлінських рішень.

Основні переваги впровадження ESG-менеджменту в діяльність підприємств наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Переваги впровадження ESG-менеджменту

Перевага	Вплив на діяльність підприємства
Підвищення інвестиційної привабливості	Зростання довіри інвесторів та партнерів
Покращення репутації компанії	Формування позитивного іміджу бренду
Зниження ризиків	Мінімізація екологічних, соціальних та управлінських ризиків
Підвищення ефективності управління	Оптимізація бізнес-процесів та прийняття рішень
Конкурентоспроможність	Посилення позицій підприємства на ринку

Джерело: сформовано авторами

Дані таблиці 2 свідчать, що ESG-менеджмент є не лише інструментом соціальної відповідальності, але й важливим чинником економічної ефективності підприємства. У сучасних умовах компанії, які впроваджують



ESG-принципи, мають вищий рівень адаптивності до кризових явищ та глобальних змін.

Окремої уваги заслуговують сучасні тенденції розвитку ESG-менеджменту в умовах цифрової економіки. Серед них важливе місце посідають автоматизація ESG-звітності, використання технологій штучного інтелекту для аналізу ризиків, розвиток «зелених» інвестицій та впровадження принципів циркулярної економіки [3,4]. Сучасні тенденції розвитку ESG-менеджменту наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Сучасні тенденції розвитку ESG-менеджменту

Тенденції розвитку ESG-менеджменту	Характеристики розвитку ESG-менеджменту
Цифровізація ESG-процесів	Використання цифрових платформ та аналітичних систем
AI в ESG-менеджменті	Аналіз ризиків та прогнозування сталого розвитку
Зелені інвестиції	Фінансування екологічно орієнтованих проєктів
Циркулярна економіка	Раціональне використання ресурсів та повторна переробка
ESG-звітність	Підвищення прозорості та відкритості бізнесу

Джерело: сформовано авторами

Отже, розвиток ESG-менеджменту в сучасній економіці є важливим чинником забезпечення сталого розвитку підприємств, підвищення їх конкурентоспроможності та ефективності управління. Інтеграція цифрових технологій, інноваційних управлінських підходів та принципів соціальної відповідальності формує нову модель ведення бізнесу, орієнтовану на довгостроковий розвиток і гармонізацію економічних, соціальних та екологічних інтересів.

Отже, сталий розвиток та ESG-менеджмент у сучасній економіці є важливими складовими ефективного стратегічного управління підприємствами в умовах глобалізації, цифровізації та посилення соціально-екологічних викликів. Встановлено, що інтеграція ESG-принципів у діяльність організацій сприяє підвищенню їх конкурентоспроможності, інвестиційної привабливості, прозорості управління та рівня соціальної відповідальності.

Дослідження показало, що сучасний ESG-менеджмент охоплює екологічні, соціальні та управлінські аспекти діяльності підприємства, формуючи основу для довгострокового та збалансованого розвитку. Особливого значення набуває використання цифрових технологій, штучного інтелекту, ESG-аналітики та інноваційних управлінських інструментів, що дозволяють оптимізувати бізнес-процеси та ефективно реагувати на сучасні ризики й виклики.



Важливим напрямом розвитку сучасного бізнесу є впровадження принципів циркулярної економіки, «зелених» інвестицій та цифрової ESG-звітності, що забезпечує підвищення рівня корпоративної відповідальності та сталості підприємств. У сучасних умовах ESG-менеджмент виступає не лише інструментом соціальної та екологічної політики, а й стратегічним чинником економічної ефективності та інноваційного розвитку організацій.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на вивчення механізмів цифровізації ESG-управління, використання технологій штучного інтелекту у системі сталого розвитку підприємств та адаптацію міжнародних ESG-стандартів до умов розвитку української економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондар Ю.А. Правові засади державної екологічної політики України. *Модернізація вітчизняної правової системи в умовах світової інтеграції*: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 23-24 червня 2022р. Кропивницький: ЛА НАУ, 2022. С. 29-31
2. Бондар Ю.А., Легінькова Н.І. Інноваційні аспекти розвитку економіки. *Конкурентоспроможна модель інноваційного розвитку економіки України*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 14 квіт. 2020 р. Кропивницький, 2020. С. 71-73. <https://www.kntu.kr.ua/doc/science/zahody/vikl/2020/2-tez.pdf>
3. Пшик Б., Лапішко З., Богів Р. Сучасні напрями управління esg-активністю підприємств – шлях до забезпечення сталого розвитку. *Фінансовий простір*. 2023, № 3(51), С. 85-99. [https://doi.org/10.30970/fp.3\(51\).2023.859899](https://doi.org/10.30970/fp.3(51).2023.859899)
4. Репін К. Розвиток екологічного підприємництва в Україні в контексті європейського зеленого курсу та esg-трансформацій. *Economic Synergy*. 2025. №4, С. 404–418. <https://doi.org/10.53920/ES-2025-4-28>
5. Соболева Т. О., Козюра С. І. Еволюція концепції сталого розвитку в менеджменті та її бізнес-імплементация в Україні. *Стратегія економічного розвитку України*, 2024. 54, С. 57–67. <https://doi.org/10.33111/sedu.2024.54.057.067>

ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ ЯК ДРАЙВЕР ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБУТОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ВИСОКОЇ КОНКУРЕНЦІЇ

Бондар Юлія¹, Александров Артем²

¹кандидат економічних наук, професор,

професор кафедри менеджменту та підприємництва

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький, cooperjulia@ukr.net

²здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

4 курсу факультету права, бізнесу та адміністрування

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький

Сучасний етап розвитку ринкових відносин характеризується високим рівнем конкуренції, динамічністю попиту та зростанням вимог споживачів до якості товарів і послуг. У таких умовах традиційні підходи до організації



збутової діяльності, орієнтовані на масового споживача, поступово втрачають свою ефективність [1]. Підприємства змушені шукати нові інструменти підвищення конкурентоспроможності, серед яких особливе місце посідає персоналізація.

Сучасні споживачі очікують індивідуального підходу, який враховує їхні вподобання, попередній досвід взаємодії з підприємством та поведінкові характеристики. Дослідження свідчать, що рівень персоналізації прямо впливає на задоволеність клієнтів і їхню лояльність, що, своєю чергою, визначає ефективність збутової діяльності підприємства [7]. Це зумовлює необхідність трансформації системи менеджменту збуту у напрямі клієнтоорієнтованості.

Персоналізація у збутовій діяльності передбачає адаптацію товарної пропозиції, каналів комунікації та способів взаємодії з клієнтами відповідно до їхніх індивідуальних характеристик. Вона базується на використанні сучасних інформаційних технологій, зокрема CRM-систем, аналітики даних та цифрових каналів комунікації [3].

Як зазначають українські науковці, персоналізація є складовою концепції маркетингу відносин і спрямована на формування довгострокової взаємодії між підприємством і споживачем [9]. Вона дозволяє підвищити релевантність пропозицій та ефективність комунікацій, що є особливо важливим в умовах цифровізації економіки.

Практика українських підприємств підтверджує ефективність персоналізованих підходів. Зокрема, Rozetka використовує алгоритми рекомендацій на основі поведінки користувачів, що сприяє зростанню повторних покупок. ПриватБанк застосовує персоналізовані фінансові пропозиції в цифрових сервісах, орієнтуючись на індивідуальні характеристики клієнтів. У свою чергу, Сільпо впроваджує персоналізовані програми лояльності, що стимулюють підвищення частоти покупок.

Дослідження показують, що використання персоналізованих комунікацій значно підвищує ефективність маркетингових заходів і позитивно впливає на поведінку споживачів [8].

Персоналізація у системі менеджменту збутової діяльності забезпечує низку переваг.

По-перше, вона сприяє підвищенню рівня задоволеності клієнтів і формуванню їхньої лояльності, що є ключовим фактором довгострокового успіху підприємства [2].

По-друге, персоналізовані пропозиції дозволяють підвищити ефективність комунікацій і збільшити конверсію продажів [3].

По-третє, підприємства отримують можливість оптимізувати витрати на збут завдяки більш точному таргетуванню клієнтів [1].

Крім того, використання аналітики даних дозволяє підприємствам прогнозувати поведінку споживачів і своєчасно реагувати на зміни попиту [10].



Це сприяє підвищенню адаптивності підприємств до змін зовнішнього середовища.

Водночас впровадження персоналізації пов'язане з певними викликами, зокрема необхідністю забезпечення захисту персональних даних і інтеграції нових технологій у бізнес-процеси [6].

Ефективне впровадження персоналізації передбачає комплексний підхід до управління збутовою діяльністю. Насамперед необхідно забезпечити формування якісної інформаційної бази про клієнтів, що включає дані про їхню поведінку, уподобання та історію взаємодії з підприємством [3].

Важливим є також використання сучасних цифрових інструментів, які дозволяють автоматизувати процеси персоналізації та підвищити їхню ефективність. Зокрема, застосування технологій штучного інтелекту дає змогу адаптувати пропозиції у режимі реального часу [10].

Персоналізація повинна охоплювати всі етапи взаємодії з клієнтом – від першого контакту до післяпродажного обслуговування. Такий підхід сприяє формуванню позитивного клієнтського досвіду, що є важливим фактором конкурентоспроможності підприємства [11].

Окрім технологічних аспектів, значну роль відіграє формування клієнтоорієнтованої організаційної культури, яка забезпечує ефективне використання персоналізованих підходів у практичній діяльності підприємства [4].

Персоналізація є важливим інструментом підвищення ефективності збутової діяльності підприємств у сучасних умовах господарювання. Вона дозволяє більш точно враховувати потреби споживачів, підвищувати рівень їхньої лояльності та забезпечувати зростання економічних показників діяльності підприємства.

Впровадження персоналізованих стратегій потребує використання сучасних інформаційних технологій, розвитку аналітичних можливостей та формування клієнтоорієнтованого підходу до управління. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку методів оцінювання ефективності персоналізації у збутовій діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балабанова Л. В. Маркетинг : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 520 с.
2. Котлер Ф., Келлер К. Л. Маркетинг-менеджмент. Київ: Хімджест, 2018. 720 с.
3. Ілляшенко С. М. Інноваційний маркетинг: підручник. Суми: Університетська книга, 2020. 334 с.
4. Примак Т. О. Маркетинг : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2017. 320 с.
5. Окландер М. А. Маркетингова діяльність підприємства: навч. посіб. Одеса : Астропринт, 2018. 312 с.
6. Про захист персональних даних : Закон України від 01.06.2010 № 2297-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
7. Іваненко В. О., Петренко Н. С. Персоналізація маркетингу в умовах цифрової економіки. Економіка та суспільство. 2023. № 52.



8. Сидоренко О. М. Вплив персоналізованих комунікацій на поведінку споживачів. Економіка та суспільство. 2022. № 48.
9. Коваленко Т. В. Маркетинг відносин як основа підвищення лояльності клієнтів. Науковий вісник ОНЕУ. 2021. № 3.
10. Мельник Л. Г. Цифровий маркетинг і аналітика даних у системі управління підприємством. Економіка. Управління. Інновації. 2023. № 1.
11. Бондаренко І. В. Клієнтський досвід як фактор конкурентоспроможності підприємства. Український журнал прикладної економіки. 2022. № 4.

КЕЙТЕРИНГ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ СЕГМЕНТ РЕСТОРАННОГО БІЗНЕСУ ТА ЙОГО РОЛЬ У ПРАКТИКООРІЄНТОВАНОМУ НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ

Бурякова Людмила¹, Ігнатенко Галина², Тішкіна Ірина³

*¹завідувач навчально-виробничої практики, викладач, ²викладач, ³викладач,
Кропивницького фахового коледжу харчування та торгівлі
м. Кропивницький*

У сучасних умовах трансформації економіки сфера ресторанного господарства зазнає суттєвих змін, пов'язаних із цифровізацією, зміною споживчих потреб, розвитком сервісної економіки та посиленням конкуренції [1]. Одним із найбільш динамічних напрямів індустрії гостинності виступає кейтеринг, який в Україні поступово формується як окремий інноваційний сегмент ресторанного бізнесу. Його розвиток характеризується високою адаптивністю до ринкових змін, мобільністю та здатністю швидко реагувати на сучасні виклики [2].

Кейтеринг поєднує виробництво кулінарної продукції, логістику, організацію сервісу та елементи івент-менеджменту. Особливістю цієї діяльності є надання послуг харчування поза межами стаціонарних закладів ресторанного господарства, що дозволяє обслуговувати різні категорії споживачів і формати заходів: корпоративні події, конференції, фестивалі, весілля, презентації та open-air заходи. Саме тому сучасний кейтеринг потребує високого рівня професійної підготовки персоналу, здатного працювати в умовах багатозадачності та швидкої зміни виробничих процесів [4].

У цьому контексті особливого значення набуває практикоорієнтоване навчання у Кропивницькому фаховому коледжі харчування та торгівлі [3], який здійснює підготовку майбутніх фахівців для сфери ресторанного бізнесу, харчових технологій та торгівлі. Освітній процес у коледжі спрямований на поєднання теоретичної підготовки студентів із практичним освоєнням сучасних технологій ресторанного сервісу та кейтерингової діяльності.

Практикоорієнтований підхід передбачає активне залучення студентів до виконання професійних завдань, максимально наближених до реальних умов функціонування підприємств ресторанного господарства. Під час навчання



здобувачі освіти беруть участь в організації тематичних заходів, фуршетів, банкетів, кулінарних презентацій та виїзного обслуговування. Це дозволяє сформувати практичні навички організації кейтерингових послуг, роботи в команді, управління виробничими процесами та комунікації з клієнтами.

Важливим аспектом підготовки майбутніх фахівців є вивчення сучасних тенденцій кейтерингового бізнесу. Серед них – персоналізація меню, врахування дієтичних потреб споживачів, розвиток здорового харчування та використання локальних продуктів. Студенти навчаються розробляти меню для різних форматів заходів, здійснювати калькуляцію страв, планувати логістичні процеси та організовувати сервісне обслуговування відповідно до сучасних стандартів індустрії гостинності.

Окремої уваги заслуговує цифровізація кейтерингової сфери, яка активно інтегрується в освітній процес коледжу. Майбутні фахівці опановують цифрові інструменти для організації замовлень, ведення електронної документації, онлайн-комунікації та цифрового маркетингу. Використання інформаційних технологій сприяє підвищенню ефективності управління кейтеринговими процесами та формує у студентів сучасні цифрові компетентності.

Сучасний кейтеринг також орієнтується на принципи сталого розвитку та екологічної відповідальності. У процесі навчання студенти ознайомлюються з концепцією *sustainable catering*, що передбачає мінімізацію харчових відходів, використання екологічної упаковки, локальної сировини та ресурсозберігаючих технологій. Формування екологічної культури майбутніх фахівців є важливою складовою їхньої професійної компетентності.

Практична підготовка студентів Кропивницького фахового коледжу харчування та торгівлі здійснюється також через співпрацю із закладами ресторанного господарства, підприємствами сфери обслуговування та організацію виробничої практики. Це дає можливість здобувачам освіти адаптуватися до реальних умов професійної діяльності, опановувати сучасне обладнання та набувати досвіду роботи в умовах конкурентного ринку.

Отже, кейтеринг сьогодні виступає не лише перспективним напрямом ресторанного бізнесу, а й важливим елементом практикоорієнтованої професійної освіти. Поєднання сучасних тенденцій розвитку індустрії гостинності з практичною підготовкою студентів у Кропивницькому фаховому коледжі харчування та торгівлі сприяє формуванню конкурентоспроможних фахівців, здатних ефективно працювати в умовах цифрової економіки та сучасного ринку послуг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Архіпов В. В. Організація ресторанного господарства. Навч. посіб. 3- те вид. К. : Центр учбової літератури, 2016. 280 с.
2. Гірняк Л.І. Розвиток кейтерингу як перспективного виду діяльності / Л.І. Гірняк, В.А. Глагола // Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки. 2019. Вип. 58. С. 44-49.
3. Кропивницький фаховий коледж харчування та торгівлі <https://collegeht.in.ua/>



4. Тищук І., Новосад О., Пасічник М. Інноваційні підходи до організації кейтерингових послуг у сфері харчування. *Економіка та суспільство*. 2025. № 80. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-31>.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ЛІКВІДНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ

Денисенко М.П.¹, Вінніченко Поліна²

*¹доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту та підприємництва
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

*²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
4 курсу факультету права, бізнесу та адміністрування
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

У сучасному бізнес-середовищі діяльність підприємств відбувається в умовах підвищеної економічної турбулентності, що супроводжується нестабільністю фінансових ринків і зростанням рівня ризиків. За таких обставин особливої значущості набуває питання ефективного управління ліквідністю як одного з ключових елементів забезпечення фінансової рівноваги підприємства, а також пошук шляхів удосконалення відповідних управлінських механізмів.

Сучасні наукові підходи доводять, що належно організоване управління ліквідністю є важливим чинником зміцнення фінансової стійкості суб'єктів господарювання та підвищення їхньої конкурентоспроможності на ринку [1; 2]. У працях дослідників також підкреслюється роль сучасних інструментів фінансового менеджменту, зокрема системного прогнозування грошових потоків, фінансового планування та контролінгу, які дозволяють підвищити якість управлінських рішень у фінансовій сфері [3; 4].

Разом із тим, посилення впливу фінансових ризиків та загальна нестабільність економічного середовища формують потребу в модернізації існуючих підходів до управління ліквідністю підприємств, оскільки традиційні методи не завжди забезпечують достатній рівень гнучкості та адаптивності.

Ліквідність підприємства відображає його здатність оперативно погашати короткострокові зобов'язання за рахунок наявних оборотних активів. Вона виступає важливим індикатором фінансового стану підприємства та характеризує рівень його платоспроможності у короткостроковій перспективі.

У системі фінансового управління ліквідність тісно пов'язана з такими категоріями, як фінансова стійкість, платоспроможність і ефективність управління оборотним капіталом. Для оцінювання рівня ліквідності підприємства застосовують такі основні показники:



- коефіцієнт поточної ліквідності;
- коефіцієнт швидкої ліквідності;
- коефіцієнт абсолютної ліквідності.

Комплексний аналіз цих індикаторів дозволяє оцінити здатність підприємства своєчасно виконувати свої фінансові зобов'язання, а також визначити його стійкість до змін зовнішнього фінансового середовища [5].

Підвищення рівня фінансових ризиків суттєво ускладнює процес забезпечення належної ліквідності підприємств. Серед основних ризиків, що впливають на її стан, варто виділити:

- ризик неплатежів з боку контрагентів;
- коливання валютних курсів;
- інфляційні процеси;
- кредитні ризики;
- нестабільність грошових потоків.

Вплив зазначених факторів може призводити до зниження ефективності використання оборотного капіталу та виникнення дефіциту ліквідних коштів. У таких умовах першочергового значення набуває формування дієвої системи управління ризиками та вдосконалення фінансового планування [6].

Управління ліквідністю передбачає використання комплексу взаємопов'язаних інструментів фінансового менеджменту, серед яких ключову роль відіграють:

- управління рухом грошових коштів (cash-flow management);
- оптимізація структури оборотного капіталу;
- регулювання дебіторської та кредиторської заборгованості;
- фінансове планування та бюджетування.

Застосування цих інструментів дає змогу підвищити ефективність використання фінансових ресурсів і підтримувати оптимальний рівень ліквідності підприємства [7; 8].

В умовах сучасної економіки можна виокремити такі основні напрями вдосконалення механізму управління ліквідністю:

1. розробка та впровадження систем прогнозування грошових потоків;
2. оптимізація політики управління оборотним капіталом;
3. підвищення ефективності роботи з дебіторською заборгованістю;
4. використання цифрових технологій у фінансовому управлінні;
5. формування комплексної системи управління фінансовими ризиками.

Реалізація цих заходів сприятиме зміцненню фінансової стабільності підприємств і зниженню негативного впливу ризикових факторів на їхню діяльність [9; 10].

Отже, удосконалення механізму управління ліквідністю є важливим напрямом підвищення ефективності фінансового менеджменту підприємства, оскільки воно забезпечує раціональне використання ресурсів, зменшення



ризиків втрати платоспроможності та створення передумов для стабільного розвитку в довгостроковій перспективі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Brigham E., Ehrhardt M. Financial Management: Theory and Practice. 16th ed. Boston : Cengage Learning, 2022. 1056 p.
2. Ross S., Westerfield R., Jordan B. Fundamentals of Corporate Finance. 13th ed. New York : McGraw-Hill, 2022. 992 p.
3. OECD. Financing SMEs and Entrepreneurs 2023. Paris : OECD Publishing, 2023. 280 p.
4. World Bank. Global Financial Stability Report. Washington DC : World Bank, 2024. 214 p.
5. Atrill P. Financial Management for Decision Makers. London : Pearson Education, 2021. 624 p.
6. McKinsey Global Institute. Global Financial Markets Report. New York : McKinsey & Company, 2023. 98 p.
7. European Central Bank. Financial Stability Review. Frankfurt : European Central Bank, 2023. 156 p.
8. IMF. Global Financial Stability Report. Washington DC : International Monetary Fund, 2024. 198 p.
9. Левченко О. М., Бондар Ю. А. Фінансовий менеджмент як інструмент ефективного управління грошовими потоками підприємства // Український журнал прикладної економіки та техніки. 2025. № 4. С. 121–125. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-4-23>.
10. Левченко О. М., Вовк М. О., Юрченко Н. І., Гаврилюк А. Р. Діагностика системи управління фінансово-економічною безпекою конкурентоспроможних підприємств агропродовольчої сфери в умовах цифровізації // Агросвіт. 2024. № 4. С. 22–30.

УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ РОЗВИТКОМ ВИРОБНИЦТВА ЯК ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Денисенко Микола¹, Гавриленко Данило²

*¹доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту та підприємництва
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

*²здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
4 курсу факультету права, бізнесу та адміністрування
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

Сучасні умови розвитку економіки характеризуються високим рівнем нестабільності та невизначеності. Особливо це стосується підприємств, що функціонують в умовах воєнного стану, коли економічна діяльність ускладнюється руйнуванням виробничої інфраструктури, порушенням логістичних ланцюгів постачання та дефіцитом ресурсів.



У таких умовах важливим завданням менеджменту підприємств є забезпечення їх економічної стійкості та адаптивності до змін зовнішнього середовища. Одним із ключових інструментів досягнення цієї мети виступає управління технічним розвитком виробництва, яке передбачає модернізацію виробничих потужностей, впровадження інноваційних технологій та підвищення рівня автоматизації виробничих процесів.

Дослідження міжнародних організацій свідчать, що модернізація виробництва та впровадження цифрових технологій сприяють підвищенню продуктивності праці та конкурентоспроможності підприємств [1; 3]. Для економіки України, яка функціонує в умовах воєнного стану, питання технічного розвитку підприємств набуває особливої актуальності [10].

Сучасні дослідження приділяють значну увагу питанням цифрової трансформації виробництва, розвитку індустрії 4.0 та забезпечення стійкості підприємств у кризових умовах [2; 4].

Вітчизняні науковці також досліджують проблеми інноваційного розвитку підприємств, їх цифрової трансформації та модернізації виробничих систем у контексті післявоєнного відновлення економіки України [8; 10]. Результати цих досліджень свідчать про важливість формування ефективної системи управління технічним розвитком підприємств, що дозволяє підвищити їх адаптивність до нестабільного економічного середовища.

Технічний розвиток виробництва являє собою процес удосконалення технічної бази підприємства, що включає оновлення обладнання, впровадження нових технологій, автоматизацію виробничих процесів та підвищення енергоефективності виробництва.

Основними складовими технічного розвитку є:

- модернізація виробничого обладнання;
- впровадження інноваційних технологій;
- автоматизація та цифровізація виробничих процесів;
- впровадження енергоефективних технологій;
- удосконалення організації виробництва.

Ефективне управління технічним розвитком передбачає стратегічне планування модернізації підприємства та оцінку ефективності інвестицій у технічне оновлення [5].

Воєнний стан створює низку додаткових викликів для підприємств, серед яких:

- пошкодження або руйнування виробничої інфраструктури;
- порушення логістичних ланцюгів постачання;
- скорочення фінансових ресурсів;
- дефіцит трудових ресурсів;
- нестабільність енергетичного забезпечення.

За таких умов підприємства змушені переходити до гнучких моделей організації виробництва, що передбачають активне використання сучасних технологій та інноваційних управлінських підходів [6].



Технічний розвиток виробництва сприяє підвищенню стійкості підприємств за рахунок:

- підвищення продуктивності праці;
- оптимізації виробничих витрат;
- підвищення ефективності використання ресурсів;
- забезпечення безперервності виробничих процесів;
- підвищення адаптивності підприємств до змін ринкового середовища.

Важливу роль у цьому процесі відіграє цифровізація виробництва, що дозволяє підприємствам ефективніше управляти ресурсами та виробничими процесами [7].

Управління технічним розвитком виробництва є одним із ключових факторів підвищення стійкості підприємств у сучасних умовах господарювання. В умовах воєнного стану особливого значення набувають процеси модернізації виробничих потужностей, цифровізації виробництва та впровадження інноваційних технологій.

Ефективна реалізація стратегії технічного розвитку дозволить підприємствам підвищувати продуктивність праці, знижувати витрати виробництва та забезпечувати стабільність функціонування навіть у складних економічних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. OECD. The Digital Transformation of SMEs. Paris : OECD Publishing, 2021. 180 p.
2. European Commission. Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient Industry. Brussels : European Commission, 2021. 48 p.
3. UNIDO. Industrial Development Report 2022. Vienna : United Nations Industrial Development Organization, 2022. 256 p.
4. World Economic Forum. Global Risks Report 2024. Geneva : World Economic Forum, 2024. 124 p.
5. McKinsey Global Institute. The Future of Manufacturing: Digital Transformation in Industry. New York : McKinsey & Company, 2023. 96 p.
6. International Labour Organization. Technology and the Future of Work. Geneva : ILO, 2022. 140 p.
7. World Bank. Resilient Industries for Sustainable Growth. Washington DC : World Bank, 2023. 210 p.
8. Геєць В. М. Економіка України в умовах воєнного стану: виклики та напрями відновлення. Київ : НАН України, 2023. 312 с.
9. Левченко О. М., Довгенко Я. О., Замуренко Д. В. Вплив штучного інтелекту та сучасних цифрових технологій на капіталізацію підприємств: регресійний аналіз // Вісник Прикарпатського університету імені Василя Стефаника. Серія: Економіка. 2025. Вип. 21, т. 2. С. 344–359. DOI: <https://doi.org/10.15330/apred.2.21.344-359>.
10. Левченко О. М. Стратегічний розвиток України за умов військового стану на засадах сталості й стійкості // Стратегії та адаптивні механізми забезпечення стійкості соціально-економічної системи України : колективна монографія / за заг. ред. О. М. Левченко, Ю. А. Бондар. Дніпро : Середняк Т. К., 2025. С. 7–33. DOI: 10.36550/978-617-8807-09-2.



ІННОВАЦІЙНІ ІНСТРУМЕНТИ ОПЕРАЦІЙНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В СИСТЕМІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Денисенко Микола¹, Мхітарян Анна²

*¹доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту та підприємництва
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

*²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
4 курсу факультету права, бізнесу та адміністрування
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

У сучасних умовах глобалізації, цифровізації економіки та високої конкуренції підприємства змушені постійно вдосконалювати свою операційну діяльність. Операційний менеджмент виступає ключовою складовою системи управління підприємством, оскільки саме він забезпечує ефективну організацію виробничих процесів, використання ресурсів та створення цінності для споживачів.

У сучасній науковій літературі підкреслюється, що підвищення ефективності підприємства значною мірою залежить від використання інноваційних інструментів управління, які дозволяють оптимізувати бізнес-процеси та забезпечити раціональне використання ресурсів. Одним із важливих напрямів є впровадження сучасних концепцій операційного менеджменту, зокрема Lean-management, Six Sigma, теорії обмежень та цифрових систем управління бізнес-процесами. [1]

Проблематика вдосконалення операційного менеджменту підприємства широко досліджується у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Науковці відзначають, що впровадження концепції Lean production дозволяє усунути втрати, оптимізувати виробничі процеси та підвищувати продуктивність діяльності підприємства. [2] Окрему увагу приділено використанню методології Lean Six Sigma, яка поєднує принципи бережливого виробництва з інструментами статистичного контролю якості та спрямована на зменшення варіативності процесів і підвищення якості продукції.

Разом із тим сучасні дослідження свідчать, що ефективність операційного менеджменту значною мірою зростає завдяки інтеграції цифрових технологій, аналітики даних та систем управління ефективністю бізнес-процесів. [3]

Операційний менеджмент є системою управління, що охоплює процеси планування, організації, контролю та вдосконалення виробничих і сервісних операцій підприємства. Основною метою операційного менеджменту є забезпечення ефективного використання ресурсів і створення конкурентоспроможної продукції або послуг.



Сучасний розвиток менеджменту характеризується активним використанням інноваційних інструментів управління операційною діяльністю. До найпоширеніших із них належать Lean-management (ощадливе виробництво)

Концепція **Lean-management (ощадливого виробництва)** є однією з найбільш поширених сучасних концепцій операційного менеджменту, спрямованих на підвищення ефективності діяльності підприємств. Її основною метою є **створення максимальної цінності для споживача за рахунок усунення втрат у виробничих та управлінських процесах**. В основі підходу лежить оптимізація потоків створення цінності, раціональне використання ресурсів та постійне вдосконалення операційної діяльності підприємства.

Концепція Lean сформувалася на базі **виробничої системи компанії Toyota**, яка орієнтована на скорочення часу виробництва, підвищення якості продукції та мінімізацію невиробничих витрат. Основна ідея цієї системи полягає у тому, що всі операції, які не створюють доданої вартості для споживача, повинні бути ідентифіковані та усунені.

У практиці операційного менеджменту використовується низка інструментів Lean-management, які дозволяють системно вдосконалювати виробничі процеси.

Основними інструментами цієї концепції є:

- **5S – система організації робочого місця.** Методологія 5S передбачає упорядкування робочого середовища та формування стандартизованих процедур організації праці. Вона включає п'ять етапів: сортування, впорядкування, прибирання, стандартизацію та підтримання встановлених стандартів. Застосування цієї системи дозволяє створити ефективне та безпечне робоче середовище, зменшити втрати часу та підвищити продуктивність праці.

- **Kanban – система управління виробничими потоками.** Kanban є візуальною системою управління виробництвом, яка використовує спеціальні сигнали або картки для регулювання обсягів виробництва та постачання матеріалів. Така система забезпечує синхронізацію операцій із реальним попитом, зменшує надлишкові запаси та сприяє більш ефективному використанню ресурсів підприємства.

- **Just-in-Time – система постачання ресурсів у потрібний час.** Даний інструмент передбачає виробництво та постачання продукції лише у той момент, коли вона необхідна для наступного етапу виробництва або для кінцевого споживача. Такий підхід дозволяє мінімізувати запаси, знизити витрати на зберігання матеріалів та підвищити гнучкість виробничої системи.

- **Kaizen – безперервне вдосконалення процесів.** Kaizen передбачає систематичне покращення виробничих процесів шляхом невеликих, але постійних змін. Особливістю цього підходу є залучення всіх працівників підприємства до процесу вдосконалення діяльності, що формує культуру постійного розвитку та підвищення ефективності роботи організації.



Застосування інструментів Lean-management дозволяє підприємствам досягти суттєвих результатів у підвищенні операційної ефективності. Зокрема, використання даної концепції сприяє **скороченню виробничих витрат, оптимізації виробничих процесів, підвищенню якості продукції та скороченню часу виконання операцій**. Крім того, завдяки усуненню втрат і оптимізації потоків створення цінності підприємства отримують можливість підвищити гнучкість виробництва та швидше реагувати на зміну потреб споживачів.

Таким чином, впровадження Lean-management є важливим напрямом удосконалення операційного менеджменту підприємства, оскільки воно сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів, покращенню організації виробничих процесів та зміцненню конкурентних позицій підприємства на ринку.

У сучасних умовах цифрової трансформації економіки підприємства дедалі активніше використовують **цифрові технології управління операційною діяльністю**, які дозволяють підвищити ефективність управління бізнес-процесами, забезпечити інтеграцію інформаційних потоків та підвищити швидкість прийняття управлінських рішень. Цифровізація операційного менеджменту передбачає використання сучасних інформаційних систем, аналітичних платформ і програмного забезпечення, що автоматизують управлінські та виробничі процеси підприємства.

До основних цифрових інструментів управління бізнес-процесами належать:

- **системи ERP (Enterprise Resource Planning)**. ERP-системи є комплексними програмними рішеннями, що забезпечують інтегроване управління основними бізнес-процесами підприємства, такими як фінанси, виробництво, постачання, управління персоналом, логістика та продажі. Вони об'єднують різні функціональні підрозділи підприємства в єдину інформаційну систему, що дозволяє отримувати актуальні дані про діяльність організації в режимі реального часу. ERP-системи забезпечують централізоване зберігання даних, інтеграцію інформаційних потоків і підвищують прозорість управління підприємством.

- **системи Business Performance Management (BPM)**. Ці системи спрямовані на моніторинг, аналіз та оцінювання результативності діяльності підприємства. Вони дозволяють формувати ключові показники ефективності (KPI), здійснювати стратегічне та оперативне планування, а також контролювати виконання управлінських рішень. Завдяки використанню BPM-систем керівництво підприємства може своєчасно виявляти відхилення у діяльності організації та оперативно коригувати бізнес-процеси.

- **аналітичні системи управління даними (Business Intelligence, BI)**. Аналітичні системи забезпечують обробку великих обсягів даних, їх структуризацію та аналіз з метою отримання управлінської інформації.



Використання інструментів бізнес-аналітики дозволяє підприємствам здійснювати прогнозування, моделювання різних сценаріїв розвитку та приймати більш обґрунтовані управлінські рішення. Крім того, такі системи сприяють підвищенню точності планування та оптимізації використання ресурсів.

- **цифрові платформи управління виробництвом**, використовуються для контролю та координації виробничих процесів у реальному часі. Вони дозволяють відстежувати стан обладнання, контролювати виконання виробничих операцій, оптимізувати використання ресурсів та підвищувати ефективність виробничих процесів. Завдяки інтеграції з ERP-системами такі платформи формують єдину інформаційну екосистему підприємства.

Використання цифрових інструментів управління бізнес-процесами забезпечує підприємствам низку важливих переваг. Зокрема, вони дозволяють **автоматизувати рутинні операції, інтегрувати інформаційні потоки між різними підрозділами, підвищити прозорість управління та забезпечити оперативне прийняття управлінських рішень на основі актуальних даних**. Крім того, цифрові технології сприяють підвищенню гнучкості підприємств, що дозволяє швидше реагувати на зміни ринкового середовища та підвищувати їх конкурентоспроможність.

Впровадження цифрових інструментів управління бізнес-процесами є важливим напрямом удосконалення операційного менеджменту підприємств, оскільки забезпечує інтеграцію управлінських процесів, підвищення ефективності використання ресурсів та формування сучасної цифрової інфраструктури управління діяльністю підприємства.[4]

Таким чином, інноваційні інструменти операційного менеджменту відіграють важливу роль у підвищенні ефективності діяльності підприємств. Їх використання дозволяє оптимізувати виробничі процеси, знизити витрати, підвищити якість продукції та забезпечити конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Серед найбільш ефективних інструментів операційного менеджменту можна виділити концепції Lean-management, та цифрові системи управління бізнес-процесами. Їх комплексне використання сприяє формуванню ефективної системи управління операційною діяльністю підприємства.

Подальші дослідження у цьому напрямі доцільно спрямувати на розроблення інтегрованих моделей впровадження інноваційних інструментів операційного менеджменту на підприємствах різних галузей економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белоус-Сергеева С. В. Роль управління якістю у концепції «Lean production» та проблеми її впровадження на вітчизняних виробництвах // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Економічні науки. 2018. № 35. С. 59–65.
2. Захаров В. А. Концепція «бережливого виробництва» як інструмент підвищення якості операційного менеджменту // Сучасні проблеми управління підприємствами: теорія і практика : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Харків, 2018. С. 188–191.



3. Осокіна А. В., Лізанець І. Р. Досвід застосування інструментів методології Lean Six Sigma в процесі трансформації бізнес-моделей сучасних компаній // Наука онлайн. 2021. № 11. С. 72–79.

4. Маргіта Н. О., Криницька М. Ю. Інноваційні інструменти ідентифікації потужності логістичної системи виробничого підприємства. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 156 с.

STEM-ПРОЄКТИ В GEOGEBRA: ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ НА ПРИКЛАДІ АРХІТЕКТУРНИХ ПАМ'ЯТОК РІДНОГО КРАЮ

Колісник Руслана¹, Правіцка Наталія²

*¹к. фіз.- мат. н., доцент,
завідувач кафедри алгебри та інформатики,
Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича
м. Чернівці, r.kolisnyk@chnu.edu.ua*

*²асистент кафедри алгебри та інформатики
Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича
м. Чернівці, n.pravitska@chnu.edu.ua*

Сучасна математична освіта орієнтується на впровадження STEM-підходу, який забезпечує інтеграцію знань та розвиток практичних навичок учнів. Особливого значення набуває використання цифрових інструментів, зокрема GeoGebra [1], що дозволяє візуалізувати математичні об'єкти та досліджувати їх у динаміці.

Одним із ефективних способів реалізації STEM-підходу є проєктна діяльність, яка поєднує математичний зміст із реальними об'єктами. Використання архітектурних пам'яток міста Чернівці як об'єкта дослідження сприяє формуванню міжпредметних зв'язків, розвитку просторового мислення та підвищенню мотивації до навчання.

У межах проєктної діяльності учням пропонується серія досліджень, що базуються на використанні інструментарію GeoGebra для аналізу архітектурної спадщини Чернівців.

Згідно з чинною навчальною програмою, змістова лінія «Геометричні перетворення» є ключовою у 9 класі (а елементи симетрії та рівності фігур — у 7 класі). Впровадження STEM-проєктів саме під час вивчення тем «Переміщення (рух)», «Симетрія відносно точки та прямої», «Гомотетія» та «Подібність фігур» дозволяє перетворити абстрактні геометричні алгоритми на дієвий інструмент дослідження навколишнього світу.

Проєкт 1. Цифрова реставрація симетрії Резиденції митрополитів

Об'єкт дослідження: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича.



Практичне завдання: Визначити головну вісь симетрії на фотографії центрального корпусу. Використовуючи інструментарій GeoGebra, учні виконують віртуальне «добудовування» елементів фасаду на основі збережених фрагментів, що дозволяє математично перевірити ідеальну пропорційність задуму Йозефа Главки.

Науковий контекст: У межах STEM-підходу учні досліджують архітектурні шедеври Йозефа Главки крізь призму математики, застосовуючи методи цифрового моделювання та фотограмметрії в програмі GeoGebra для підтвердження гіпотез про симетричність споруд.

Проект 2. Математична магія вітражів та вікон-розет

Об'єкт дослідження: Стрільчасті вікна та круглі вітражні розети неоготичного Костелу Пречистого Серця Ісуса (або автентичні вітражі Чернівецької ратуші).

Практичне завдання: Використовуючи інструмент «Інверсія відносно кола» в середовищі GeoGebra, учні досліджують математичну природу складних криволінійних орнаментів. Завдання полягає у побудові кола інверсії, що вписане в архітектурний елемент, та вивченні того, як прямі лінії рами та стін перетворюються у витончені дуги й кола, створюючи цілісний вітражний ансамбль.

Науковий контекст: Цей проєкт дозволяє вийти за рамки стандартної шкільної програми, демонструючи учням нелінійні перетворення площини. Через візуалізацію формули $OP \cdot OP' = R^2$ абстрактне поняття інверсії перетворюється на прикладний інструмент цифрового дизайну. Такий підхід розвиває нестандартне геометричне мислення та показує, як складні математичні закономірності стають основою естетичної досконалості сакральної архітектури Чернівців.

Проект 3. Світловий анаморфоз на Театральній площі

Об'єкт дослідження: Фасад Чернівецького академічного обласного українського музично-драматичного театру імені Ольги Кобилянської.

Практичне завдання: Використовуючи інструмент «Гомотетія» у GeoGebra, учні моделюють процес світлової проєкції на складну криволінійну поверхню театру. Завдання полягає у створенні динамічної моделі, де зміна положення «джерела світла» (центра гомотетії) та коефіцієнта k змінює масштаб і пропорції декоративних елементів фасаду, відтворюючи ефект сучасного 3D-mapping шоу.

Науковий контекст: Проєкт демонструє практичне застосування гомотетії та властивостей подібних фігур у сучасних технологіях візуального мистецтва. Учні аналізують, як математичні перетворення дозволяють коригувати оптичні спотворення (анаморфози), що виникають при проєктуванні зображень на архітектурні об'єкти. Це закладає фундамент для розуміння інженерної графіки та комп'ютерного дизайну, перетворюючи Театральну площу на відкриту наукову лабораторію.



Впровадження системи інноваційних STEM-проектів у цифровому середовищі GeoGebra на прикладі архітектурної спадщини Чернівців забезпечує перехід від репродуктивного засвоєння теорії до активного дослідницького пошуку. Запропонована методика забезпечує глибоку інтеграцію математичних знань із практичними навичками цифрового моделювання, де архітектурні об'єкти виступають живими геометричними моделями. Використання інструментарію динамічної геометрії для дослідження симетрії, гомотетії та інверсії робить абстрактні поняття наочними, що значно підвищує рівень просторового мислення та пізнавальний інтерес учнів.

Особливе значення має формування цифрової грамотності, адже робота в GeoGebra демонструє учням зв'язок шкільної геометрії з реальними завданнями сучасного дизайну та архітектури. Окрім освітнього результату, проектна діяльність на базі рідного краю має вагомий виховний потенціал, адже дослідження історії та культури через призму точних наук сприяє усвідомленому ставленню до збереження пам'яток ЮНЕСКО та локальної архітектури. Таким чином, поєднання можливостей STEM-підходу, динамічної геометрії та краєзнавчого контенту є ефективною інновацією, що повністю відповідає сучасним тенденціям розвитку математичної освіти та вимогам Нової української школи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. GeoGebra. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.geogebra.org>
2. Правіцка Н.С. Комп'ютерна підтримка шкільного курсу геометрії під час вивчення теми геометричні перетворення // Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – 2025, No 24 (31), 165 - 174 с. DOI 10.31392/UDU-nc.series2.2025.24(31).15

ТЕНДЕНЦІЇ МЕНЕДЖМЕНТУ В СУЧАСНОМУ ІНФОРМАЦІЙНОМУ СУСПІЛЬСТВІ

Кухар Роман¹, Чопей Вікторія²

¹кандидат фіз-мат наук, доцент, доцент кафедри економіки та менеджменту
Карпатського інституту підприємництва
«Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»
м. Хуст, rkuckar@ukr.net

²кандидат соціологічних наук, доцент, директорка
Карпатського інституту підприємництва
«Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»
м. Хуст, VChopej@i.ua

Найскладнішою проблемою сучасних організацій є стрімка трансформація навколишнього світу. Динамічність, невизначеність і непередбачуваність зовнішнього середовища викликають фундаментальні зрушення, колосально впливають на організації. Вплив глобалізації, інформаційних технологій,



різноманіття працівників, комплексне управління якістю привели до зміни парадигми менеджменту.

Нову парадигму менеджменту П.Ф.Друкер[2] формулює: “менеджмент існує заради результатів, яких організація досягає у зовнішньому середовищі. Менеджмент повинен визначати - яких результатів необхідно досягти, повинен мобілізувати ресурси організації для досягнення цих результатів. Менеджмент призначений для того, щоб будь-яка організація – комерційна чи некомерційна (лікарня, школа і т. п.) – мали можливість досягти запланованого результату у зовнішньому середовищі за межами організації. В сферу уваги і відповідальності менеджменту входить все, що якимось чином впливає на продуктивність організації і результативність її діяльності - всередині організації чи за її межами, в підконтрольних організації сферах чи в сферах нею не контрольованих”.

Враховуючи глобалізацію процесів, що відбуваються в сучасному суспільстві, а також принципи системного підходу, як методу наукового дослідження, в нашому дослідженні [4.5] цю парадигму розглядаємо як систему «*організація, зовнішнє середовище*». При цьому слід відзначити, що між об'єктами цієї пари відбувається тісна взаємодія: організація може впливати на зовнішнє середовище - створення ЕОМ, Інтернету, ІІІ і т.п. змінило суспільство - так само зовнішнє середовище може впливати на організацію - ігнорування продукованої нею продукції, антиреклама цієї продукції і т.п. Все це може суттєво впливати на ефективність функціонування організації загалом та вимагає від менеджменту стратегічного мислення і підходу. Можна привести багато прикладів, коли в результаті змін підходів в зовнішньому середовищі (фінансова криза, митна політика і т.п.) ставали банкрутами успішно функціонуючі організації.

Для сучасного менеджменту діють нові правила, нові принципи досягнення успіхів, нові форми організацій. З середини 20-го ст. в теорії менеджменту відбулася трансформація управлінської парадигми в напрямку більшої гнучкості та агільності. Складовою частиною парадигми менеджменту стали персонал-орієнтовані технології, вирішальними складовими яких є поєднання індивідуального мотивування працівників з формуванням оптимальних умов для виникнення у них почуттів причетності до єдиної справи. Більшість організацій перейшли від старих ієрархічних моделей до більш гнучких команд та методологій, зокрема Scrum та Kanban, що дозволяє швидше враховувати зміни та досягати ефективних управлінських рішень.

Враховуючи надзвичайно важливу роль в теорії сучасного менеджменту понять “інформація” (інформація – це ресурс), та інтернету, як одного із основних засобів комунікацій, а також сучасний стан розвитку суспільства – інформаційне, креативне і т.п. – не можемо не враховувати в нашому дослідженні інформаційний аспект менеджменту. Як відзначає Дагого Олтрейд [3], на початок 21 ст. людство вступило в період, який можна вважати



постмодерною епохою життя, в якій технології стають особистими. Квантові комп'ютери називають наступним стрибком людської цивілізації, який можна порівняти зі створенням інструментів, започаткуванням сільського господарства, і, звісно, з промисловою революцією. Стрімкий прояв штучного інтелекту в різних аспектах суспільства і, зокрема, менеджменті, очевидно дозволяє стверджувати про настання *шостого етапу комунікаційних революцій* – квантових комп'ютерів та штучного інтелекту.

Інформація завжди займала чільне місце в житті суспільства: “хто володіє інформацією, той володіє світом”. Глобальною тенденцією сьогодення є суттєве збільшення інформаційних потоків. Сучасні підприємства постійно стикаються з проблемою обробки управлінської інформації, яка є основою для прийняття ефективних управлінських рішень. Відповідно, збільшення обсягів інформації та зростання складності процесів управління підприємством призвели до появи та розвитку автоматизованих систем управління; також слід відзначити, що сучасна специфіка трансформації системи управління підприємством характеризується широким впровадженням новітніх інформаційних та цифрових технологій в управлінський процес.

Створення в середині 20-го століття ЕОМ - що вважають одним з найбільших досягнень 20-го ст. - внесло свій вклад і в теорію менеджменту. До того теорія менеджменту розвивалася як би всередині себе, виходячи з практики та узагальнюючи її відповідними теоретичними положеннями (розвивались різні наукові школи, методи, підходи). Інформатизація послужила зовнішнім фактором для теорії менеджменту, розробивши цілий ряд інструментів (АСУ, ІС , АРМ різних видів і типів), що полегшувало процес прийняття ефективного управлінського рішення. Створення в 70-х роках 20-го ст. персонального комп'ютера внесло суттєві зміни в житті суспільства – масова комп'ютеризація, роботизація в різних галузях виробництва і в повсякденному побуті – формування інформаційного суспільства. Змінився стиль життя суспільства, в якому основу складало *«рух і перетворення інформації»*, а ЕОМ – інструментом її опрацювання. Формується *«інформаційна економіка»*, в якій інформація виступає як ведуча продуктивна сила, а також виступає основним продуктом виробництва і предметом споживання [4,5].

Управлінські культури еволюціонують разом з іншими аспектами життя людства. Виділяють 5 етапів комп'ютерних революцій (комп'ютерні революції – це якісні стрибки в змінах технічних засобів виробництва і передачі інформації, а також соціальних умов її розповсюдження і споживання, що зумовило розробку різного виду інформаційних систем (ІС) (табл.1) [4] . Відмітимо, що між цими етапами немає чіткої межі. В кожному етапі, у свою чергу, можна виділити підетапи, що різняться деякими особливостями. Розвиток ІС відбувався одночасно з розвитком та вдосконаленням систем управління



різного призначення. Найбільш помітні успіхи в розвитку ІС були досягнуті в період створення автоматизованих систем управління (АСУ).

Таблиця 1

Етапи розвитку інформаційних систем

Номер етапу	Період, роки	Назва етапу в нашій країні	Назва етапу в іноземній літературі	Схема розв'язування задачі
Перший	1963-1972	Створення АСУ (позадачний підхід)	Системи обробки даних	Дані
				Розв'язання задач в пакетному режимі
Другий	1972-1985	Створення і розвиток АСУ згідно з концепцією баз даних	Управлінські інформаційні системи	Дані+базы даних (БД)
				Розв'язання задач в режимі реального часу Багатоваріантні розрахунки Елементарне моделювання
Третій	Початок 1985	Створення інтегрованих АСУ, обчислювальних систем і мереж	Системи підтримки прийняття рішень	БД
				Розв'язання задач в режимі реального часу. Моделювання техніко-економічних процесів. Підтримка управлінських рішень

Початок 21-го ст. відзначився стрімким проявом штучного інтелекту в різних аспектах суспільства і, зокрема, менеджменті. Щоб краще зрозуміти цей феномен, доцільно розглянути цей процес в розвитку так званих комунікаційних (інформаційних) революцій, виходячи з відомого факту, що інформація – це ресурс менеджменту, який поступає до нього по відповідному комунікаційному каналу.

Технології штучного інтелекту є потужним інструментом для удосконалення бізнес-процесів, сприяючи зростанню продуктивності та гнучкості компаній (таблиця 2). Поряд з цим існують виклики для менеджменту через активізацію застосування ШІ в Digital-суспільстві [6].

Таблиця 2

Переваги штучного інтелекту для менеджменту цифрової трансформації бізнес-процесів

Критерій	Основні переваги
Операційна результативність	Скорочення витрат часу Оптимізація робочих процесів Зростання ефективності діяльності
Аналітичні можливості	Опрацювання великих обсягів даних Швидкий пошук інформації Підтримка прийняття рішень
Автоматизація діяльності	Виконання повторюваних операцій Зменшення навантаження на працівників Спрощення організації роботи



Критерій	Основні переваги
Розвиток інновацій	Формування нових ідей Підтримка творчого мислення Стимулювання інноваційних підходів
Вплив на продуктивність праці	Покращення якості результатів Підвищення продуктивності Допомога у виконанні професійних завдань

На щорічному Всесвітньому економічному форумі в Давосі у 2024 році було зазначено, що саме ШІ є рушійною силою економіки та суспільства.

І.Адізес [1] стверджує: «Традиційний менеджмент пригноблює потенціал, а школи менеджменту завдають більше шкоди, ніж приносять користі, підтримуючи ілюзію того, що індивідуум має здібності до всіх управлінських завдань». Це перегукується із тезисом В.Е.Демінга [3]: «Наша панівна система управління завдає шкоди людям... при цьому її не трансформуємо без трансформації панівної системи освіти». Це зумовлює необхідність внесення змін в методику викладання як на рівні школи, так і вищої освіти щодо комп'ютеризації навчального процесу. При цьому застосування штучного інтелекту прискорює ці зміни з врахуванням як позитиву, так і через негативний вплив на систему підготовки учнів та студентів. Для прикладу, при вивченні традиційним методом в теорії «дослідження операцій» відомої «транспортної задачі», викладання та розв'язування на конкретному навчальному прикладі задачі триває цілу академічну годину, в той же час при зверненні до чату GPT отримується розв'язок задачі з детальним його обґрунтуванням за 2-3 хвилини. Тим самим при навчанні втрачається акцент на логіко-аналітичному обґрунтуванні. З урахуванням цього, при використанні штучного інтелекту в навчальному процесі, вносяться зміни щодо методики викладання в багатьох країнах.

Таким чином, можна стверджувати, що впровадження цифрових технологій та штучного інтелекту як в систему підготовки майбутніх спеціалістів, так і в практичну роботу менеджера, вимагає суттєвої корекції в традиційну методику їх функціонування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адізес І. Ідеальний керівник: чому ним неможливо стати. Пер. з англ. 2017.
2. Друкер Пітер Ф. Задачі менеджменту в 21 сторіччі. Київ 2000. 270 с.
3. Дагого Олтрейд. Нове мислення. Від Айнштейна до штучного інтелекту. Харків, 2022
4. Кухар Р.Б., Долинський С.В., Мотько Н. Р. Менеджмент: інформаційний підхід. Ужгород, вид-во РАЖДА. 2019. 392 с.
5. Кухар Р.Б., Мотько Н. Р. Менеджмент: системний підхід. Львів 2023.
6. Судук О.Ю. Перспективи та ризики застосування штучного інтелекту менеджменті організацій в контексті індустрії 5.0. *Вісник НУВГП. Серія «Економічні науки»*. 2025. Випуск 1(109). С. 161-172.



ФОРМУВАННЯ ЛІДЕРСТВА НОВОГО ПОКОЛІННЯ У ПУБЛІЧНІЙ СЛУЖБІ

Левченко Анна¹, Заліцаєв Артем²

*¹кандидат економічних наук, професор,
професор кафедри публічного управління, права та гуманітарних наук
Херсонського державного аграрно-економічного університету
м. Кропивницький*

*²здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
Херсонського державного аграрно-економічного університету
м. Кропивницький*

У сучасному управлінському середовищі лідерство розглядається як один із ключових чинників, що визначає результативність і якість управлінської діяльності. Формування та розвиток лідерських компетентностей сьогодні є стратегічним пріоритетом для менеджерів у глобальному масштабі, як у високорозвинених державах, так і в країнах, що прагнуть посилити власні позиції та конкурентоспроможність на міжнародному рівні. Лідерські якості активно розвиваються як у бізнес-середовищі, так і в системі державного управління, де вони відіграють визначальну роль у забезпеченні ефективного функціонування публічних інституцій. У цьому контексті лідерство виступає фундаментальною складовою сучасної демократичної моделі врядування та одним із базових елементів концепції governance. Воно сприяє підвищенню управлінської ефективності та забезпечує належне виконання функцій органами державної влади.

Умови реформування системи державного управління, реалізація адміністративних змін і стратегічна орієнтація України на європейську інтеграцію визначають розвиток лідерства як одну з ключових передумов становлення демократичного врядування. Особливого значення набуває роль нового покоління державних службовців – професійних лідерів у сфері публічного адміністрування, які характеризуються високим рівнем компетентності, інноваційним підходом до управління людськими ресурсами, здатністю ефективно врегульовувати соціально-управлінські конфлікти, а також використовувати комунікативні інструменти для досягнення стратегічних цілей розвитку держави.

Лідерські здібності можуть мати як природне походження, так і формуватися в процесі навчання, професійної підготовки та практичної діяльності. У сфері управління лідерство має проявлятися незалежно від рівня посадових повноважень чи сфери діяльності. Це стосується не лише керівників, але й усіх працівників організації, які спільно формують ефективну управлінську систему. У цьому випадку йдеться не про індивідуальні характеристики окремих осіб, а про розвиток корпоративного та адміністративного лідерства, спрямованого на досягнення спільних результатів



у сфері державної служби. Лідерство є невід’ємним елементом управлінської діяльності на всіх рівнях публічного адміністрування. Воно виступає не лише формальною вимогою до керівників, а й поведінковим стандартом, що визначає практичну ефективність управління та відображає систему цінностей організації, яка формує основу її подальшого розвитку.

Керівники органів державної влади зобов’язані постійно вдосконалювати власні професійні та етичні компетентності, зберігаючи при цьому політичну нейтральність. В умовах динамічних трансформацій у системі державного управління саме лідерські якості набувають особливої значущості. Справжній лідер у публічному управлінні — це не лише той, хто здійснює контроль і розподіл завдань, а насамперед той, хто здатний мотивувати колектив, формувати спільне бачення цілей і створювати умови, за яких працівники добровільно орієнтуються на досягнення високих результатів [2].

У сучасному глобалізованому середовищі організації всіх форм власності стикаються з комплексом нових викликів, серед яких стрімкий технологічний розвиток, посилення міжнародної конкуренції, зростання вимог споживачів та постійні соціально-економічні зміни. За таких умов ефективне управління та лідерство перетворюються на критично важливі фактори не лише успіху, але й виживання організацій. Класичні авторитарні та жорстко ієрархічні моделі управління, що базуються переважно на адміністративному контролі, дедалі частіше виявляють свою обмеженість у контексті формування гнучких, інноваційних і високоефективних команд. Натомість зростає попит на лідерів, які здатні не тільки організувати робочі процеси, але й надихати працівників, розкривати їхній потенціал, формувати атмосферу довіри, взаємоповаги та командної взаємодії [3].

У цьому контексті особливої актуальності набуває концепція менеджменту на засадах служіння (*servant leadership*), яка формує якісно нову парадигму взаємовідносин між лідером і командою. Даний підхід зміщує фокус із домінування та реалізації владних повноважень на пріоритет служіння інтересам інших — співробітників, клієнтів та суспільства загалом. Лідер у цій моделі виступає не як авторитарний центр прийняття рішень, а як наставник, фасилітатор і коуч, який сприяє розвитку підлеглих, підтримує їхнє професійне зростання та допомагає реалізувати індивідуальний і колективний потенціал.

У сучасній теорії управління дедалі більше утверджується підхід, згідно з яким ефективний лідер повинен володіти здатністю комбінувати різні стилі керівництва залежно від ситуаційного контексту, рівня зрілості команди та специфіки організаційних завдань. Це дозволяє забезпечувати гнучкість управлінських рішень і підвищувати адаптивність організації до зовнішніх змін.

Паралельно з цим у сучасних організаціях зростає потреба в моделях лідерства, орієнтованих не лише на ефективність адміністративних процесів, а й на розвиток людського капіталу, зміцнення довіри та формування ціннісно орієнтованої організаційної культури. У зв’язку з цим науковий інтерес дедалі



більше зосереджується на гуманістичних підходах до управління, які враховують етичні, соціальні та психологічні аспекти взаємодії в організаціях. Саме тому концепція менеджменту на засадах служіння набуває особливої актуальності як модель, що поєднує досягнення організаційних цілей із розвитком особистості працівника як основного ресурсу змін. Центральними цінностями такого підходу є довіра, співпраця, взаємна підтримка та етична відповідальність, що є особливо важливими в умовах нестабільного зовнішнього середовища [1].

Водночас формування етичного лідерства в органах публічної влади України ускладнюється низкою бар'єрів, які умовно можна поділити на три основні групи: інституційні, соціокультурні та нормативно-правові. До інституційних належать надмірна централізація управління, жорстка ієрархічність, непрозорість адміністративних процедур, недоліки системи матеріального забезпечення державних службовців, поширеність корупційних практик, а також недостатній рівень професійної підготовки кадрів. Соціокультурні бар'єри охоплюють патерналістські установки у взаємовідносинах із владою, низький рівень довіри до державних інституцій, етичний релятивізм і слабку культуру громадянської участі. Нормативно-правові обмеження проявляються у фрагментарності етичного регулювання, відсутності єдиного етичного кодексу, недостатньо розвинених механізмах запобігання конфлікту інтересів, слабкості громадського контролю та неефективності системи відповідальності.

Подолання зазначених бар'єрів потребує комплексного та системного підходу, що передбачає трансформацію організаційних структур і процедур у напрямі підвищення прозорості та підзвітності, формування мотиваційної системи добросовісної поведінки державних службовців, запровадження безперервної етико-ціннісної підготовки управлінських кадрів, посилення механізмів запобігання корупційним ризикам, а також розвиток інструментів громадського моніторингу. Важливою складовою цього процесу є також активізація суспільного діалогу щодо стандартів етичного врядування. Реалізація таких змін має довгостроковий характер і потребує інтеграції освітніх, мотиваційних, комунікаційних та контрольних механізмів. Особливе значення має впровадження інноваційних підходів до етичного навчання, включно з інтерактивними методами, кейс-аналізом реальних ситуацій морального вибору та розвитком навичок етичної рефлексії й прийняття рішень. Додатково важливою є система стимулювання добросовісності, яка повинна включати як матеріальні, так і нематеріальні інструменти заохочення.

Таким чином, підвищення ефективності органів державної влади та зміцнення їхньої управлінської спроможності можливе лише за умови формування нового покоління лідерів у сфері публічного адміністрування, які поєднують високий рівень професійної підготовки, інноваційне мислення,



здатність до управління персоналом, навички врегулювання конфліктів і ефективну комунікативну компетентність для досягнення стратегічних цілей розвитку.

Отже, становлення сучасної культури публічного управління в Україні передбачає необхідність комплексної трансформації системи врядування, що включає: формування багаторівневої етичної інфраструктури в органах влади; створення спеціалізованих інституцій для координації етичної політики; інтеграцію принципів доброчесності у всі етапи управління персоналом; впровадження сучасних інтерактивних методик навчання державних службовців; залучення громадянського суспільства до формування та контролю етичних стандартів; а також розробку системи оцінювання рівня розвитку етичного лідерства на основі чітких і вимірюваних індикаторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Канафоцька Г. П. Лідерство-служіння як основа нової парадигми менеджменту – менеджменту творчості // Що чинити, як діяти? Філософські, наукові та релігійні аспекти управлінської діяльності : тези III Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Львів, 15–16 квіт. 2011 р.). Львів, 2011. 160 с. С. 3-5.

2. Розвиток лідерства / Л. Бізо, І. Ібрагімова, О. Кікоть, Є. Барань, Т. Федорів ; за заг. ред. І. Ібрагімової. Київ : Проєкт «Реформа управління персоналом на державній службі в Україні», 2012. 400 с.

3. Levchenko A. O., Zhosan N. V. Leadership and managerial competencies of managers in the context of the digital economy // Сучасний менеджмент: витоки, реалії та перспективи розвитку : зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 80-річчю кафедри менеджменту та розвитку територій імені Євгена Храпливого (м. Львів, 12 берез. 2026 р.). Львів, 2026. С. 68-71.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕНЕДЖМЕНТУ СКЛАДСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА В УМОВАХ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ

Левченко Олександр¹, Ігнатко Марія²

*¹доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту та підприємництва*

*Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький, om_levchenko@ukr.net*

*²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
4 курсу, спеціальності Менеджмент*

*Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

У сучасних реаліях ефективно управління складським господарством виступає визначальним фактором, що впливає на конкурентоспроможність підприємств [1]. Складські процеси забезпечують не лише зберігання й облік



матеріальних ресурсів, але й сприяють своєчасному їхньому постачанню, підтримуючи безперервність виробничих циклів [2]. Незважаючи на значну кількість досліджень у цій сфері, використання цифрових інновацій та автоматизованих систем управління складами залишається обмеженим серед вітчизняних підприємств [3]. Отже, питання модернізації складського менеджменту не втрачає актуальності [4].

Проблематики управління складським господарством приділяли увагу як українські, так і закордонні науковці, включаючи Погорелова Т.О., Козлова В.В., Армстронга М., Балабанову Л.В. та Левченко О.М. [1, 5, 9]. Дослідники акцентують на важливості ефективної організації складських процесів, що значною мірою впливає на загальний результат діяльності підприємства [6]. Особлива увага приділяється впровадженню сучасних логістичних і цифрових систем для обліку запасів, що допомагають оптимізувати операційні процеси й зменшувати витрати [7, 8].

Основною метою дослідження є аналіз сучасних підходів до управління складським господарством і пошук найбільш ефективних шляхів удосконалення складського менеджменту із застосуванням новітніх цифрових технологій.

Менеджмент складського господарства охоплює різноманітні аспекти, зокрема планування, організацію, контроль та оптимізацію ресурсних потоків [3, 6]. У сучасній науці виокремлюють кілька підходів до цього процесу: традиційне управління запасами, логістичне управління, інтеграцію в ланцюги постачання та цифрові підходи до організації складських процесів [1, 7].

Цифровізація складського господарства включає впровадження автоматизованих систем обліку та програм для управління запасами, застосування RFID-технологій, роботизацію операцій і використання аналітичних інструментів для прогнозування майбутнього попиту [5, 8]. Як підкреслюється в дослідженнях Левченко О.М. та співавторів, цифровізація є ключовим інструментом удосконалення систем управління підприємствами, зокрема в умовах забезпечення їхньої конкурентоспроможності та економічної безпеки [9]. Використання таких інновацій дозволяє досягати високої точності обліку, мінімізувати витрати часу і ресурсів, а також оптимізувати процеси прийому і відвантаження товарів [6].

Ключову роль відіграє розробка стратегії цифровізації складського господарства. Цей процес передбачає детальний аналіз існуючих процесів, визначення пріоритетних напрямків модернізації, вибір і впровадження відповідного програмного забезпечення, а також підвищення кваліфікації персоналу для роботи з новітніми технологіями [2, 7]. Основними принципами сучасного складського менеджменту є системний підхід, автоматизація більшості процесів, прозорість операційної діяльності, інтеграція з діяльністю інших підрозділів підприємства та гнучкість у прийнятті рішень [1, 3].

Таким чином, інтеграція цифрових технологій у менеджмент складського господарства дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи підприємства за



рахунок поліпшення обліку та управління запасами, оптимізації операцій і зниження витрат [5, 6, 9]. Інструменти цифровізації – автоматизовані системи обліку, RFID-технології, аналітичні платформи та роботизація – сприяють створенню нової організаційної культури складу, яка базується на прозорості, швидкості виконання завдань та підзвітності [7, 8]. Це забезпечує бізнесу значні конкурентні переваги та підвищену стійкість у динамічному економічному середовищі [2, 4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Погорелова Т.О. Управління складським господарством: теорія та практика. Харків: ХНУ, 2021. 212 с.
2. Козлов В.В. Логістика і управління запасами на підприємстві. Київ: Логістика, 2020. 184 с.
3. Армстронг М. Supply Chain Management: Modern Concepts. London: Kogan Page, 2019. 350 p.
4. Балабанова Л.В. Організація і менеджмент складів. К.: Центр учбової літератури, 2018. 198 с.
5. Лизунова О.М., Іщенко Я.Г. Використання цифрових технологій у менеджменті складу. Економіка та управління, 2019. Вип. 12. С. 88-96.
6. Погорелова Т.О. Інноваційні технології в управлінні складом. Вісник НТУ «ХП», 2020. №18. С. 101-108.
7. Tikwayo L.N., Mathaba T.N.D. Applications of Industry 4.0 Technologies in Warehouse Management. Logistics, 2023. Vol. 7(2), 24 p.
8. Tubis A.A., Rohman J. Intelligent Warehouse in Industry 4.0 Systematic Literature Review. Sensors, 2023. 23(8): 4105.
9. Левченко О.М., Вовк М.О., Юрченко Н.І., Гаврилюк А.Р. Діагностика системи управління фінансово-економічною безпекою конкурентоспроможних підприємств агропродовольчої сфери в умовах цифровізації // *Агросвіт*. 2024. № 4. С. 22–30.
10. Левченко О.М., Немченко Т.А. Соціальний розвиток трудового потенціалу в умовах інноваційних трансформацій: [монографія], Кропивницький: Ексклюзив-Систем, 2021. 272 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ КОМЕРЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ДІДЖИТИЛІЗАЦІЇ

Левченко Олександр¹, Криволап Анастасія²

¹доктор економічних наук, професор,

професор кафедри менеджменту та підприємництва

*Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький, om_levchenko@ukr.net*

²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

4 курсу факультету права, бізнесу та адміністрування

*Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

У сучасних умовах розвитку економіки комерційна діяльність підприємств переживає значні зміни під впливом цифрових технологій, які модифікують звичні підходи до організації продажів [2]. Зокрема переглядаються способи



взаємодії з клієнтами, аналізу ринку та прийняття рішень, що змушує компанії адаптуватися до нових умов [8]. Комерційна діяльність визначає, як саме підприємство взаємодіє з ринком і формує свій дохід [5]. Вона забезпечує постачання товарів і послуг кінцевим споживачам, отримання доходів та зміцнення конкурентних переваг суб'єкта господарювання [7]. Однак традиційні підходи до управління комерційною діяльністю вже не повністю відповідають вимогам динамічного ринкового середовища [5]. Фактично це означає необхідність пошуку актуальних шляхів удосконалення управління комерційною діяльністю в умовах діджиталізації [2].

Питання про сутність господарської діяльності, її етапи та особливості управління досліджували вітчизняні вчені, зокрема І. В. Причепка, О. Ю. Лесько, Р. В. Горенко [5], С. Б. Розумей, А. О. Голь [7] та інші. Тематика цифровізації бізнес-процесів, інноваційного управління, розвитку електронної комерції [1] та трансформації управління підприємством в умовах цифровізації [3] висвітлена у працях І. І. Кравчук, С. О. Лавриненко, А. М. Зелінської, І. Я. Іпполітової, Т. Б. Семенчук, М. В. Забранського, Р. Я. Колодій, О. І. Кондратюк та інших дослідників [8]. Попри значний науковий доробок, питання вдосконалення управління комерційною діяльністю в умовах цифровізації досі залишається нагальним, враховуючи сучасні цифрові інструменти та трансформацію ринкових процесів [2].

Метою дослідження є обґрунтування напрямів модернізації управління комерційною діяльністю підприємств в умовах діджиталізації [2].

Комерційна діяльність суб'єкта господарювання охоплює різні напрями роботи, а саме: матеріально-технічне забезпечення, маркетингові комунікації, збут товарів та послуг, оптимізація товарного портфеля, регулювання споживчого попиту та розбудова взаємовигідних зв'язків з контрагентами і споживачами [7]. Її ефективність значною мірою залежить від здатності підприємства швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища, потреб ринку та поведінки споживачів [5]. У сучасному бізнес-середовищі важливим фактором підвищення ефективності комерційної діяльності є діджиталізація [2]. Підприємства починають активніше використовувати цифрові інструменти у своїй роботі [3]. Це стосується управління продажами, маркетингу, комунікації з клієнтами, аналітики та документообігу [9]. Цифровізація дозволяє обробляти інформацію швидше, приймати управлінські рішення вигідніше, активніше адаптувати підприємство до ринкових змін та забезпечувати прозорість бізнес-процесів [3]. Важливим напрямом у підвищенні ефективності управління комерційної діяльності є збільшення обсягів використання CRM-систем, цифрових платформ, електронної комерції [1] та інструментів маркетингової аналітики [4]. Це дозволяє краще організувати роботу з клієнтами: зберігати інформацію про них, формувати персоналізовані пропозиції, відстежувати попит і контролювати виконання угод [9]. У підсумку підвищується якість обслуговування та загальна ефективність діяльності [3].



Водночас розвиток електронної комерції підтримується і на законодавчому рівні, що створює додаткові можливості для бізнесу [6]. Крім того, в умовах цифровізації особливо важливе значення набуває використання цифрової аналітики для оцінки ефективності комерційної діяльності [4]. Інтеграція новітніх інформаційних систем надає підприємствам змогу здійснювати оперативний та глибокий аналіз ключових аспектів їхньої діяльності [9]. Зокрема, це стосується показників реалізації, економічної ефективності асортиментних позицій, патернів споживацької поведінки, а також результативності дистрибуційних каналів та маркетингових кампаній [4]. Усе це в підсумку допомагає сформувати більш логічну комерційну стратегію та підвищ [4].

У контексті цифрової трансформації підприємства змінюють підходи до управління комерційною діяльністю [8]. Насамперед це стосується переходу до цифрових каналів збуту та автоматизації основних процесів [3]. Досить поширеним стало використання CRM і ERP-систем, а також розвиток електронної комерції та інструментів цифрового маркетингу [9]. Крім того, підприємства все частіше застосовують аналітичні системи для прогнозування попиту і аналізу поведінки споживачів [4]. Водночас зростає потреба у підвищенні цифрових компетентностей персоналу [2]. Комплексна інтеграція організаційних, інформаційних та управлінських трансформацій зумовлює оптимізацію функціональної результативності підприємства [8].

Отже, в умовах діджиталізації вдосконалення управління господарською діяльністю має ґрунтуватися на активному використанні цифрових технологій та автоматизації процесів [3], розвитку електронної комерції [1] та аналітичному супроводі прийняття рішень [4]. Це сприятиме підвищенню гнучкості підприємства, якості обслуговування клієнтів, зростанню обсягів реалізації продукції та зміцненню ринкових позицій [8].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іпполітова І. Я. Перспективи розвитку електронної торгівлі в Україні в умовах цифровізації економіки. Економіка та суспільство. 2023. № 47. URL: <https://economyandsociety.in.ua> (дата звернення: 23.03.2026).
2. Колодій Р. Я., Кондратюк О. І. Сутність діджиталізації та її вектори розвитку в сучасному бізнес-середовищі. Економіка та суспільство. 2025. URL: <https://economyandsociety.in.ua> (дата звернення: 23.03.2026).
3. Кравчук І. І., Лавриненко С. О., Зелінська А. М. Діджиталізація бізнес-процесів: інноваційна складова менеджменту підприємств. Економіка та суспільство. 2023. № 58. С. 120–126. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-58-19.
4. Левченко О. М., Довгенко Я. О., Яременко Л. І. Інформаційний менеджмент цифрової економіки на основі візуалізації даних: стратегічний аспект // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки". – 2025. – № 11. <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-11-11659>
5. Причепя І. В., Лесько О. Й., Горенко Р. В. До питання комерційної діяльності: поняття, фактори впливу, особливості управління за сучасних умов. Економіка та суспільство. 2022. № 35. С. 98–104. DOI: 10.32782/2524-0072/2022-35-39.



6. Про електронну комерцію : Закон України від 03.09.2015 № 675-VIII // База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 23.03.2026).

7. Розумей С. Б., Голь А. О. Сутність та етапи комерційної діяльності підприємства. Економіка та суспільство. 2018. Вип. 14. С. 498–504. URL: <https://economyandsociety.in.ua> (дата звернення: 23.03.2026).

8. Семенчук Т. Б., Забранський М. В. Вплив цифрових технологій на трансформацію стратегічних підходів в управлінні підприємством. Бізнес Інформ. 2025. № 5. С. 515–520. DOI: 10.32983/2222-4459-2025-5-515-520.

9. Юринець З. В., Денисенко М. П., Левченко О. М., Дорошко В. А. Інформаційні технології та інформаційні системи у системі управління підприємством. Інвестиції: практика та досвід. 2026. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2026.3.75> <https://www.nayka.com.ua/index.php/investplan/article/view/8943/9088>

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ НА ПІДПРИЄМСТВІ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОГО ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Левченко Олександр¹, Ланцов Володимир²

*¹доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту та підприємництва
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький, om_levchenko@ukr.net*

*²здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
4 курсу, спеціальності Менеджмент
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

У сучасних умовах розвитку економіки ефективне управління логістичною діяльністю підприємства набуває особливої актуальності. Підприємства функціонують у середовищі, яке характеризується високим рівнем невизначеності, порушенням ланцюгів постачання, зростанням логістичних витрат та впливом глобальних кризових явищ. У таких умовах виникає необхідність удосконалення механізму управління логістичною діяльністю із використанням сучасних цифрових та інноваційних підходів [1].

Логістична діяльність забезпечує координацію процесів постачання, виробництва, транспортування та збуту продукції. Її ефективна організація дозволяє підприємствам оптимізувати витрати, підвищити швидкість обслуговування та забезпечити конкурентоспроможність на ринку.

Метою дослідження є обґрунтування сучасних підходів та розробка практичних рекомендацій щодо удосконалення механізму управління логістичною діяльністю підприємства в умовах нестабільного зовнішнього середовища.



У процесі дослідження використано загальнонаукові та спеціальні методи пізнання, зокрема методи аналізу та синтезу, порівняння, системного підходу, узагальнення та економічного аналізу.

Логістична діяльність підприємства охоплює управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками, що виникають у процесі руху продукції від постачальника до кінцевого споживача. У сучасних умовах ефективність логістики визначається не лише оптимізацією витрат, але й здатністю підприємства швидко адаптуватися до змін зовнішнього середовища, впроваджувати інноваційні технології та підвищувати рівень цифровізації логістичних процесів.

Одним із ключових сучасних напрямів є цифровізація логістики (Digital Logistics), яка передбачає інтеграцію інформаційних систем, автоматизацію процесів та використання цифрових платформ для управління ланцюгами постачання [5]. На практиці це реалізується через впровадження ERP-, TMS- та WMS-систем, які дозволяють підприємствам координувати постачання, транспортування та складські операції в єдиному інформаційному середовищі. Використання таких систем дозволяє скоротити час обробки замовлень, зменшити кількість помилок та підвищити ефективність управління ресурсами. Наприклад, у провідних логістичних компаніях впровадження цифрових платформ дозволяє знизити операційні витрати на 10–20% та підвищити швидкість обробки замовлень [2].

Важливу роль у сучасному управлінні логістичною діяльністю відіграють технології Big Data, які забезпечують можливість збору та аналізу великих обсягів інформації щодо попиту, запасів, транспортних потоків та поведінки клієнтів. Це дозволяє підприємствам більш точно прогнозувати попит, оптимізувати запаси та уникати як дефіциту, так і надлишків продукції. Зокрема, використання аналітики даних дозволяє скоротити рівень запасів на 15–30% та підвищити точність прогнозування попиту, що безпосередньо впливає на зниження логістичних витрат [4].

Суттєвого значення набуває застосування технологій штучного інтелекту (AI), який використовують для автоматизації логістичних процесів та підтримки управлінських рішень. Алгоритми AI застосовуються для оптимізації маршрутів перевезення з урахуванням дорожньої ситуації, погодних умов та витрат, що дозволяє зменшити витрати на транспортування та скоротити час доставки. У складській логістиці AI використовується для автоматизованого сортування товарів та управління запасами, що дозволяє підвищити продуктивність складів і знизити кількість помилок. Для багатьох міжнародних компаній використання AI дозволяє скоротити витрати на транспортування та підвищити ефективність складських операцій [3].

Крім того, важливим інструментом є використання технологій Інтернету речей (IoT), які дозволяють здійснювати моніторинг переміщення товарів у режимі реального часу. Використання датчиків дає змогу контролювати



місцезнаходження вантажів, температуру, вологість та інші параметри, що є особливо важливим для перевезення продуктів харчування, медикаментів та інших чутливих товарів. Практичне застосування IoT дозволяє зменшити втрати продукції, підвищити рівень контролю логістичних процесів та покращити якість обслуговування клієнтів. [4].

Отже, в умовах нестабільного зовнішнього середовища ефективно управління логістичною діяльністю підприємства потребує впровадження сучасних цифрових технологій та інноваційних підходів. Використання Digital Logistics, Big Data, штучного інтелекту та IoT дозволяє підвищити ефективність логістичних процесів, знизити витрати та забезпечити адаптивність підприємства до змін зовнішнього середовища. Реалізація зазначених підходів сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємств у довгостроковій перспективі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Крикавський Є. В. Логістичне управління : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 608 с.
2. Григорак М. Ю. Інтелектуалізація логістичного менеджменту : монографія. Київ : Сік Груп Україна, 2017. 260 с.
3. Ivanov D. Supply chain viability and resilience in the COVID-19 era. Cham : Springer, 2021. 301 p.
4. Ben-Daya M., Hassini E., Bahrour Z. Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*. 2019. Vol. 57, No. 15-16. P. 4719–4742.
5. Левченко О. М., Довгенко Я. О., Яременко Л. І. Інформаційний менеджмент цифрової економіки на основі візуалізації даних: стратегічний аспект. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. Серія: «Економічні науки». 2025. №11. <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-11-11659>

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕНЕДЖМЕНТУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Левченко Олександр¹, Смутко Юлія²

*¹доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту та підприємництва
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький, om_levchenko@ukr.net*

*²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
4 курсу, спеціальності Менеджмент
Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

У сучасних умовах цифрової трансформації економіки важливого значення набуває ефективне інформаційне забезпечення логістичної діяльності підприємств. Логістичні процеси потребують оперативного обміну



інформацією, координації матеріальних потоків та своєчасного прийняття управлінських рішень [1]. Саме інформаційні системи та цифрові технології забезпечують можливість оптимізації логістичних операцій, підвищення швидкості обробки даних і зниження витрат підприємства [2].

Водночас значна частина підприємств стикається з проблемами недостатньої автоматизації логістичних процесів, низького рівня інтеграції інформаційних систем та неефективного використання інформаційних ресурсів [3]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває питання удосконалення менеджменту інформаційного забезпечення логістичної діяльності підприємства в умовах цифровізації економіки [4].

Проблеми інформаційного забезпечення та цифровізації логістичної діяльності досліджували як українські так і зарубіжні науковці, зокрема Левченко О.М., Денисенко М.П., Юринець З.В., Крикавський Є.В., Балабанова Л.В., Christopher M. та інші [1; 2; 5]. У наукових працях значна увага приділяється впровадженню інформаційних систем управління підприємством, автоматизації логістичних процесів, використанню ERP- ТА CRM- систем, а також цифрових платформ для управління матеріальними потоками. [3].

Науковці підкреслюють, що ефективний менеджмент інформаційного забезпечення сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства, покращенню якості логістичних послуг, оптимізації управлінських рішень [4; 5]

Метою дослідження є аналіз сучасних підходів до менеджменту інформаційного забезпечення логістичної діяльності підприємства та визначення основних напрямів його удосконалення в умовах цифровізації.

Інформаційне забезпечення логістичної діяльності підприємства є важливою складовою системи управління, оскільки забезпечує збір, обробку, передачу та аналіз інформації щодо руху матеріальних, фінансових та інформаційних потоків [1]. Ефективність логістичного менеджменту значною мірою залежить від якості інформаційного забезпечення та рівня використання сучасних цифрових технологій [2].

У сучасних умовах підприємства активно впроваджують автоматизовані системи управління логістикою, ERP-системи, CRM-платформи, технології електронного документообігу та аналітичні інструменти для прогнозування попиту й оптимізації логістичних процесів [3; 5]. Використання цифрових технологій дозволяє підвищити швидкість обробки інформації, покращити координацію між підрозділами підприємства та знизити рівень логістичних витрат [4].

Особливого значення набуває інтеграція інформаційних систем у єдину систему управління підприємством. Це забезпечує оперативний доступ до інформації, підвищує точність управлінських рішень і сприяє підвищенню ефективності логістичної діяльності [2]. Важливим напрямом удосконалення менеджменту інформаційного забезпечення є також підвищення рівня



кібербезпеки, захисту інформації та розвитку цифрових компетентностей персоналу підприємства [1].

Таким чином, удосконалення менеджменту інформаційного забезпечення логістичної діяльності підприємства є необхідною умовою підвищення ефективності функціонування сучасного підприємства. Використання цифрових технологій та сучасних інформаційних систем сприяє оптимізації логістичних процесів, підвищенню швидкості обробки інформації та покращенню якості управлінських рішень [3; 4].

Ефективне інформаційне забезпечення дозволяє підприємствам підвищити конкурентоспроможність, забезпечити гнучкість логістичних процесів та адаптуватися до умов цифрової економіки. Подальший розвиток інформаційного менеджменту в логістиці пов'язаний із впровадженням інноваційних цифрових технологій, автоматизацією бізнес-процесів та інтеграцією інформаційних систем управління підприємством [1; 5].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Юринець З.В., Денисенко М.П., Левченко О.М., Дорошко В.А. Інформаційні технології та інформаційні системи у системі управління підприємством // Інвестиції: практика та досвід. 2026. № 3. С. 75-79.
2. Левченко О.М., Довгенко Я.О., Яременко Л.І. Інформаційний менеджмент цифрової економіки на основі візуалізації даних: стратегічний аспект // Економіка та суспільство. 2025 № 67.
3. Крикавський Є.В. Логістичне управління: підручник. Львів: Львівська політехніка, 2019. 640 с.
4. Балабанова Л.В., Савельєва К.В. Управління логістичною діяльністю підприємства: навчальний посібник. Київ: Професіонал, 2018. 288 с.
5. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management. 5th ed. Harlow: Pearson Education, 2016. 328 p.

КОРПОРАТИВНЕ ПІДПРИЄМНИЦТВО: ТРАНСФОРМАЦІЯ УПРАВЛІНСЬКИХ ПАРАДИГМ ТА СТРАТЕГІЧНИЙ ГУМАНІЗМ

Савченко Віра

к.е.н., професор,

*професор кафедри підприємництва, обліку та фінансів
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Херсон / м. Кропивницький, savchenko_v@ksaeu.kherson.ua*

Глобальна економічна система ХХІ століття перебуває у стані перманентної трансформації. Традиційні ієрархічні моделі управління, що панували в епоху індустріалізації, виявилися неспроможними адекватно реагувати на виклики VUCA-світу (невизначеність, складність, неоднозначність). Наприкінці ХХ сторіччя у провідних економіках світу виникла гостра об'єктивна необхідність пошуку нових джерел



конкурентоспроможності. Основним вектором змін стало зміщення акценту з управління матеріальними активами на розвиток людського капіталу та максимальну реалізацію інноваційного потенціалу кожного співробітника [1]. Саме ці процеси заклали фундамент для формування концепції корпоративного підприємництва як ефективної практики менеджменту нового покоління.

Розуміння природи підприємництва пройшло складний шлях через декілька фундаментальних «критичних точок», кожна з яких додавала новий вимір до цього поняття:

- ризикологічний підхід (Р. Кантільйон, Ф. Найт): підприємництво вперше ідентифіковано через здатність діяти в умовах невизначеності та брати на себе фінансову відповідальність за результати;

- інноваційний прорив (Й. Шумпетер): підприємець визначений як «деструктор» традиційного порядку, що створює «нові комбінації» факторів виробництва. Інноваційність стає іманентною характеристикою діяльності [5];

- психологічний та особистісний вимір: дослідження зосереджуються на унікальному наборі якостей (лідерство, енергійність, креативність), що відрізняють підприємця від звичайного менеджера;

- управлінська парадигма (П. Друкер): підприємництво трактується не як риса характеру, а як специфічна управлінська практика, яку можна вивчати, впроваджувати та масштабувати всередині великих структур [3];

- філософсько-правовий вимір: Джон Локк та природа праці [4].

Глибинна сутність корпоративного підприємництва базується на розв'язанні одвічного конфлікту між працею та капіталом. Важливим теоретичним підґрунтям тут виступає Закон єдності праці і власності Джона Локка. Його концепція стверджує, що кожна людина має природну власність на свою особистість, а отже — і на працю своїх рук. Коли індивід докладає свою працю до об'єкта, він «змішує» свою власність із цим об'єктом, роблячи його частиною себе. У контексті корпорацій це означає, що відчуження результатів праці від найманого працівника призводить до втрати мотивації. Корпоративне підприємництво пропонує іншу модель: подолання суперечностей через участь працівників у власності, управлінні та розподілі результатів інноваційної діяльності. Це перетворює «виконавця» на «співвласника» ідей, що є критично важливим для подолання стагнації кадрового потенціалу.

Під корпоративним підприємництвом ми розуміємо цілісну систему інституційних умов та відносин, що забезпечують реалізацію підприємницьких ініціатив усередині існуючої організації. Залежно від напрямку впровадження ідей, виокремлюють три ключові форми:

- корпоративна венчурна діяльність: створення самостійних бізнес-одиниць (spin-offs) або інвестування у зовнішні стартапи для розширення ринкових меж корпорації;



- інтрапренерство (Intrapreneurship): стимулювання внутрішніх інновацій, де працівник отримує ресурси корпорації для реалізації власного проєкту без ризику власним капіталом, але з правом на частку успіху;

- стратегічне підприємництво: системне оновлення всієї бізнес-моделі організації, де інновації стосуються не лише продуктів, а й ринків, логістики та методів управління [2].

Центральною фігурою трансформації стає інтрапренер. Це людина, яка поєднує в собі безпеку корпоративного середовища з азартом та баченням незалежного підприємця. Сучасний менеджмент усе більше нагадує мистецтво, де головним інструментом є свобода творчості. Кейс «Nokia Technologies» ілюструє цей підхід: перехід від кабінетної ієрархії до відкритих екосистем та гнучких команд дозволив компанії залишатися лідером у розробці патентів. Впровадження принципів «Digitalization» вимагає саме такого підходу, де кожна ідея може бути швидко протестована та комерціалізована. Для великих компаній це єдиний спосіб уникнути «пастки масштабу» та бюрократичного заціпеніння.

Попри очевидні переваги, розвиток корпоративного підприємництва стикається з низкою перешкод:

- опір середньої ланки менеджменту: керівники часто сприймають ініціативних підлеглих як загрозу власному авторитету;

- бюрократична інерція: складні процедури узгодження «вбивають» інновації на стадії зародженн;

- неадекватна система стимулювання: відсутність механізмів фінансової та моральної винагороди за внутрішнє підприємництво нівелює інтерес працівників.

Феномен корпоративного підприємництва органічно вписується в концепцію Society 5.0, де людина та її благополуччя є центром технологічного прогресу. В умовах повоєнного відновлення України, розвиток цієї моделі в аграрному та енергетичному секторах може стати потужним важелем зростання. Використання інтелектуального капіталу університетської спільноти (зокрема, через створення стартап-інкубаторів при закладах вищої освіти) та впровадження інтрапренерства на рівні великих холдингів дозволить створити економіку з високою доданою вартістю. Поєднання філософських ідей про природне право на працю з цифровими технологіями управління формує нову якість капіталізму — відповідального, інноваційного та людиноцентричного.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грановська, В., Савченко, В., & Кононенко, Л. (2025). Методологічні аспекти дослідження корпоративного підприємництва в контексті забезпечення інноваційного розвитку. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, (24), 42-49. <https://doi.org/10.32782//2708-0366/2025.24.4>

2. Савченко В.М., Кононенко Л.В., Карнаушенко А.С. (2023). Організаційне забезпечення розвитку трудового потенціалу підприємницьких структур як складова стратегічного управління. *Modern engineering and innovative technologies. International*



periodic scientific journal. Published by: Sergeieva&Co Karlsruhe, Germany Issue 25. Part 4, p.117-122 <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit25-04/meit25-04>

3. Drucker, P., & Maciariello, J. (2014). *Innovation and entrepreneurship*. Routledge.

4. Locke, J. (2013). Two Treatises of government, 1689. *The anthropology of citizenship: A reader*, 12(2).

5. Schumpeter, J. A., & Swedberg, R. (2021). *The theory of economic development*. Routledge.

ПРО ДЕЯКІ ВИКЛИКИ ДО МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ

Халецька Зоя

к.фіз.-мат..н., доцент,

доцент кафедри математики, фізики та методик викладання

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, z.p.khaletska@cuspu.edu.ua

Створення та впровадження нових цифрових технологій поступово стають одним із ключових аспектів у визначенні напрямку розвитку країн та їх економік. Масштабні ініціативи Європейського Союзу (зокрема, програми Digital Education Action Plan, European Skills Agenda) – план дій щодо підтримки сталої та ефективної адаптації систем освіти та навчання до цифрової епохи – формує стандарти цифрової компетентності, які стають орієнтиром для освітніх систем країн-партнерів [1, 2]. Україна, ухваливши Національну стратегію розвитку цифрової грамотності на 2023–2027 роки, фактично синхронізує власну освітню політику з європейськими пріоритетами та формує основу для трансформації системи вищої освіти відповідно до вимог цифрового суспільства [3]. Національна стратегія задає нормативно-стратегічну основу, а європейські ініціативи – методологічний та практичний орієнтир. Це відкриває можливості для інтеграції українських університетів у європейський освітній простір не лише формально, а й через спільні проекти, мобільність студентів і викладачів, а також розвиток спільних дослідницьких платформ.

Щоб конкретизувати напрями цифрової трансформації для математичної освіти у вищій школі, варто пов'язувати їх із актуальними викликами та проблемними зонами, які сьогодні обговорюються в академічному середовищі враховуючи сучасні умови, тенденції розвитку математичної освіти, інноваційні методики навчання, цифрові інструменти в освітньому процесі, а також питання вдосконалення підготовки майбутніх фахівців, зокрема, вчителів математики.

Наразі відбувається активне переосмислення, оновлення освітніх програм та інноваційних методик, зокрема, методик викладання дисциплін вищої математики, що обговорюються на різних рівнях: як на засіданнях кафедр, так і на міжнародних конференціях, вебінарах, тощо. Кафедра математики, фізики та методик викладання Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка визначилася з пріоритетами на 2026–2027 навчальний



рік: модернізація освітніх професійних програм та навчальних планів, розширення дисциплін вільного вибору, зберігаючи баланс між фундаментальною математичною підготовкою та прикладними міждисциплінарними курсами, та інтеграція сучасних інформаційних ресурсів.

В європейських ініціативах (Digital Education Action Plan) особливий акцент зроблено на STEM -освіті. Для української освіти це означає потребу створення цифрових STEM -хабів у вишах, де математика буде центром інтеграції. При цьому особливої актуальності набуває проблема використання штучного інтелекту (ШІ), який розглядається не лише як технологічна інновація, що стрімко проникає в усі сфери життя суспільства, а як інструмент педагогічного супроводу, що сприяє інтеграції науки, технологій, інженерії, мистецтва та математики у цілісному освітньому процесі.

Інтеграція інструментів штучного інтелекту в STEM-орієнтоване навчання сприяє формуванню у майбутніх вчителів математики системного та міждисциплінарного мислення, навичок критичного аналізу та креативності, що відповідає сучасним вимогам до професійної компетентності. Крім того, використання ШІ значно розширює функціонал цифрових освітніх платформ закладів вищої освіти, сприяє підвищенню ефективності математичної підготовки, є ключовим елементом модернізації математичної освіти у вищій школі та забезпечує відповідність майбутніх фахівців до викликів цифровізації та технологічних трансформацій у сфері освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Celso Cancela Outeda. European Education Area and Digital Education Action Plan (2021–2027): One More Step Towards the Europeanisation of Education Policy, In book: E-Governance in the European Union (pp.187-206) DOI:10.1007/978-3-031-56045-3_13
2. <https://www.oecd-events.org/e/smart-data-and-digital-technology-in-education>
3. <https://thedigital.gov.ua/news/technologies/winwin-ukraina-zatverdila-strategiyu-tsifrovogo-rozvitku-innovatsiy-do-2030-roku>
4. Крамаренко Т. Г., Пилипенко О. С. Математика в STEMі : навч.- метод. посіб. Кривий Ріг : Криворізький держ. пед. ун-т, 2023. 274 с.
5. Халецька З.П. Сучасні тенденції впровадження STEM у вищій освіті. «Сучасні інформаційні технології в освіті і науці»: зб. матеріалів VI Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Умань, 14-15 листоп. 2024 р.) / МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини, Ін-т цифрової освіти НАПН України [та ін.]; за ред. М.О. Медведєвої;– Умань, 2024. – 279 с. – С.241-244.



СУЧАСНІ ІНТЕГРАТИВНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Яременко Людмила¹, Павленко Владислава²

²к.пед.н., доцент,

доцент кафедри менеджменту та підприємництва

*Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький, llut4enko@gmail.com*

²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня,

1 курсу спеціальності С1 Економіка та міжнародні економічні відносини

С1.01 Економіка

*Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький*

У сучасних умовах глобалізації, цифровізації економіки та швидкого розвитку інформаційних технологій особливої актуальності набуває використання інтегративних підходів у дослідженні економічних процесів і систем управління. Складність соціально-економічних явищ потребує поєднання знань із різних наукових галузей, зокрема економіки, математики, менеджменту, інформаційних технологій та статистики. Такий міждисциплінарний підхід дозволяє більш комплексно аналізувати процеси управління, прогнозувати зміни та приймати ефективні управлінські рішення.

Одним із важливих напрямів сучасних досліджень є застосування економіко-математичного моделювання. Використання математичних методів дає можливість аналізувати тенденції розвитку підприємств, оцінювати ризики, прогнозувати фінансові результати та визначати оптимальні варіанти управлінських рішень [3]. Особливе значення мають методи математичної статистики, які дозволяють обробляти великі масиви інформації та виявляти закономірності розвитку економічних систем [1].

Суттєву роль у дослідженні економічних процесів відіграють цифрові технології та системи аналітики даних. Використання сучасного програмного забезпечення, технологій штучного інтелекту та автоматизованих інформаційних систем сприяє підвищенню точності аналізу й оперативності управління [2]. Це особливо важливо в умовах нестабільного економічного середовища та зростання конкуренції.

Інтегративні підходи також передбачають поєднання стратегічного, інноваційного та ризик-орієнтованого менеджменту. Ефективне управління сучасними організаціями неможливе без урахування факторів зовнішнього середовища, цифрової трансформації та потреб сталого розвитку. Тому важливого значення набувають методи прогнозування, сценарного аналізу та оцінювання ефективності управлінських рішень.

Отже, сучасні інтегративні підходи до дослідження економічних процесів і систем управління забезпечують можливість комплексного аналізу соціально-економічних явищ, сприяють підвищенню ефективності управління та формуванню



конкурентоспроможної економіки. Поєднання математичних методів, цифрових технологій та сучасних концепцій менеджменту створює підґрунтя для розвитку інноваційних моделей управління в умовах сучасних викликів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дмитро Кобець, Ольга Воркунова, Людмила Яременко, Віктор Краснощок, Олександр Журба. Використання великих даних для підвищення ефективності бізнес-процесів у цифровій економіці України. (2025). Періодичні видання інженерних та природничих наук, 13 (1), 97-110. <https://doi.org/10.21533/pen.v13.i1.279>

2. Левченко О.М., Довгенко Я.О., Замуренко Д.В. Вплив штучного інтелекту та сучасних цифрових технологій на капіталізацію підприємств: регресійний аналіз // *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону* 21 випуск фахового наукового журналу Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/aprde/article/view/9385>

3. Писаренко Н. В., Дубровник-Рохова А. О., Праворський Р. В., Довгенко Я. О., Халецька З. П., Яременко Л. Оцінка стану фінансової системи підприємства в умовах забезпечення його фінансово-економічної безпеки // *POLISH SCIENCE JOURNAL (ISSUE 7(40), 2021)* Warsaw: Sp. zo.o. "iScience", 2021. P. 43-50.



Секція 6. ІСТОРІЯ І МЕТОДИКА НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ, ЕКОНОМІКИ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ

ЗА ЛАШТУНКАМИ УМОВИ: ТЕХНІКА РОЗРОБКИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ЗАДАЧ ІЗ ПЕРЕДБАЧУВАНИМ ФІНАЛОМ

Ізюмченко Людмила

*канд. фіз.-мат. наук, доцент,
вчитель математики ліцею «Престиж» м. Києва
м. Київ, l.iziumch@gmail.com*

Створення якісної геометричної задачі – це завжди пошук балансу між цікавою умовою та гарним результатом. Часто буває так, що за правильною логікою розв’язання задачі ховаються технічно складні рутинні обчислення, які відволікають від самої ідеї задачі та нівелюють задоволення від знайденого шляху її розв’язання. Наше повідомлення присвячене методиці створення задач із передбачуваним фіналом. На прикладах конкретних задач ми покажемо практичні прийоми підбору числових даних, які дозволяють замінити громіздкі корені чи нетабличні арккосинуси на естетичні відповіді, допомагаючи учням зосередитись на самій геометрії, а не на боротьбі з виснажливими обчисленнями. Відразу зазначимо, що ми не прагнемо виключно ідеальних відповідей у кожній задачі, однак переконані, що в більшості випадків вони мають залишатися компактними і «красивими». При створенні слухняної задачі ми ідемо не від умови до результату, а навпаки – від красивої відповіді до вхідних даних.

На етапі вивчення теореми Піфагора базовим інструментом є піфагорові трійки, які дозволяють отримувати гарні прямокутні трикутники. Для генерації таких трійок використовуємо відомі співвідношення:

$$a = m^2 - n^2, b = 2mn, c = m^2 + n^2, m, n \in \mathbb{N}.$$

Такі трійки корисні при генерації трапецій з «хорошими» сторонами у планіметрії чи конусів з їхніми елементами (висота – радіус основи – твірна),



зрізаних конусів, куль і їхніх перерізів площинами (радіус круга перерізу – відстань до площини перерізу – радіус кулі) та ін. у стереометрії.

Для створення непрямокутних трикутників з хорошими відповідями доцільно використовувати метод склеювання фігур. Його суть полягає у поєднанні двох прямокутних трикутників зі спільним катетом і склеюванні цим катетом. Наприклад, обравши катет 12, ми можемо об'єднати два трикутники зі сторонами $\{5; 12; 13\}$ і трикутник, подібний до єгипетського, $\{9; 12; 15\}$. Це дає можливість отримати два трикутники зі сторонами $\{13; 15; 14\}$, бо $14 = 9 + 5$ або $\{13; 15; 4\}$, бо $4 = 9 - 5$, де усі елементи, у тому числі периметр і площа є цілочисловими, адже висота, проведена до «нової» сторони 14 (4, у другому випадку) дорівнює 12. Очевидно, такі трикутники можна використати, наприклад, при розв'язанні задачі: знайти площу поверхні та об'єм тіла, утвореного обертанням трикутника навколо «нової» сторони 14 од. (4 од.), причому задачі будуть мати відмінності при обчисленні об'ємів (сума / різниця об'ємів двох конусів).

У наступній стереометричній задачі склеєні два прямокутні трикутники, подібні до єгипетського $\{9; 12; 15\}$, $\{12; 16; 20\}$ катетом 12.

Задача 1. З точки до площини проведено дві похилі. Знайдіть довжини похилих, якщо одна з них на 5 см більша від другої, а проєкції похилих дорівнюють 9 см і 16 см. Чому дорівнює довжина перпендикуляра?

Умову і відповідь до задачі наведено на рис. 1. Розв'язання очевидне.

Наступна задача є варіацією задачі 1 з тими ж піфагоровими трійками $\{9; 12; 15\}$, $\{12; 16; 20\}$.

Задача 1'. З точки до площини проведено дві похилі. Знайдіть довжини проєкцій похилих, якщо одна з них на 7 см більша від другої, а довжини похилих дорівнюють 20 см і 15 см. Чому дорівнює довжина перпендикуляра?

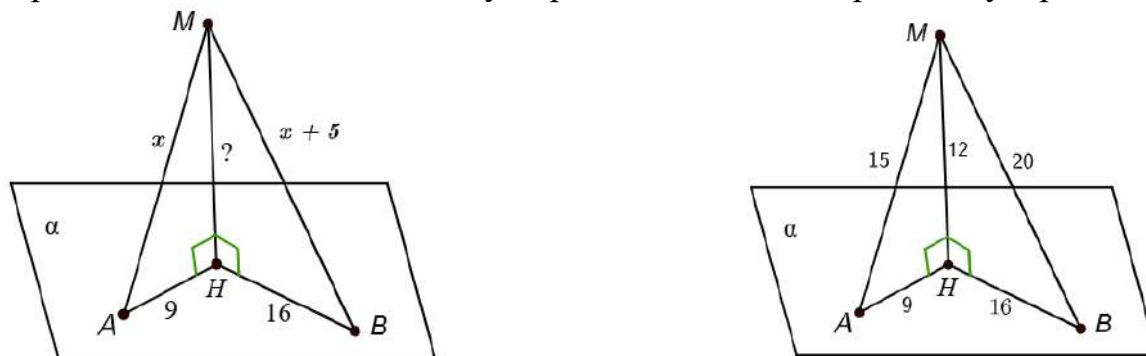


Рис. 1. Умова і відповідь до задачі 1.

При вивченні теореми косинусів корисно пам'ятати трійки $\{3; 7; 8\}$, $\{5; 7; 8\}$, $\{7; 13; 15\}$, $\{8; 13; 15\}$, $\{11; 31; 35\}$, $\{16; 19; 21\}$ та ін. для (середнього) кута 60° (лежить навпроти середньої за величиною сторони); $\{3; 5; 7\}$, $\{7; 8; 13\}$, $\{5; 16; 19\}$, $\{11; 24; 31\}$ та ін. для (найбільшого) кута 120° . Інші трійки можна отримати із співвідношення $a^2 + b^2 \pm ab = c^2$ (теорема



косинусів для кутів 60° і 120°). Неважко переконатися, що для цього достатньо, щоб виконувалися співвідношення (для кута 60°):

$$a = m^2 - n^2, b = 2mn - n^2, c = m^2 - mn + n^2, m, n \in \mathbb{N}.$$

Для кута 120° : $a = m^2 - n^2, b = 2mn + n^2, c = m^2 + mn + n^2, m, n \in \mathbb{N}.$

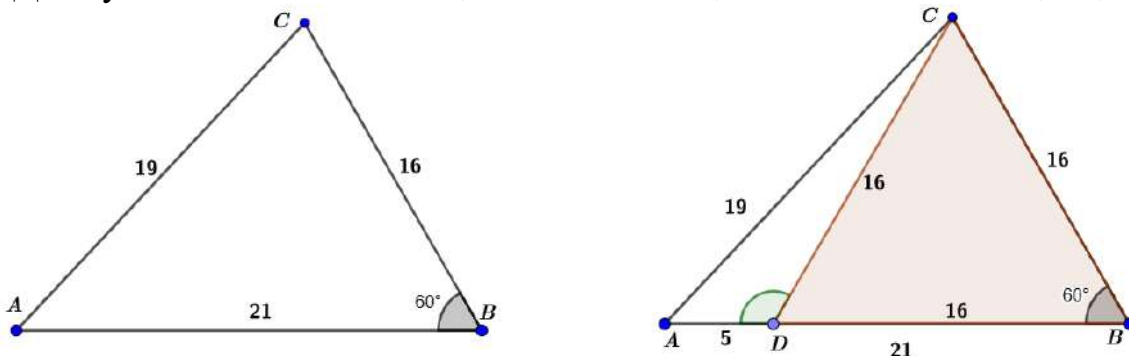


Рис. 2. Трансформація трикутників з кутами 60° і 120° .

Звернемо увагу ще на одну можливість отримання трикутників з однаковою стороною і протилежними кутами 60° і 120° (рис. 2). Нехай є $\triangle ABC$ з кутом $\angle B = 60^\circ$, відкладемо на найбільшій стороні BA відрізок BD , рівний найменшій стороні BC від вершини кута $\angle B = 60^\circ$, при цьому отримаємо рівнобедрений $\triangle BCD$ з кутом 60° при вершині, отже $\triangle BCD$ – рівносторонній, а тому $\angle BDC = 60^\circ$ і суміжний з ним кут $\angle CDA = 120^\circ$.

Можна склеювати не тільки прямокутні трикутники, при цьому є можливість утворювати чотирикутники із наперед відомими параметрами. Наприклад, склеїмо два трикутники, описані у попередньому прикладі (рис. 2), сторони яких були по 19 од. (що стане діагоналлю чотирикутника).

Задача 2. Щоб захистити джерельце води, навколо нього встановили огорожу $ABCD$ так, як показано на рисунку 3, причому $AB = BC = 16$ дм, $CD = 21$ дм, кути $\angle BAD$ і $\angle BCD$, відповідно, 120° і 60° . Для жорсткості конструкції планують встановити одну із діагоналей чотирикутника BD . Чому дорівнює довжина діагоналі BD і сторони AD ?



Рис. 3. Чотирикутник з кутами 60° і 120° .

За теоремою косинусів з $\triangle BCD$ отримаємо $BD = 19$ дм. А далі з $\triangle ABD$ із квадратного рівняння відносно AD : $BD^2 = AB^2 + AD^2 - 2 \cdot AB \cdot AD \cdot \cos 120^\circ$ отримаємо $AD = 5$ дм.

Проілюструємо прийом підбору числових значень у задачі відшукування кута між мимобіжними прямими – створення і розв'язання діофантового рівняння.



Задача 3. У прямокутному паралелепіпеді $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$ сторони $AB = 1$ см, $AD = \sqrt{6}$ см, $AA_1 = \sqrt{3}$ см. Визначте кут між прямими $A_1 D$ і $D_1 C$.

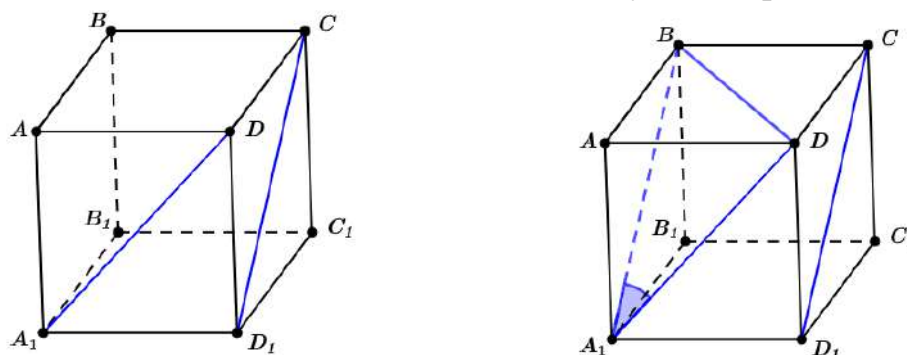


Рис. 4. Кут між мимобіжними прямими.

Нехай виміри прямокутного паралелепіпеда (рис. 4): $A_1 D_1 = a$, $A_1 B_1 = b$, $AA_1 = h$. Тоді за теоремою Піфагора з кожної грані матимемо $A_1 D = \sqrt{a^2 + h^2}$, $A_1 C = \sqrt{b^2 + h^2}$, $BD = \sqrt{a^2 + b^2}$, $\angle DA_1 B = 60^\circ$. З $\triangle A_1 B D$ за теоремою косинусів $a^2 + b^2 = (a^2 + h^2) + (b^2 + h^2) - \sqrt{a^2 + h^2} \sqrt{b^2 + h^2}$, після спрощення маємо рівняння $2h^2 = \sqrt{a^2 + h^2} \sqrt{b^2 + h^2}$. Введемо позначення $H = h^2$, $A = a^2$, $B = b^2$, рівняння матиме вигляд $2H = \sqrt{(A + H)(B + H)}$, звідки $4H^2 = (A + H)(B + H)$, маємо квадратне рівняння відносно H :

$$3H^2 - H(A + B) - AB = 0.$$

Для того, щоб корені були «хороші», потрібно, щоб дискримінант був повним квадратом, тобто

$$D = (A + B)^2 + 12AB = A^2 + B^2 + 14AB, \quad D = u^2.$$

Виділимо квадрат, рівняння набуде вигляду $(A + 7B)^2 - u^2 = 48B^2$. Розглянемо часткові випадки (нам потрібні числа не дуже великі). Нехай $B = 1$, тоді рівняння набуде вигляду типового діофантового рівняння, де ліва частина – добуток, права – число:

$$(A - u + 7)(A + u + 7) = 48,$$

число 48 можна подати як добуток

$$48 = 1 \cdot 48 = 2 \cdot 24 = 3 \cdot 16 = 4 \cdot 12 = 6 \cdot 8.$$

Так як множники однакові за парністю, то розглядати варіанти, де один з множників парний, а інший – ні, недоцільно. Крім того, перший множник доцільно розглядати меншим за другий. Розглянувши другий варіант, отримаємо систему

$$\begin{cases} A - u + 7 = 2, \\ A + u + 7 = 24, \end{cases} \begin{cases} 2A + 14 = 26, \\ 2u = 22, \end{cases} \begin{cases} A = 6 \Rightarrow a = \sqrt{6}, \\ u = 11 \Rightarrow D = 11^2. \end{cases}$$

Тоді рівняння набуде вигляду

$$3H^2 - 7H - 6 = 0, \sqrt{D} = u = 11, H = 3 \Rightarrow h = \sqrt{3}.$$

Отримані значення $a = \sqrt{6}$, $b = 1$, $h = \sqrt{3}$ гарантують кут між указаними мимобіжними прямими 60° .



Поклавши $B = 2$, отримаємо інше діофантове рівняння з більшою кількістю можливостей: $(A - u + 14)(A + u + 14) = 192$.

Очевидно, можна використати можливості матпаketу *Maple* і пришвидшити пошук цілочислових розв'язків:

$$B := 1 : \text{solve}(3 \cdot H^2 - (A + B) \cdot H - A \cdot B = 0).$$

Ми опустимо цілочислові від'ємні розв'язки, наведемо лише додатні розв'язки $\{A = 1, H = 1\}$, $\{A = 6, H = 3\}$, перший з них відповідає кубу, а другий розв'язок – той, який ми отримали.

Ми можемо програмувати відповідь у задачі не тільки 60° , для цього складаємо інше рівняння. У наступній задачі кут $\angle BA_1D = 45^\circ$.

Задача 3'. У прямокутному паралелепіпеді $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$ сторони $AB = \sqrt{2}$ см, $AD = \sqrt{3}$ см, $AA_1 = \sqrt{6}$ см. Визначте кут між прямими A_1D і D_1C .

Окремо варто згадати випадки, коли нас змушує правити задачу помилка в підручнику. Некоректні дані часто створюють «неробочу» умову, яка просто заплутує учня. І якщо вже ми беремося її виправляти, то варто не просто усунути друкарську помилку, а зробити задачу «красивою». Це чудовий привід переглянути числа так, щоб у результаті отримати табличне значення кутів, особливо якщо врахувати що до арккосинусів у алгебрі ще «не дійшли». Покажемо на прикладі задачі 4.

Задача 4. З точки M до площини проведено перпендикуляр і дві похилі. Знаючи довжини похилих $2\sqrt{3}$ см і $3\sqrt{3}$ см і перпендикуляра 3 см, та кут між проєкціями похилих 90° , знайдіть кут між похилими (рис. 5).

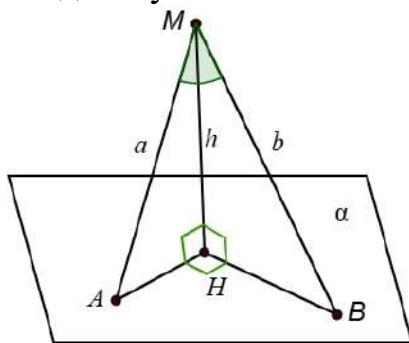


Рис. 5. Кути між похилими та проєкціями.

Відповідь до задачі 60° .

Позначимо довжини перпендикуляра $HM = h$, похилі $AM = a$, $MB = b$. Тоді проєкції похилих $AH = \sqrt{a^2 - h^2}$, $BH = \sqrt{b^2 - h^2}$, відстань між основами похилих $AB = \sqrt{(a^2 - h^2) + (b^2 - h^2)} = \sqrt{a^2 + b^2 - 2h^2}$. За теоремою косинусів для кута 60° : $a^2 + b^2 - 2h^2 = a^2 + b^2 - ab$, $ab = 2h^2$. Автором складені співвідношення і для кута між проєкціями 120° , а між похилими 90° , що використано в практиці роботи у 10 класі ліцею.

Отримали просте співвідношення між h , a , b . Треба бути обережним при застосуванні, оскільки $h < a$, $h < b$. Поклавши $h = 3$, отримаємо $a \cdot b = 18$,



потрібно підібрати такі значення a , b , обидва більші за 3, що і зроблено в умові задачі 4. Поклавши $h = 6$, маємо $a \cdot b = 72$, один з варіантів $a = 8$, $b = 9$. Чим більше дільників у числа h , тим легше підібрати a , b .

Підбиваючи підсумки, зазначимо, що продуманий підбір числових даних – це важлива частина створення якісних задач. Використання розглянутих методів дозволяє досягти кількох важливих цілей: коли ми використовуємо піфагорові трійки або метод «склеювання», ми звільняємо учня від зайвих розрахунків, фокусуючись на головному, що дозволяє йому зосередитися на логіці та геометричних ідеях, а не витратити всі сили на боротьбу з числами. Це також сприяє підтримці впевненості школяра – компактна, «красива» відповідь є для учня сигналом, що він на правильному шляху, що зменшує страх перед помилкою і додає мотивації розв'язувати навіть складні завдання. Крім того, реверсивний підхід – від фіксованого результату до умови – дозволяє автору створювати гармонійні задачі, де кожне число на своєму місці. І наостанок, ми не закликаємо робити кожну відповідь у математиці ідеальною, адже реальний світ складніший. Проте в межах навчання саме «слухняна» задача допомагає показати учням справжню красу та точність геометрії.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ПІДГОТОВЦІ ІТ-ФАХІВЦІВ

Ключник Інна

кандидат фізико - математичних наук, доцент

доцент кафедри математики, фізики та методик викладання

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, kl.innochka@gmail.com

Сучасний етап розвитку технологій суттєво трансформує вимоги до ринку праці, зміст освітніх програм і способи сприйняття інформації. У цих умовах математична освіта потребує адаптації до нових викликів, зокрема орієнтації на розвиток аналітичного мислення, вміння працювати з даними та розуміння принципів функціонування інтелектуальних алгоритмів. Незважаючи на стрімкий розвиток програмування, інженерії та аналітики даних, математика зберігає роль фундаментальної основи цифрових технологій, що зумовлює необхідність її модернізації та переосмислення як мови сучасної науки й техніки.

Актуальним підходом є поєднання традиційних методів навчання з цифровими інструментами [1]. Важливе місце у цьому процесі займає візуалізація математичних об'єктів за допомогою програмних засобів, на зразок GeoGebra та Desmos, WolframAlpha що дозволяють досліджувати властивості функцій і змінювати параметри в режимі реального часу. Водночас збереження практики розв'язування задач у письмовій формі сприяє формуванню логічного



мислення, послідовності міркувань та математичної культури. Поєднання традиційної та цифрової діяльності забезпечує більш глибоке засвоєння навчального матеріалу. Практична реалізація такого підходу передбачає інтеграцію математичних задач із елементами алгоритмізації та програмування. Зокрема, студентам пропонується розв'язування рівнянь із використанням блок-схем та реалізацією алгоритмів мовами програмування. Подальше ускладнення завдань здійснюється через розв'язування задач, що зводяться до застосування як традиційних методів, так і власноруч розроблених програмних засобів. Це сприяє формуванню міждисциплінарних зв'язків і підвищенню ефективності навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ботузова Ю.В., Ключник І.Г. Інноваційні ІКТ в навчанні математичних дисциплін. Цифровізація освіти та соціальні проблеми в сучасному техногенно-інформаційному суспільстві: матеріали всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації. (Львів – Торунь, 1 квітня – 12 травня., 2024 р.). Львів – Торунь: Liha-Pres, 2024, С.20-24.URL: https://cuesc.org.ua/images/informlist/advanced_training_CUSU_%D0%9C%D0%90%D0%9A%D0%95%D0%A2.pdf (дата звернення 1.04.2026)

ВИЩА МАТЕМАТИКА В УКРАЇНІ ТА ПОЛЬЩІ: СХОЖІСТЬ ТА ВІДМІННОСТІ (НА ПРИКЛАДІ «ІНТЕГРУВАННЯ ФУНКЦІЇ ОДНІЄЇ ЗМІННОЇ»)

Маланюк Наталія¹, Лиходєєва Ганна²

¹д.пед.н.,

*доцентка кафедри вищої математики, математичного моделювання та фізики
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, м. Київ,
n.malaniuk@duikt.edu.ua*

²к.пед.н., доцент,

*завідувачка кафедри вищої математики, математичного моделювання та фізики
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, м. Київ,
g.lihodeeva@duikt.edu.ua*

Євроінтеграційні освітні процеси (від Болонського процесу до сьогодення) покликані наблизити українську вищу освіту до європейської. Ключовими моментами є підвищення якості навчання, цифровізація та технологізація, інклюзія та академічна мобільність. Упровадження кредитно-модульної системи оцінювання (ЄКТС), реформа акредитаційних програм, залучення українських студентів та викладачів до програм Erasmus+, цифровізація освіти, доступ до освіти на всіх рівнях для людей із інвалідністю, визнання українських дипломів у країнах ЄС сприяють перегляду змісту вищої освіти (в її контексті, вищої математики) з метою його вдосконалення та оновлення, відповідаючи на виклики та потреби часу.



Вища математика в контексті євроінтеграційних перетворень теж зазнає впливу цифровізації та технологізації. Порівняльний аналіз вивчення інтегрального числення в університетах України та Польщі демонструє як спільну математичну базу, так і певні відмінності в методичних підходах і акцентах:

1. В Україні значно на більш ґрунтовнішому рівні вивчають теоретичні основи диференціювання й інтегрування, на відміну від Польщі, де, майже, відразу переходять до практичного застосування. Наприклад, темі «Визначений інтеграл» в Україні передуює вивчення «Невизначеного інтегралу» (побудова інтегральних сум тощо), а в Польщі основна увага зосереджується на формулі Ньютона-Лейбніца та розв'язуванні практичних завдань, що пов'язані з практичним застосуванням визначеного інтеграла в економіці, фізиці, геометрії тощо.

2. В Україні вивчають «багато» різних методів інтегрування, включаючи підстановки Ейлера, тригонометричні, що дозволяє виконувати досить складні завдання, які не завжди мають практичне застосування в тій галузі, якій навчаються майбутні фахівці. В Польщі максимум освітньої уваги приділяють стандартним інтегралам, які описують конкретні фізичні чи економічні процеси.

3. Метод трапецій, метод Сімпсона в Україні вивчаються в курсі «Чисельні методи», а в Польщі ці методи вивчаються в базовому курсі вищої математики.

Методи, які є базовими в курсі вищої математики польських технічних університетів:

1. Метод заміни змінної (внесення під диференціал) (Całkowanie przez podstawienie).

2. Інтегрування частинами (Całkowanie przez części).

3. Інтегрування раціональних дробів (Całkowanie funkcji wymiernych).

4. Підстановки Ейлера (частіше одна, на відміну від України) (Podstawienia Eulera)

5. Універсальна тригонометрична підстановка (Całkowanie funkcji trygonometrycznych).

6. Чисельне інтегрування (Całkowanie numeryczne).

Особливу увагу заслуговує метод табличного інтегрування (metoda tabelaryczna або metoda strzałkowa), для випадків, коли треба інтегрувати частинами кілька разів поспіль (наприклад, $x^3 e^x$, $x^2 \cos x$).

Польська вища технічна школа орієнтована на підготовку фахівця, який вміє використовувати математичний апарат як інструмент, тому при вивченні інтегрального числення швидше переходять від теорії до прикладних задач.

Серед спільних ознак, крім математичної бази, треба ще відзначити використання технологій в освітньому процесі обох країн. Найчастіше зараз системи комп'ютерної алгебри (WolframAlpha, Maxima) та програмні пакети (MATLAB, Mathematica, Maple) інтегруються в лабораторні практикуми з вищої



математики, завдяки яким у здобувачів вищої освіти формується досвід програмування алгоритмів чисельного інтегрування.

Таким чином, вища технічна освіта України та Польщі, не зважаючи на низку відмінностей, разом утворюють спільний освітньо-науковий простір. Євроінтеграційні процеси в освіті (особливо кадрова мобільність, обмін досвідом) продовжують сприяти підвищенню якості вищої технічної освіти в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / Л.І.Турчанінова, О.В. Доля. К.: Видавництво Ліра-К, 2021. 348 с.
2. Вища математика: навчальний посібник / І.І. Литвин, О.М. Конопчук, Г.О. Желізняк. К.: Центр учбової літератури, 2021. 368 с.
3. Decewicz, G., Żakowski, W. Matematyka. Analiza matematyczna. Część 1. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2020.
4. Krysicki, W., Włodarski, L. Analiza matematyczna w zadaniach. Część 1-2. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2023.

ПІДГОТОВКА ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ДО ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ З МАТЕМАТИКИ У ФОРМАТІ НМТ

Мищенко Людмила

викладач математики,

Кропивницького фахового коледжу харчування та торгівлі

м. Кропивницький

У сучасних умовах реформування освіти важливого значення набуває якісна підготовка здобувачів освіти до зовнішнього незалежного оцінювання з математики. Саме результати тестування є показником рівня сформованості математичних компетентностей, логічного мислення та здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях. Тому проблема ефективної організації підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання є актуальною для закладів освіти, викладачів і самих здобувачів освіти.

Математичний блок Національного мультипредметного тесту містить стандартизовані завдання, які охоплюють усі основні теми шкільного курсу математики, передбачені програмою зовнішнього незалежного оцінювання. Саме тому підготовку до тестування доцільно починати з чіткого планування навчальної діяльності. Для ефективної організації роботи здобувачам освіти варто скласти індивідуальний план підготовки, у якому теми систематизовані відповідно до змістових ліній курсу математики. Такий підхід допомагає вибудувати власну освітню траєкторію, структурувати навчальний матеріал, фіксувати складні питання та формувати особистий конспект.



Підготовка до тестування повинна бути системною та цілеспрямованою. Важливу роль у цьому процесі відіграє повторення базових математичних понять, формул, правил і методів розв'язування задач. Особливу увагу доцільно приділяти темам, які традиційно викликають труднощі у здобувачів освіти: тригонометрії, стереометрії, функціям, рівнянням і нерівностям.

У процесі підготовки корисно занотовувати формули, алгоритми розв'язування задач, будувати графіки функцій та робити короткі пояснення до типових завдань. Самостійна робота має бути регулярною, адже саме систематичність забезпечує якісний результат. Оптимальним вважається навчання тривалістю півтори-дві години щодня або через день.

Для повторення матеріалу доцільно використовувати навчальні посібники й збірники тестів, у яких теми викладено логічно та доступно [1]. Особливо цінними є сучасні видання, де завдання подаються за принципом поступового ускладнення: від базових вправ до задач підвищеного рівня складності. Це сприяє розвитку не лише репродуктивних навичок, а й логічного мислення та вміння аналізувати нестандартні ситуації [2; 3].

Важливе значення у підготовці має повторення вже вивченого матеріалу, оскільки без систематичного закріплення знання поступово забуваються. Ефективність навчання значною мірою залежить від правильно обраного темпу роботи та дотримання послідовності у вивченні тем. Під час узагальнення матеріалу корисно створювати опорні конспекти, у яких коротко та структуровано подано ключові поняття, теореми, формули та правила.

Під час виконання тестових завдань варто дотримуватися певної стратегії. Насамперед рекомендується розв'язувати ті завдання, які є зрозумілими та не потребують значних витрат часу, а вже потім переходити до складніших. Не слід надовго зосереджуватися на одній задачі. Важливо уважно читати умову, оскільки у тестах часто потрібно знайти не просто розв'язок, а, наприклад, найменший додатний корінь, кількість натуральних розв'язків чи інший конкретний результат. Крім того, необхідно контролювати час виконання роботи та дотримуватися культури математичних обчислень, зокрема правил округлення та раціональних способів обчислення.

Ефективність підготовки значною мірою залежить від використання сучасних методів навчання. Практика показує, що результативними є інтерактивні технології, тестові тренування, онлайн-платформи, математичні тренажери та моделювання реальних тестових ситуацій. Виконання тестових завдань у форматі зовнішнього незалежного оцінювання сприяє розвитку навичок швидкого аналізу умови задачі, раціонального розподілу часу та самоконтролю. Дієвим є також навчання «мистецтву угадування» [4].

Важливим аспектом є індивідуальний підхід до здобувачів освіти. Проведення діагностичних робіт дозволяє визначити рівень знань, виявити прогалини та скоригувати освітню траєкторію кожного здобувача освіти.



Регулярний моніторинг результатів допомагає підвищити мотивацію до навчання та формує відповідальне ставлення до підготовки.

Не менш важливим є створення позитивного психологічного середовища під час підготовки до тестування. Підтримка викладача, формування впевненості у власних силах та розвиток стресостійкості сприяють успішному проходженню зовнішнього незалежного оцінювання.

Отже, якісна підготовка до зовнішнього незалежного оцінювання з математики є комплексним процесом, що поєднує сучасні педагогічні технології, систематичне повторення навчального матеріалу, індивідуальний підхід та психологічну підтримку здобувачів освіти. Це сприяє не лише успішному складанню тестування, а й розвитку математичної компетентності та логічного мислення особистості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Захарійченко Ю.О. Повний курс математики в тестах / Ю.О. Захарійченко, О.В. Школьний, Л.І. Захарійченко, О.В. Школьна. Х.: Видавництво «Ранок», 2011. 496 с.
2. Математика. Комплексна підготовка до ЗНО (НМТ) / Укладачі: А. Капіносов, Г. Гап'юк, Я. Гринчишин, Л. Кондратьєва, О. Мартинюк, С. Мартинюк, Л. Олійник. Тернопіль : Підручники і посібники, 2025. 448 с.
3. НМТ 2026. Математика. Повний комплекс тренувальних вправ / Захарійченко Ю.О. Репета В.К. Маркова І.С. Карпик В.В. К.: Видавництво «Ранок». 2025. 256 с.
4. Школьний О.В., Захарійченко Ю.О. Вгадування відповідей до тестових завдань з математики: мистецтво чи шахрайство // Математика в школі. 2009, №11. С. 3-11.

МЕТОД ПОКЛАДАННЯ ВІДОМОЇ ВЕЛИЧИНИ ЗА НЕВІДОМУ ЯК НЕСТАНДАРТНИЙ МЕТОД РОЗВ'ЯЗУВАННЯ АЛГЕБРАЇЧНИХ РІВНЯНЬ ВИЩИХ СТЕПЕНІВ

Нічишина Вікторія

к.пед.н., доцент,

доцент кафедри математики, фізики та методик викладання

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, v.v.nichyshyna@cuspu.edu.ua

Актуальність теми «Метод покладання відомої величини за невідому як нестандартний метод розв'язування алгебраїчних рівнянь вищих степенів» зумовлена низкою сучасних освітніх і науково-методичних чинників.

По-перше, у шкільному курсі математики та при підготовці майбутніх учителів математики дедалі більшої ваги набуває розвиток гнучкого та варіативного мислення, здатності застосовувати нестандартні підходи до розв'язування задач. Традиційні алгоритми розв'язування рівнянь вищих степенів (зокрема, формули Кардано та Феррарі) є громіздкими, складними для сприйняття або недостатньо ефективними в окремих випадках, тому виникає потреба у доступніших, більш інтуїтивно зрозумілих та раціональних методах.



По-друге, метод покладання відомої величини за невідому виступає ефективним інструментом спрощення складних алгебраїчних конструкцій, дозволяючи звести рівняння 3-го та 4-го степенів до рівнянь нижчих степенів або до більш простих структур. Це сприяє формуванню в учнів уміння бачити приховані зв'язки між елементами виразу, здійснювати доцільні перетворення та створює умови для розвитку навичок математичного моделювання.

По-третє, в умовах реалізації концепції Нової української школи (НУШ) особливої ваги набуває компетентнісний підхід, який передбачає не лише засвоєння знань, а й розвиток умінь досліджувати, моделювати та обирати оптимальні способи розв'язування завдань. Запропонований метод відповідає цим вимогам, оскільки стимулює дослідницьку діяльність і математичну творчість.

По-четверте, дана тема має важливе значення для підготовки учнів до олімпіад і конкурсів, де часто зустрічаються задачі, що потребують нестандартних ідей та прийомів. Використання такого методу розширює арсенал розв'язувальних стратегій і підвищує рівень математичної культури.

Крім того, рівняння третього і четвертого степенів широко використовуються як у математичній освіті, так і у прикладних задачах фізики, техніки та економіки, що підвищує практичну значущість удосконалення методів їх розв'язування.

Отже, дослідження можливостей і методичних особливостей застосування методу покладання відомої величини за невідому є актуальним як з теоретичної, так і з практичної точки зору, оскільки сприяє підвищенню ефективності навчання алгебри та розвитку ключових компетентностей учнів та майбутніх учителів математики.

Способам розв'язування рівнянь вищих степенів, перетворенню структури рівняння через заміну, евристичним та нестандартним підходам до розв'язування рівнянь, розвитку дослідницького підходу до розв'язування рівнянь, комбінуванню різних способів розв'язування рівнянь приділяли значну увагу автори класичних підручників та посібників, задачників та збірників з алгебри Бевз Г.П., Бевз В.Г., Істер О.С., Кравчук В.П., Мерзляк А.Г., Полонський В.Б., Сканаві М.І., Якір М.С.

Автори науково-методичних праць, зокрема, Бурда М.І., Жалдак М.І., Скафа О.І., Філончик А.В. підкресливали важливу роль нестандартних методів розв'язування задач, розвитку математичного мислення через альтернативні підходи, переозначення змінних і величин, формування вмінь перебудовувати математичну модель задачі, варіативності способів розв'язування завдань, введення нової змінної як ключового універсального методу, адаптації складних методів до шкільного рівня.

Про методичну доцільність альтернативних методів, множинності підходів до одного рівняння, інтеграції різних методів розв'язування, включаючи нестандартні, говорять і наступні науковці – Ботузова Ю.В., Устенко А.В. [1],



Кузьменко К., Жерновникова О. [2], Садовніченко А.А., Нічишина В.В. [3], Харченко Д.С., Ізюмченко Л.В. [4].

Розглянемо приклади застосування методу покладання відомої величини за невідому.

ПРИКЛАД 1. $x^2 + \sqrt{x+11} = 11$

Розв'язання:

Почнемо розв'язувати дане ірраціональне рівняння за відомим алгоритмом. А саме: перенесемо x^2 у праву частину рівняння:

$$\sqrt{x+11} = 11 - x^2 \quad \text{та визначимо ОДЗ:} \quad \begin{cases} x+11 \geq 0 \\ 11 - x^2 \geq 0 \end{cases} \Rightarrow x \in [-\sqrt{11}; \sqrt{11}]$$

Піднесемо до квадрату обидві частини рівняння:

$$(\sqrt{x+11})^2 = (11 - x^2)^2 \Rightarrow x+11 = 121 - 22x^2 + x^4.$$

Отримали рівняння 4-го степеня відносно x , яке розв'язувати складніше ніж рівняння 2-го степеня.

Звести рівняння до квадратного можна застосувавши далі метод покладання відомої величини за невідому. Для цього перенесемо усі доданки в ліву частину рівняння, представимо усі числа через 11 та згрупуємо доданки, які містять 11:

$$x+11 - 11^2 + 2 \cdot 11x^2 - x^4 = 0 \Rightarrow x+11(1+2x^2) - 11^2 - x^4 = 0.$$

Запишемо квадратне рівняння відносно 11, поклавши 11 за невідому величину: $11^2 - (1+2x^2)11 + (x^4 - x) = 0$

з коефіцієнтами: $a = 1, b = -(1+2x^2), c = x^4 - x$.

Обчислимо дискримінант:

$$D = (-(1+2x^2))^2 - 4 \cdot 1 \cdot (x^4 - x) = 1 + 4x^2 + 4x^4 - 4x^4 + 4x = 4x^2 + 4x + 1 = (2x+1)^2 > 0.$$

Маємо два різні корені рівняння:

$$11 = \frac{1+2x^2 \pm (2x+1)}{2} \Rightarrow \begin{cases} 11 = x^2 + x + 1 \\ 11 = x^2 - x \end{cases}.$$

Розв'яжемо кожне з рівнянь сукупності відносно x :

1) $x^2 + x - 10 = 0$

$$D = 1 - 4 \cdot 1 \cdot (-10) = 1 + 40 = 41 > 0$$

$$x_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{41}}{2};$$

2) $x^2 - x - 11 = 0$

$$D = (-1)^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-11) = 1 + 44 = 45 > 0$$



$$x_{3,4} = \frac{1 \pm \sqrt{45}}{2}.$$

Отже, кандидати у розв'язки:

$$x_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{41}}{2}, \quad x_{3,4} = \frac{1 \pm \sqrt{45}}{2}.$$

Врахуємо ОДЗ:

$$\begin{cases} x + 11 \geq 0 \\ 11 - x^2 \geq 0 \end{cases} \Rightarrow x \in [-\sqrt{11}; \sqrt{11}] \Rightarrow x \in [-3,32; 3,32]$$

$$x_1 = \frac{-1 + \sqrt{41}}{2} \approx 2,7 \in [-3,32; 3,32];$$

$$x_2 = \frac{-1 - \sqrt{41}}{2} \approx -3,7 \notin [-3,32; 3,32];$$

$$x_3 = \frac{1 + \sqrt{45}}{2} \approx 3,85 \notin [-3,32; 3,32];$$

$$x_4 = \frac{1 - \sqrt{45}}{2} \approx -2,85 \in [-3,32; 3,32].$$

Відповідь: $\frac{-1 + \sqrt{41}}{2}; \frac{1 - \sqrt{45}}{2}.$

ПРИКЛАД 2. $x^3 - 2\sqrt{3}x^2 + 3x - 4\sqrt{3} + 8 = 0$

Розв'язання:

Зведемо подібні відносно $\sqrt{3}$ та представимо 3 у вигляді $(\sqrt{3})^2$:

$$x^3 - (2x^2 + 4)\sqrt{3} + x(\sqrt{3})^2 + 8 = 0$$

Запишемо квадратне рівняння відносно $\sqrt{3}$, поклавши $\sqrt{3}$ за невідому величину:

$$x(\sqrt{3})^2 - (2x^2 + 4)\sqrt{3} + x^3 + 8 = 0$$

з коефіцієнтами: $a = x, b = -(2x^2 + 4), c = x^3 + 8.$

Обчислимо дискримінант:

$$D = -(2x^2 + 4)^2 - 4x(x^3 + 8) = 4x^4 + 16x^2 + 16 - 4x^4 - 32x = 16x^2 - 32x + 16 = (4x - 4)^2 > 0.$$

Маємо два різні корені рівняння:

$$\sqrt{3} = \frac{2x^2 + 4 \pm (4x - 4)}{2x} \Rightarrow \begin{cases} \sqrt{3} = \frac{x^2 + 2x}{x} \\ \sqrt{3} = \frac{x^2 - 2x + 4}{x} \end{cases}$$

Оскільки $x \in \mathbb{R}$ і в знаменнику дроби, то накладаємо умову: $x \neq 0.$



Розв'яжемо кожне з рівнянь сукупності відносно x :

$$1) \sqrt{3} = \frac{x^2 + 2x}{x} \Rightarrow \sqrt{3}x = x^2 + 2x \Rightarrow x^2 + 2x - \sqrt{3}x = 0 \Rightarrow x(x + 2 - \sqrt{3}) = 0$$

$$x = 0 \text{ або } x = \sqrt{3} - 2;$$

$$2) \sqrt{3} = \frac{x^2 - 2x + 4}{x} \Rightarrow \sqrt{3}x = x^2 - 2x + 4 \Rightarrow x^2 - (2 + \sqrt{3})x + 4 = 0$$

$$D = -(2 + \sqrt{3})^2 - 4 \cdot 1 \cdot 4 = 4\sqrt{3} - 9 < 0.$$

Отже, з першого рівняння маємо лише $x = \sqrt{3} - 2$, оскільки $x \neq 0$; друге рівняння не має розв'язків у множині дійсних чисел.

Відповідь: $\sqrt{3} - 2$.

ПРИКЛАД 3. $\frac{1}{4}x^4 + (-\sqrt{3} + 1)x^2 + 3 - 2\sqrt{3} = 0$

Розв'язання:

Розкриємо дужки та представимо 3 у вигляді $(\sqrt{3})^2$:

$$\frac{1}{4}x^4 - \sqrt{3}x^2 + x^2 + (\sqrt{3})^2 - 2\sqrt{3} = 0$$

Зведемо подібні відносно $\sqrt{3}$ та запишемо квадратне рівняння відносно $\sqrt{3}$, поклавши $\sqrt{3}$ за невідому величину:

$$(\sqrt{3})^2 - (x^2 + 2)\sqrt{3} + \frac{1}{4}x^4 + x^2 = 0$$

з коефіцієнтами: $a = 1$, $b = -(x^2 + 2)$, $c = \frac{1}{4}x^4 + x^2$.

Обчислимо дискримінант:

$$D = -(x^2 + 2)^2 - 4 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{4}x^4 + x^2\right) = x^4 + 4x^2 + 4 - x^4 - 4x^2 = 4 > 0.$$

Маємо два різні корені рівняння:

$$\sqrt{3} = \frac{x^2 + 2 \pm 2}{2} \Rightarrow \begin{cases} \sqrt{3} = \frac{x^2 + 4}{2} \\ \sqrt{3} = \frac{x^2}{2} \end{cases}$$

Розв'яжемо кожне з рівнянь сукупності відносно x :

$$1) x^2 + 4 - 2\sqrt{3} = 0$$

$$x^2 = 2\sqrt{3} - 4 \Rightarrow x_{1,2} = \pm \sqrt{2\sqrt{3} - 4};$$

$$2) x^2 = 2\sqrt{3} \Rightarrow x_{3,4} = \pm \sqrt{2\sqrt{3}}.$$

Відповідь: $\pm \sqrt{2\sqrt{3} - 4}$; $\pm \sqrt{2\sqrt{3}}$.



Отже, метод покладання відомої величини за невідому є ефективним нестандартним підходом до розв'язування алгебраїчних рівнянь вищих степенів. Його застосування дає змогу спростити структуру рівняння, звести його до більш простого виду (зокрема, квадратного) та уникнути громіздких обчислень, характерних для класичних алгоритмів.

Запропонований метод є узагальненням і розвитком методу введення нової змінної, проте відрізняється інверсією ролей відомих і невідомих величин, що розширює можливості його застосування до задач підвищеної складності. Це сприяє виявленню прихованих залежностей між елементами рівняння та формує більш глибоке розуміння його структури.

Використання методу покладання відомої величини за невідому в освітньому процесі сприяє розвитку логічного, аналітичного та творчого мислення учнів, формує навички дослідницької діяльності та підвищує математичну компетентність. Даний підхід відповідає сучасним вимогам компетентнісного навчання та ідеям варіативності методів розв'язування математичних задач.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці системи задач, методичних рекомендацій щодо впровадження даного методу у шкільний курс математики, а також у вивченні можливостей його застосування до інших класів рівнянь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ботузова Ю.В., Устенко А.В. Метод заміни змінної у шкільному курсі математики // Наукові записки. Серія: Проблеми природничо-математичної освіти. 2023. С. 7–12. <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2023-2-1>
2. Кузьменко К., Жерновникова О. Технологія розв'язування нестандартних рівнянь та нерівностей на уроках математики. Освіта збереже Україну! : матеріали III Всеукраїнських Прокопенківських читань, (м. Харків, 10 черв. 2024 р.) / Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди ; редкол.: Ю. Д. Бойчук (голов. ред.) та ін. Харків. 2024. С. 284–286. <https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/17953>
3. Садовніченко А.А., Нічишина В.В. Формування математичної компетентності учнів шляхом інтеграції методів розв'язування алгебраїчних рівнянь та їх систем // Наукові записки молодих учених. 2023. №12. <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/2039/pdf>
4. Харченко Д.С., Ізюмченко Л.В. Розв'язування нелінійних рівнянь вищої та елементарної математики засобами ІКТ // Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. 2017. Том 3. №12. <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZ-PMFMTO/article/view/1279>



ЗАСТОСУВАННЯ ІКТ ПІД ЧАС РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯНЬ З ПАРАМЕТРОМ

Польгун Катерина¹, Грушевська Мілана²

¹к.пед.н., доцент,

доцент кафедри математики та методики її навчання,
Криворізького державного педагогічного університету,
м. Кривий Ріг, polgun@kdpu.edu.ua

²здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня,
4 курсу фізико-математичного факультету
Криворізького державного педагогічного університету
м. Кривий Ріг, milkaway2407@gmail.com

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій організація якісного освітнього процесу ускладнюється, зокрема для педагогів, які працюють у форматі дистанційного навчання. Для того, щоб утримати увагу учнів і мотивувати їх на навчання, важливо використовувати інтерактивні сервіси для подання матеріалу. Рівняння з параметром викликають у школярів труднощі, особливо під час графічного розв'язування, адже для кожного значення параметра виникає новий розв'язок. Представити всі можливі варіанти у зошиті часто неможливо, тому необхідно застосовувати інтерактивні графічні засоби. У роботі представлено можливості сервісу GeoGebra для візуалізації та пояснення таких задач.

Відповідно до психометричної характеристики завдань НМТ 2025 року (рис. 1), можна спостерігати, що лише 43,9 % учнів змогли надати правильну відповідь на просте тестове завдання, пов'язане із переміщенням графіка функції. До того ж у завданні визначено кількість кроків для переміщення графіка. Якщо задане значення зробити змінним, тобто ввести параметр, відсоток правильних відповідей стрімко зменшиться.

6. Укажіть функцію, графік якої зображено на рисунку 2, якщо він отриманий внаслідок паралельного перенесення графіка функції $y = f(x)$ (див. рис. 1).

- А $y = 2f(x)$
- Б $y = f(x + 2)$
- В $y = f(x - 2)$
- Г $y = f(x) + 2$
- Д $y = f(x) - 2$

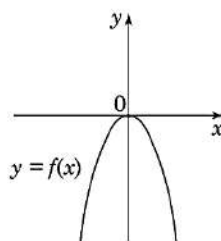


Рис. 1

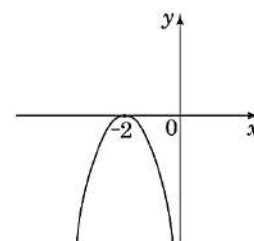


Рис. 2

Ключ	Відповіді учасників (%)					Складність (P-value)	Дискримінація (D-index)	Кореляція (Rit)
	А	Б	В	Г	Д			
Б	2,0	43,9	26,2	8,8	19,1	43,9	75,7	0,6

Рис. 1. Тестове завдання № 6 НМТ 2025 року



Для поліпшення цієї ситуації необхідно підвищити якість пояснення навчального матеріалу на уроках у закладах освіти. Тобто обов'язково звертатися до графічних редакторів для візуалізації розв'язаної задачі: акцентувати на важливих моментах, показувати графічну інтерпретацію отриманої відповіді до завдання.

Розглянемо приклади розв'язання задачі за підручником з математики для учнів 10 класу Г. П. Бевза та їх реалізацію за допомогою середовища GeoGebra.

Завдання 1. Знайти усі значення параметра a , за яких система рівнянь має єдиний розв'язок [1, с. 64].

$$\begin{cases} x^2 + (y - a)^2 = 9, \\ y = -6. \end{cases}$$

Спочатку аналізуємо задану систему рівнянь. Бачимо, що першим рівнянням системи є рівняння кола з центром у точці з координатами $(0; a)$ та радіусом 3. Друге рівняння системи – це рівняння лінійної функції, графік якої проходить через точку з координатами $(0; -6)$ та паралельний до осі абсцис. Щоб система мала єдиний розв'язок, необхідно розглянути випадок, коли пряма є дотичною до кола. Враховуючи всі значення, щоб отримати точку дотику, необхідно щоб відстань від прямої $y = -6$ до центра кола дорівнювала 3. Параметр a впливає на переміщення вздовж осі ординат, це можна продемонструвати в графічному калькуляторі. Тоді для знаходження значення параметра a введемо дві точки $A (0; -6)$ та $O (0; a)$. Надалі необхідно використати формулу відстані між точками на площині. Маємо:

$$AO = \sqrt{(0 - 0)^2 + (a + 6)^2} = 3$$

$$\text{Звідси отримаємо таке: } \sqrt{(a + 6)^2} = 3,$$

$$|a + 6| = 3,$$

$$a + 6 = \pm 3,$$

$$\begin{cases} a = -3, \\ a = -9. \end{cases}$$

Рівняння має два корені. Отже, дана система рівнянь буде мати також 2 розв'язки, якщо a дорівнює -3 або -9 .



Рис. 2. QR-код аплету в GeoGebra

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бевз Г. П., Бевз В. Г. Алгебра і початки аналізу : підручник для 10 класу закладу загальної середньої освіти (профільний рівень). Київ : Генеза, 2018. 304 с.
2. Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики: навчальний посіб / Т. Г. Крамаренко, В. В. Корольський, С. О. Семеріков, С. В. Шокалюк; наук. ред. М. І Жалдак. Вид. 2, перероб. і доп. Кривий Ріг : Криворізький держ. пед. ун., 2019. 444 с.



КОМПОНЕНТНА СТРУКТУРА МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН УЧНІВ АКАДЕМІЧНИХ ЛІЦЕЇВ

Рашевська Наталя

к. пед. н., доцент,

*старший науковий співробітник Інституту цифровізації освіти НАПН України,
м. Київ, nvr1701@gmail.com*

Процес навчання природничо-математичних дисциплін в академічних ліцеях ґрунтується на методичній системі, яка забезпечує цілісність, узгодженість і результативність освітнього процесу. Методична система розглядається як впорядкована сукупність взаємопов'язаних компонентів, що визначають цілі, зміст, технології та результати навчання, а також способи організації педагогічної взаємодії.

Теоретичною основою побудови методичної системи є модель, запропонована Пишкало А. М., у якій компоненти навчання розглядаються як взаємопов'язані елементи цілісної педагогічної системи. Водночас сучасні процеси цифровізації освіти та поширення імерсивних технологій зумовлюють необхідність адаптації цієї моделі до нових умов організації навчальної діяльності учнів (рис. 1).

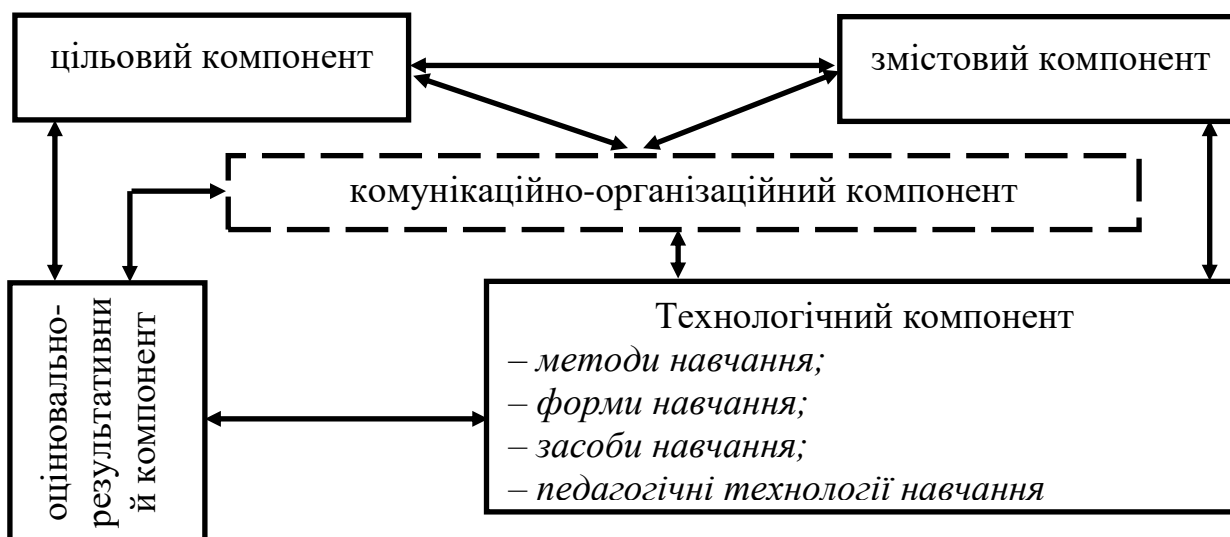


Рис. 1. Компонентна структура методичної системи навчання

У дослідженні уточнено компонентну структуру методичної системи навчання природничо-математичних дисциплін з урахуванням використання імерсивних технологій. Показано, що їх інтеграція впливає не лише на засоби навчання, а й на взаємодію всіх компонентів системи, трансформуючи логіку організації пізнавальної діяльності учнів.



У структурі методичної системи навчання природничо-математичних дисциплін виокремлюють такі компоненти:

– *цільовий компонент*, що визначає очікувані результати навчання: предметні компетентності, дослідницькі, просторові, аналітичні вміння, елементи цифрової та імерсивної компетентності. Цілі формулюються відповідно до Державного стандарту профільної середньої освіти та орієнтують добір змісту і педагогічних технологій;

– *змістовий компонент*, який охоплює навчальний матеріал, структурований за освітніми програмами та логікою природничо-математичних дисциплін. За умов використання імерсивних технологій зміст має відповідати вимогам наукової коректності, відтворюваності явищ у цифрових моделях, доцільності застосування VR/AR-ресурсів у темах, що потребують візуалізації; моделювання або експериментальної діяльності; поєднання теоретичного матеріалу з практичною діяльністю в імерсивному середовищі (аналіз процесів, проведення експериментів, робота з параметрами моделей);

– *технологічний компонент*, що включає методи, форми та засоби навчання, необхідні для реалізації змісту. При інтеграції імерсивних технологій цей компонент доповнюється методами моделювання, дослідницького та проблемно-орієнтованого навчання, використанням імерсивних технологій як засобів експериментування та візуалізації, а також педагогічним дизайном взаємодії учня з цифровими моделями. На відміну від традиційної моделі, імерсивні засоби стають не лише допоміжними, а й центральними елементами реалізації окремих змістових ліній;

– *комунікаційно-організаційний компонент*, який визначає способи організації взаємодії учасників освітнього процесу; поєднання очного, дистанційного та змішаного навчання; індивідуальних і групових форматів; організацію взаємодії учня з середовищем через наставницьку підтримку вчителя, інструкції, систему підказок; вимоги до безпечної та етичної поведінки в цифровому середовищі;

– *оцінювально-результативний компонент*, що регламентує процедури моніторингу навчальних досягнень учнів, форми формувального й підсумкового оцінювання. В умовах імерсивного навчання він доповнюється інструментами автоматизованої реєстрації дій учнів у симуляціях, аналізу траєкторій діяльності, використанням інтерактивних AR-тестів і віртуальних лабораторних робіт.

Для обґрунтування трансформації методичної системи здійснено порівняння базових характеристик традиційної моделі та моделі, орієнтованої на використання імерсивних технологій (табл. 1). Це надає можливість визначити напрями трансформації цілей, змісту, методів і організаційних форм.



Таблиця 1

Порівняння компонентів традиційної та методичної системи із використанням імерсивних технологій

Характеристика	Традиційна методична система навчання	Методична система із використанням імерсивних технологій
Освітня парадигма	Переважає трансляційна, орієнтована на пояснення і відтворення.	Конструктивістська, діяльнісна; навчання через досвід, моделювання та взаємодію.
Зміст навчання	Переважає теоретично орієнтований, менш контекстуалізований.	Контекстуалізований, інтегрований; представлений у симульованих або реконструйованих ситуаціях.
Цілі навчання	Засвоєння знань, формування умінь та навичок.	Формування компетентностей, розвиток гнучкого мислення, здатність діяти в змінних умовах.
Методи та форми навчання	Пояснювально-ілюстративні, репродуктивні; переважно фронтальні й індивідуальні форми.	Дослідницькі, моделювальні, проєктні; індивідуальні, групові та командні формати роботи в імерсивному середовищі.
Засоби навчання	Підручники, дошка, традиційні лабораторні набори, мультимедіа.	Імерсивні лабораторії, симулятори, 3D-моделі, інтерактивні середовища.
Технологічна основа	Епізодичне або підтримувальне використання ІКТ.	Інтеграція імерсивних технологій на різних етапах навчання.
Вплив на компоненти системи	Технологічні засоби виконують допоміжну роль.	Імерсивні технології змінюють логіку цілей, змісту, методів та організації навчання за умови дидактичної доцільності.
Роль учителя	Організатор і контролер навчальної діяльності.	Наставник, модератор навчальних ситуацій.



Характеристика	Традиційна методична система навчання	Методична система із використанням імерсивних технологій
Роль учня	Виконує переважно відтворювальні дії.	Активний дослідник, учасник моделювання, суб'єкт прийняття рішень.
Оцінювання	Стандартизоване, орієнтоване на підсумковий результат.	Формувальне, інтерактивне, рефлексивне, орієнтоване на процес та продуктивність.
Результати навчання	Засвоєні знання, відтворення навчальних відомостей, оцінки.	Сформовані компетентності, здатність до дії, рефлексія, адаптивність.

Узгоджена взаємодія визначених компонентів забезпечує системне впровадження імерсивних технологій у навчання природничо-математичних дисциплін. При цьому встановлено, що ефективність їх використання залежить не від самого факту застосування технологій, а від узгодженості цілей, змісту, методів і організаційних форм навчання.

Таким чином, інтеграція імерсивних технологій у навчальний процес зумовлює не лише розширення інструментарію навчання, а й трансформацію взаємодії компонентів методичної системи. Це потребує її цілеспрямованого методичного проектування з урахуванням особливостей організації пізнавальної діяльності учнів в імерсивному освітньому середовищі.

МЕТОДОЛОГІЯ ІНТЕГРАЦІЇ ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ У ПРОФЕСІЙНУ ПІДГОТОВКУ ЗДОБУВАЧІВ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА»

*Савченко Алла¹, Галуза Олексій², Ахієзер Олена³,
Костюк Ольга⁴, Процай Наталія⁵*

¹к.фіз-мат.н., доцент, доцент кафедри фізики

²д.фіз-мат.н., професор професор кафедри комп'ютерної математики і аналізу даних

³к.техн. н., доцент, завідувачка кафедри комп'ютерної математики і аналізу даних

⁴к.техн. н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної математики і аналізу даних

⁵к.техн. н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної математики і аналізу даних Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

1. Актуальність і проблема

Підготовка фахівців з прикладної математики дедалі більше орієнтується на розв'язування комплексних задач, у яких поєднуються моделювання,



алгоритмізація, програмна реалізація, аналіз даних, валідація та комунікація із замовником. У такій логіці очікувані результати навчання мають охоплювати не лише теоретичні знання, а й сформованість професійних і універсальних компетентностей, зокрема постановку проблеми, декомпозицію, планування, командну взаємодію, відповідальність за продукт та публічне представлення результатів [1; 2].

Класична організація навчання (типові задачі, домінування індивідуальної роботи, підсумковий контроль) обмежено формує досвід повного циклу професійної діяльності. Найчастіше «випадають» відкриті задачі з нечіткими вимогами, інтеграція математичних методів із програмними інструментами, командні ролі та процедури координації, а також культура технічної документації й аргументації рішення. Проектно-орієнтоване навчання (ПОН) розглядається як підхід, у якому здобувачі навчаються через роботу над реальними або наближеними до реальності проектами, з фокусом на продукт і взаємодію зі стейкхолдерами [3; 4; 5; 6]. Для підготовки здобувачів прикладної математики ПОН є доцільним, оскільки дозволяє системно опанувати ланцюг «задача, модель, алгоритм, реалізація, тестування, інтерпретація, презентація» в межах інтегрованого освітнього досвіду [7].

2. Мета і новизна підходу

Метою роботи є представлення методології інтеграції ПОН у підготовку здобувачів прикладної математики через процесну модель впровадження як керованого освітнього процесу. ПОН розглядається не як набір окремих активностей, а як цілісна система з визначеними етапами, ролями, документацією, контрольними точками та процедурами оцінювання [7].

Новизна підходу полягає у процесній формалізації ПОН, що підвищує керованість і відтворюваність впровадження в межах освітньої програми. Модель фіксує: (1) логіку переходів між етапами від ініціації та добору задач до захисту; (2) розподіл функцій і відповідальностей учасників; (3) узгодження результатів проекту з цілями навчання дисциплін і вимогами стандарту; (4) оцінювання, яке поєднує командний продукт із диференціацією індивідуального внеску [7; 2].

3. Критерії добору та формулювання проектних задач

Якість постановки проектної задачі визначає навчальну цінність і здійсненність проекту, тому добір тематики є окремим етапом процесної моделі [7]. Для проектів у прикладній математиці доцільно застосовувати такі критерії:

1. Результатом має бути програмний або програмно-апаратний продукт, придатний до демонстрації та презентації як завершений результат.

2. Задача повинна мати прикладний характер, із чітко окресленим контекстом використання.

3. Розв'язання має вимагати інтеграції знань із кількох галузей (математика, програмування, предметна область).



4. Постановка повинна передбачати математичне моделювання об'єктів або процесів; розв'язок не має бути очевидним без побудови моделей, алгоритмів і припущень.

5. Задача повинна декомпозиватися на кілька умовно незалежних підзадач, що дає змогу організувати паралельну роботу в команді.

6. Обсяг і складність мають унеможливити виконання в задані терміни однією особою, що є природною умовою набуття командних компетентностей.

7. Моделі та методи мають загалом відповідати навчальним програмам; необхідні позапрограмні знання здобуваються через аналіз джерел та консультації [7].

Після попередньої експертизи задачі командою викладачів її уточнюють разом із «Замовником» та фіксують у технічному завданні [7].

4. Рольова та організаційна модель впровадження PBL

Керованість ПОН забезпечується розподілом ролей і регламентом взаємодії учасників процесу [7].

Замовник: формулює потребу, погоджує технічне завдання, приймає продукт щодо відповідності вимогам.

Менеджер: координує організаційний цикл усіх команд, контролює календар і виконання процедур.

Тренер: забезпечує методичний супровід проектної діяльності, тренінги, стандарти документації, підтримку мотивації.

Куратор: працює з командою на регулярній основі, фасилітує комунікацію, підтримує планування, моніторить прогрес.

Консультанти (математика, програмування, предметна область): консультують, коригують напрям роботи, не підмінюючи діяльність команди готовими рішеннями [7].

5. Організація роботи проектної команди здобувачів

Оптимальний склад команди: 3–5 осіб, що відповідає можливостям декомпозиції задачі та часовим межам семестру [7]. Практично доцільно виділити треки: модель і алгоритм, програмна реалізація, тестування, документація. За кожним треком закріплюється відповідальний, а супервізор забезпечує узгодженість рішень і регулярну комунікацію [7].

6. Пакет документації та контрольні точки

Пакет документації забезпечує прозорість процесу, відтворюваність результатів та формування академічної й професійної культури письма [7]. Доцільно використовувати: технічне завдання, технічний звіт, презентацію, вихідні коди. Технічне завдання фіксує вимоги, інтерфейс, дані та обмеження і є основою для проміжного контролю. Технічний звіт ведеться протягом усього проекту та структуровано описує постановку задачі, модель, алгоритми, реалізацію, тестування і висновки [7].



7. Процесна схема виконання навчального проєкту

Проєкт реалізується як послідовність чотирьох етапів із чіткими контрольними точками:

I. Підготовчий етап:

- тренінг з основ проєктного менеджменту, знайомство з ролями та регламентом;
- отримання проблеми від замовника, попередньо узгодженої командою викладачів;
- занурення в предметну область, пошук і аналіз джерел.

II. Розроблення технічного завдання:

- тренінг з розроблення ТЗ;
- підготовка ТЗ;
- послідовне узгодження ТЗ із консультантами (предметна область, математика, програмування);
- затвердження ТЗ замовником.

III. Реалізація проєкту:

- тренінг з розроблення моделей і програмного забезпечення;
- побудова та узгодження математичної моделі;
- створення макета і бета-версії продукту та тестування замовником;
- за потреби уточнення ТЗ;
- розроблення продуктивної версії та узгодження з консультантом з програмування;
- підготовка технічного звіту і презентації, узгодження з куратором;
- формування комплексу документів проєкту.

IV. Публічний захист і рефлексія:

- захист за умови отримання оцінок від замовника, консультантів і куратора;
- після захисту, самоаналіз командою сильних і слабких рішень та передача висновків менеджеру як зворотного зв'язку для вдосконалення процесу.

8. Оцінювання та диференціація внеску учасників

Оцінювання поєднує якість продукту і сформованість компетентностей, визначених стандартом і цілями дисциплін [2; 7]. Для коректної диференціації внеску доцільно застосовувати багатокомпонентну схему, яка включає: оцінку замовника відповідності вимогам, оцінки консультантів і куратора, поточний моніторинг прогресу, самооцінювання та взаємооцінювання під контролем куратора, а також публічний захист перед журі [7].

9. Результати апробації та зафіксовані ефекти

За результатами опитувань здобувачів і спостережень викладачів, ПОН підсилює мотивацію та сприяє формуванню інтегрованих результатів навчання: розуміння міждисциплінарних зв'язків, уміння формалізувати проблеми, обґрунтовано обирати методи, працювати з даними і представляти результати



[7]. Здобувачі відзначають розвиток командних навичок (домовлятися, розподіляти завдання, узгоджувати рішення), що узгоджується із загальними висновками оглядових робіт про ПОН [5].

10. Висновки та перспективи

Методологія інтеграції проектно-орієнтованого навчання у підготовку здобувачів прикладної математики подає його як процесну модель з визначеними ролями, документацією, контрольними точками та багатокомпонентним оцінюванням. Запропонований підхід може бути використаний як практичний інструмент впровадження проектно-орієнтованого навчання у межах освітньої програми [7].

Перспективи подальшої роботи пов'язані з масштабуванням моделі на споріднені програми та з уточненням індикаторів оцінювання компетентностей для різних профілів підготовки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lathram B., Lenz B., Vander Ark T. Preparing Students for a Project-Based World [Електронний ресурс]. 2016. URL: <https://www.gettingsmart.com/wp-content/uploads/2016/08/Preparing-Students-for-a-ProjectBasedWorld-FINAL.pdf> (дата звернення: 19.02.2026).
2. Стандарт вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 11 «Математика і статистика», спеціальність 113 «Прикладна математика» [Електронний ресурс]. 2018. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/113-prikladna-matematika.bakalavr-1.pdf> (дата звернення: 19.02.2026).
3. Quint J., Condliffe B. Project-Based Learning: A Promising Approach to Improving Student Outcomes [Електронний ресурс]. 2018. URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED580907> (дата звернення: 19.02.2026).
4. Larmer J., Mergendoller J., Boss S. Setting the Standard for Project-Based Learning. Alexandria, VA: ASCD, 2022.
5. Condliffe B. Project-Based Learning: A Literature Review [Електронний ресурс]. New York, NY: MDRC, 2017. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED578933.pdf> (дата звернення: 19.02.2026).
6. Larmer J. Gold standard PBL: Essential project design elements [Електронний ресурс]. 2020. URL: <https://www.pblworks.org/blog/gold-standard-pbl-essential-project-design-elements> (дата звернення: 19.02.2026).
7. Akhiezer O. B., Haluza O. A., Savchenko A. O., Lyubchik L. M., Protsay N. T., Aslandukov M. O. Methodology of project-based learning for training junior students in applied mathematics: general scheme of the educational process. Journal of Physics: Conference Series. 2023. Vol. 2611. 012005. DOI: 10.1088/1742-6596/2611/1/012005.



ТЕОРІЯ ІГОР У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ МАТЕМАТИКИ: ВІД СТРАТЕГІЇ ВИГРАШУ ДО ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Цоуфал Володимир

*вчитель першої категорії Комунального закладу освіти «Криворізький ліцей
«КОЛІЯ» Дніпропетровської обласної ради», tsoufalvova65@gmail.com*

Сучасна парадигма освіти зміщує акцент із простого накопичення знань на формування здатності діяти в умовах багатofакторного вибору. Математика в старших класах (10–11) часто сприймається учнями як набір абстрактних алгоритмів, відірваних від реальності. Проте саме математичний апарат теорії ігор є тим містком, що поєднує логіку чисел із соціальною взаємодією, менеджментом та економічним прогнозуванням [1]. Теорія ігор вивчає моделі прийняття рішень у ситуаціях, де успіх одного учасника залежить від вибору інших, що є фундаментальною основою будь-якого управлінського процесу.

Впровадження елементів теорії ігор у курс «Алгебри та початків аналізу» є актуальним через кілька причин. По-перше, це розвиває стратегічне мислення — вміння передбачати кроки опонента та оцінювати ризики. По-друге, це ідеальна база для професійної орієнтації учнів у сферах менеджменту, маркетингу та ІТ-технологій. Сьогоднішній випускник має розуміти, що за хаосом ринкових відносин стоять чіткі математичні закономірності [3].

Розглянемо теоретичний та практичний аспекти

1. Еволюція стратегічного мислення учнів

Шлях від простої гри до управлінського аналізу проходить через три стадії. На першій учні знайомляться з антагоністичними іграми з нульовою сумою, де інтереси сторін прямо протилежні. На другій — переходять до кооперативних ігор, де вигідніше домовлятися. Третій етап — це перенесення цих моделей у площину менеджменту: вибір маркетингової стратегії, ціноутворення або управління ресурсами в умовах обмеженості [2].

Одним із найпотужніших концептів для засвоєння є «Рівновага Неша». Для одинадцятикласників це поняття можна пояснити як ситуацію, де жоден гравець не зацікавлений змінювати свою стратегію, якщо інші учасники залишають свої дії без змін. Це ідеальна модель стабільності ринку [4].

2. Практичний кейс для 10-11 класів: Задача «Дуополя на ринку послуг»

Для глибокого розуміння матеріалу пропонується використання методу імітаційних ігор. Розглянемо конкретну задачу, яку можна інтегрувати в тему «Дослідження функцій» або «Ймовірність».

Умова задачі: Дві фірми (Фірма А та Фірма Б) планують відкрити точки продажу кави в новому районі міста. У кожної є дві стратегії: «Агресивна» (низькі ціни, великі витрати на рекламу) та «Стримана» (стандартні ціни, мінімальна реклама). Прибуток фірм залежить від взаємного вибору стратегій та описується наступною матрицею виплат (умовні одиниці прибутку):



Фірма А \ Фірма Б	Агресивна	Стримана
Агресивна	(20; 20)	(60; 10)
Стримана	(10; 60)	(50; 50)

Завдання для учнів:

1. Побудувати математичну модель гри та проаналізувати виплати.
2. Знайти Рівновагу Неша (в даному випадку це стратегія «Агресивна / Агресивна» з виплатами (20; 20)).
3. Обговорити «Парадокс раціональності»: чому фірми не обирають «Стриману» стратегію, яка принесла б обом по 50 одиниць?
4. Управлінський висновок: Як менеджер, яку роль у цій грі відіграє довіра та юридичні контракти про співпрацю?

Такий формат задачі змушує учнів не просто рахувати, а аналізувати поведінкові фактори, що є критично важливим для майбутніх управлінців [5].

3. Методичні інструменти та ІТ-супровід

Ефективність викладання підвищується при використанні цифрових інструментів. Для візуалізації дерев рішень та розрахунку вигравів доцільно використовувати:

- MS Excel / Google Таблиці для автоматизації розрахунку матриць.
- GeoGebra для побудови графіків функцій виграву в іграх із безперервним набором стратегій.
- CapCut або інші відеоредактори для створення учнями коротких відеопояснень («експлейнерів») до розв'язаних кейсів, що розвиває їхні комунікаційні навички.

Таким чином, інтеграція теорії ігор у шкільну математику перетворює навчальний процес на активне дослідження. Учні отримують не лише набір формул, а й універсальний інструмент для прийняття рішень, який вони зможуть застосувати в будь-якій кар'єрі. Виховання математично грамотного менеджера починається саме з розуміння стратегічної логіки, де кожен «хід» є результатом обґрунтованого вибору, а не випадковості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нейман Дж. фон, Моргенштерн О. Теорія ігор і економічна поведінка. К.: Основи, 2021. 612 с.
2. Льюїс Ф. Теорія ігор: вступний курс для менеджерів та економістів. Львів: Видавництво ЛНУ, 2022. 240 с.
3. Савченко О. Я. Сучасні методи викладання математики з елементами економічного моделювання // Математика в школі. 2023. №4. С. 12–18.
4. Осборн М. Дж. Вступ до теорії ігор. Підручник для закладів вищої та загальної середньої освіти. К.: КМ-Букс, 2020. 480 с.
5. Дивак М. П., Пукас А. В. Математичне моделювання економічних процесів у закладах освіти: методичні аспекти. Тернопіль: Економічна думка, 2024. 156 с.



6. Кінаш І. П. Формування управлінської компетентності учнів на уроках математики через кейс-технології // Педагогічний пошук. 2025. №1 (125). С. 34–39.

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ У ЗАДАЧАХ НА ПОБУДОВУ

Яременко Юрій¹, Яременко Людмила²

¹к.фіз-мат..н., доцент,

доцент кафедри математики, фізики та методик викладання

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, yaremenk1959@gmail.com

²к.пед.н., доцент,

доцент кафедри менеджменту та підприємництва

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

м. Кропивницький, llut4enko@gmail.com

Задачі на побудову займають особливе місце у курсі геометрії, оскільки поєднують теоретичні знання з практичними навичками та сприяють розвитку аналітичного і конструктивного мислення. Вони передбачають не лише отримання результату, а й обґрунтування можливості виконання побудови за допомогою обмеженого набору інструментів (лінійки та циркуля).

Задачам на побудову присвячені численні праці українських науковців. Зокрема, Ольга Чашечникова [3] правомірно стверджує, що «розв'язування задач на побудову є одним із шляхів залучення учнів до творчої діяльності з математики». Михайло Бурда відмічає, що «розв'язування задач на побудову дасть змогу глибше засвоїти навчальний матеріал, посилити прикладну його спрямованість, а, отже, й ефективно формувати математичну та інші ключові компетентності» [1]. Володимир Прошкін, Марія Астаф'єва і Світлана Радченко [2] зробили висновок, що задачі на побудову – це клас геометричних задач, розв'язання яких сприяє формуванню ряду навичок XXI століття (4К: критичне мислення, креативність, комунікація, кооперація).

Відома класична схема розв'язування задачі на побудову складається з 4-х етапів: 1) аналіз задачі; 2) побудова шуканої фігури; 3) доведення правильності виконаної побудови; 4) дослідження.

I. Аналіз – це підготовчий, і в той же час, найбільш важливий етап розв'язування задачі на побудову. Це, фактично, пошук способу розв'язування задачі. Це творчий, неалгоритмічний процес. Вважаючи, що шукана фігура уже побудована, виконується допоміжний малюнок, що наочно демонструє цей розв'язок. Аналізуючи його, знаходимо зв'язки між заданими і шуканими фігурами, чи їх елементами, причому таких зв'язків необхідно знайти стільки, скільки достатньо для побудови шуканої фігури.

II. Побудова це перелік і виконання основних побудов, чи раніш розв'язаних задач, які дають можливість одержати шукану фігуру.



III. Доведення має своєю метою встановити, що побудована фігура задовольняє всі умови задачі. При розв'язуванні простих задач доведення безпосередньо впливає з аналізу і побудови.

IV. Дослідження передбачає з'ясування кількості розв'язків задачі, умов їх існування та можливих обмежень. Це сприяє глибшому розумінню геометричних властивостей і формує критичне мислення здобувачів освіти.

У багатьох випадках повнота дослідження досягається за рахунок його проведення по ходу побудови, тобто послідовно аналізується кожен крок побудови і встановлюється, при яких умовах вона виконувана і скільки дає розв'язків.

Варто зауважити, що проведення дослідження нерідко супроводжується труднощами. Покажемо це на прикладах.

Приклад 1. Побудувати трикутник ABC за гострим кутом $B = \beta$ та висотою h_a і медіаною m_a проведених на сторону a .

I. Аналіз.

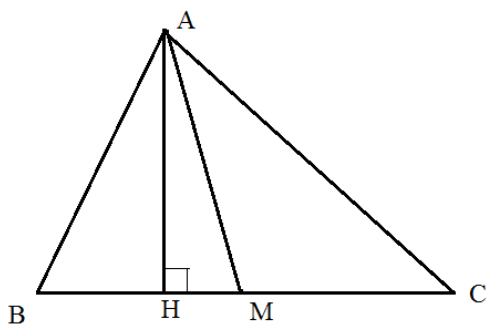


Рис. 1

Припустимо, що задача розв'язана, і такий трикутник побудовано (рис.1). Розглянемо трикутник ABH . У ньому кут $AHB = 90^\circ$ кут $ABH = \beta$, а значить кут $BAH = 90^\circ - \beta$. Отже, трикутник ABH побудуємо за стороною $AH = h_a$ і двома прилеглими до неї кутами $AHB = 90^\circ$ і $BAH = 90^\circ - \beta$. Потім добудуємо трикутник AMH так, щоб сторона AM була рівна m_a і враховуючи, що медіана ділить сторону, до якої вона проведена,

навпіл,

побудуємо точку C .

II. Побудова.

Нагадаємо, що задані в умові задачі фігури чи елементи фігури вважаються побудованими.

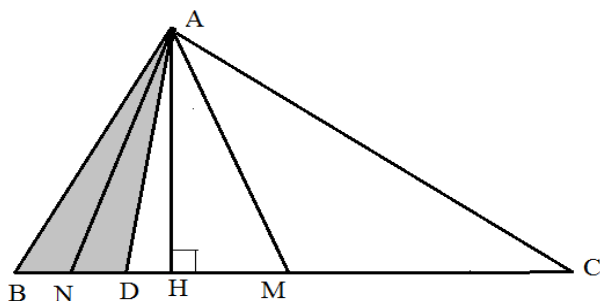
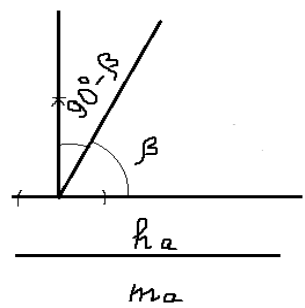


Рис. 2





Коротко побудову можна записати символічно:

1) Трикутник ABH ($AH=h_a$, кути $AHB=90^\circ$ і $BAH=90^\circ-\beta$). Так як кут $90^\circ-\beta$ не заданий, його можна побудувати там, де дано кут β , провівши перпендикуляр у вершині кута до горизонтального променя.

2). Точку M будемо як перетин кола з центром в точці A радіуса m_a з променем BH .

3). Вершину C отримаємо відклавши від точки M відрізок рівний BM .

III. Доведення тут впливає з аналізу і побудови. Дійсно, побудовані трикутники задовольняють усі 3 умови задачі.

IV. Дослідження.

Проаналізувавши побудови, звертаємо увагу на те, що коло з центром в точці A радіуса m_a (побудова 2) буде перетинати промінь BH , якщо відрізок $m_a \geq h_a$. Причому, якщо $m_a = h_a$ то отримаємо 1 розв'язок – прямокутний трикутник. Якщо ж $m_a < h_a$, то задача розв'язків не має.

Крім того, коло з центром в точці A радіуса m_a може перетинати промінь BH ще й у точці N (це можливо тоді, коли сторона AB побудованого трикутника ABH буде більшою за задану медіану m_a , тобто коли $h_a > m_a \sin \beta$). Відклавши від точки N відрізок рівний BN отримаємо ще один розв'язок задачі – трикутник ABD) (рис.2). У нас цей трикутник тупокутний, але він може бути і гострокутний в залежності від розмірів заданих елементів.

Отже, задача має 2 розв'язки, якщо для заданих відрізків виконується умова $m_a > h_a > m_a \sin \beta$ і 1 розв'язок, якщо $h_a < m_a \sin \beta$.

Розглянемо дослідження у задачах на побудову, які розв'язуються методом перетину геометричних місць точок.

Приклад 2. Побудувати коло даного радіуса, яке дотикається до двох заданих кіл.

У загальному випадку дослідження показує, що задача може мати до 8 розв'язків. 2 кола, які дотикаються до даних зовнішнім чином, 2 – внутрішнім і 4 кола, які містять одне дане коло всередині, а інше зовні.

Аналогічна задача: Побудувати коло даного радіуса, яке дотикається даної прямої і даного кола має до 4-х розв'язків, якщо пряма і коло не мають спільних точок, і до 8 розв'язків у випадку, якщо дані пряма і коло перетинаються.

Ці задачі використовуються у кресленні при побудові спряжень деталей. Там вони сформульовані так: виконати спряження 2-х кіл дугою заданого радіуса, та виконати спряження прямої і кола дугою заданого радіуса. Будується не все коло, а тільки його дуга (від однієї точки дотику до іншої).

Автори у своїх працях наголошували, що використання ІКТ при моделюванні різних варіантів розв'язків задач на побудову оптимізує навчальний процес [4]. Інтеграція сучасного цифрового інструментарію не лише підвищує якість і результативність занять, а й сприяє комплексному формуванню як геометричних, так і цифрових компетентностей студентів.



У сучасних дослідженнях підкреслюється, що навчання геометричних побудов сприяє розвитку просторового мислення, формуванню графічної культури та здатності до логічного обґрунтування результатів. Водночас компетентнісний підхід Нової української школи орієнтує освітній процес на застосування дослідницьких та евристичних методів під час розв'язування задач на побудову. Отже, ефективність навчання задач на побудову значною мірою залежить від використання евристичних методів, таких як аналіз від кінця до початку, допоміжні побудови, симетрія, паралельне перенесення тощо. Такі методи стимулюють пізнавальну активність і формують уміння в здобувачів освіти самостійно знаходити шляхи розв'язання.

Таким чином, аналіз і дослідження у задачах на побудову є невід'ємними складовими математичної діяльності, що забезпечують не лише правильність виконання побудови, а й її повне теоретичне обґрунтування. Їх систематичне використання у навчальному процесі сприяє розвитку ключових компетентностей здобувачів освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурда М. І. Розв'язування задач на побудову в підручнику з планіметрії методом допоміжного трикутника. *Проблеми сучасного підручника*. 2021. Випуск 26. С. 33-42.
2. Прошкін В. В., Астаф'єва М. М., Радченко С. С. Геометричні задачі на побудову як дієвий інструментарій формування навичок ХХІ століття, *Освітологічний дискурс*. Київський університет імені Бориса Грінченка. 2017. Випуск 3-4. С. 122-136.
3. Чашечникова О. С. Розв'язування задач на побудову як один із шляхів залучення учнів різних груп до творчої діяльності з математики. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Фізика і математика у вищій і середній школі*. 2010. Випуск 6. С. 139-148.
4. Яременко Ю. В., Яременко Л. І. Використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій при викладанні геометрії. *Наукові записки ЦДПУ ім. В. Винниченка. Серія: педагогічні науки*. 2019. Випуск 179. С. 181-187.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Соболь Євген Юрійович – доктор юридичних наук, професор, ректор Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Члени програмного комітету

Авраменко Ольга Валентинівна – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри математики Національного університету «Києво-Могилянська академія»

Антонюк Дмитро Анатолійович – доктор економічних наук, професор, професор Східно-Баварського університету Амберг Вайдена (Німеччина)

Безущак Оксана Омелянівна – доктор фізико-математичних наук, професор, декан механіко-математичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Бреус Світлана Василівна – доктор економічних наук, професор, професор кафедри менеджменту та маркетингу Європейського університету

Денисенко Микола Павлович – доктор економічних наук, професор, професор кафедри менеджменту та підприємництва Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Капустян Олексій Володимирович – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Карпенко Андрій Володимирович – доктор економічних наук, професор, професор кафедри економіки та митної справи Національного університету «Запорізька політехніка», директор ГС «Запорізький кластер «Інжиніринг-Автоматизація-Машинобудування»

Коваленко Олександр Михайлович – доктор економічних наук, професор, професор кафедри міжнародного менеджменту та інновацій Національного університету «Одеська політехніка»

Колісніченко Пауліна – доктор економічних наук, професор, проректор з міжнародного співробітництва ВШТІП Академії Прикладних Наук (Польща)

Левченко Олександр Миколайович – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту та підприємництва Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Манн Руслан Володимирович – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки та управління Черкаського державного технологічного університету

Мартинюк Ольга Василівна – доктор фізико-математичних наук, професор, декан факультету математики та інформатики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Мацола Михайло Михайлович – кандидат економічних наук, доктор філософії (PhD), доцент, завідувач кафедри менеджменту в інформаційних технологіях Карпатського національного університету імені Василя Стефаника

Мігус Ірина Петрівна – доктор економічних наук, професор, проректор з наукової роботи Університету «КРОК», співробітник Наукового центру інноваційних досліджень (Естонія)

Плічко Анатолій Миколайович – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри математики, фізики та методик викладання Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Працьовитий Микола Вікторович – доктор фізико-математичних наук, професор, дійсний член Академії вищої освіти і Академії вищої школи України, завідувач відділу фрактального аналізу Інституту математики НАН України, декан факультету математики, інформатики та фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Пуліна Тетяна Веніамінівна – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту та адміністрування Національного університету «Запорізька політехніка»

Савченко Ілля Олександрович – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри математичних методів системного аналізу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Садовий Микола Ілліч – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри математики та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Самусенко Петро Федорович – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Собчук Валентин Володимирович – доктор, технічних наук, професор, професор кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Станжицький Олександр Миколайович – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри загальної математики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, академік Академії наук вищої школи України

Станіславик Олена В'ячеславівна – доктор економічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри менеджменту та маркетингу Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку

Трифоновна Олена Михайлівна - доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Trokhymets Olena – Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor at the Management and Marketing Department Institution: Katowice Business University

Фока Марія Володимирівна – доктор філологічних наук, професор, проректор з наукової роботи Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Чумаченко Олена Іллівна – доктор технічних наук, професор, професор кафедри штучного інтелекту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова оргкомітету

Ткачук Андрій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій, математики та природничих наук Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Співголова оргкомітету

Зеленко Інна Павлівна – кандидат юридичних наук, доцент, в.о. декана факультету права, бізнесу та адміністрування Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Члени оргкомітету

Batszczowska Beata - PhD, Professor at the Management and Marketing Department
Institution: Katowice Business University

Бобилєв Дмитро Євгенович - кандидат педагогічних наук, доцент; завідувач кафедри математики та методики її навчання Криворізького державного педагогічного університету

Довгенко Яна Олексіївна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту та підприємництва Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Жосан Ганна Володимирівна – кандидат економічних наук, доцент, завідувач кафедри менеджменту, маркетингу та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету

Зеленська Ірина Олександрівна – PhD, асистент кафедри математичних методів системного аналізу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ключник Інна Геннадіївна – кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри математики, фізики та методик викладання Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Кононенко Леся Віталіївна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри підприємництва, обліку та фінансів, помічник декана економічного факультету з наукової та міжнародної діяльності Херсонського державного аграрно-економічного університету

Макарчук Олег Петрович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри математики, фізики та методик викладання Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Мірошниченко Інга Станіславівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту авіаційної діяльності Української державної льотної академії

Нарадовий Володимир Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Нічишина Вікторія Вікторівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри математики, фізики та методик викладання Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

Рашевська Наталія Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент, вчитель математики вищої категорії КЗ «Криворізький ліцей «КОЛІЯ» Дніпропетровської обласної ради

Чопей Вікторія Степанівна – кандидат соціологічних наук, доцент кафедри соціальної роботи, директорка Карпатського інституту підприємництва «Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»

Яременко Людмила Іванівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту та підприємництва Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка, викладач математики Відокремленого структурного підрозділу «Фаховий коледж «Альма-матер. Плюс»

Наукове видання

**Збірник матеріалів
Всеукраїнської науково-практичної конференції
з міжнародною участю, присвяченій 80-й річниці
від дня народження Василя Миколайовича Бобочка**

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ МАТЕМАТИКИ,
ЕКОНОМІКИ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ**

Випуск № 1

Частина 1

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Левченко Олександр Миколайович	– доктор економічних наук, професор – науковий редактор,
Денисенко Микола Павлович	– доктор економічних наук, професор,
Плічко Анатолій Миколайович	– доктор фізико-математичних наук, професор,
Довгенко Яна Олексіївна	– кандидат економічних наук, доцент,
Яременко Людмила Іванівна	– кандидат педагогічних наук, доцент, відповідальна за випуск

Підп. до друку 28.04.2026 р. Формат 60×84¹/₁₆.
Ум. др. арк. 10,2.

*Центральноукраїнського державного
університету імені Володимира Винниченка
25006, Кропивницький, вул. Шевченка, 1
Тел.: (0522) 24-59-84.
Факс.: (0522) 24-85-44.
E-Mail: mails@cuspu.edu.ua*







