

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

ISSN 2520-2057 (print)
ISSN 2520-2065 (online)

INTERNATIONAL
SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»



№ 4 (171) / 2025



**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
«ІНТЕРНАУКА»
INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»**

*Свідоцтво
про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
КВ № 22444-12344ПР*

Збірник наукових праць

№ 4 (171)

Київ 2025



Повний бібліографічний опис всіх статей Міжнародного наукового журналу «Інтернаука» представлено в: **Index Copernicus International (ICI); Polish Scholarly Bibliography; ResearchBib; Turkish Education Index; Наукова періодика України.**

Журнал зареєстровано в міжнародних каталогах наукових видань та наукометричних базах даних: Index Copernicus International (ICI); Ulrichsweb Global Serials Directory; Google Scholar; Open Academic Journals Index; Research-Bib; Turkish Education Index; Polish Scholarly Bibliography; Electronic Journals Library; Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky; InfoBase Index; Open J-Gate; Academic keys; Наукова періодика України; Bielefeld Academic Search Engine (BASE); CrossRef.

В журналі опубліковані наукові статті з актуальних проблем сучасної науки.

Матеріали публікуються мовою оригіналу в авторській редакції.

Редакція не завжди поділяє думки і погляди автора. Відповідальність за достовірність фактів, імен, географічних назв, цитат, цифр та інших відомостей несуть автори публікацій.

У відповідності із Законом України «Про авторське право і суміжні права», при використанні наукових ідей і матеріалів цієї збірки, посилання на авторів та видання є обов'язковими.

Редакційна колегія:

Голова редакційної колегії: **Камінська Тетяна Григорівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Заступник голови редакційної колегії: **Курило Володимир Іванович** — доктор юридичних наук, професор, заслужений юрист України (Київ, Україна)

Заступник голови редакційної колегії: **Тарасенко Ірина Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Розділ «Економічні науки»:

Член редакційної колегії: **Алієв Шафа Тифліс огли** — доктор економічних наук, професор, член Ради — науковий секретар Експертної ради з економічних наук Вищої Атестаційної Комісії при Президентові Азербайджанської Республіки (Сумгаїт, Азербайджанська Республіка)

Член редакційної колегії: **Баланюк Іван Федорович** — доктор економічних наук, професор (Івано-Франківськ, Україна)

Член редакційної колегії: **Бардаш Сергій Володимирович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Бондар Микола Іванович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Белялов Талят Енверович** — доктор економічних наук, доцент (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Вдовенко Наталія Михайлівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Гоблик Володимир Васильович** — доктор економічних наук, кандидат філософських наук, професор, Заслужений економіст України (Мукачеве, Україна)

Член редакційної колегії: **Гринько Алла Павлівна** — доктор економічних наук, професор (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Гуцаленко Любов Василівна** — доктор економічних наук, професор (Вінниця, Україна)

Член редакційної колегії: **Дерій Василь Антонович** — доктор економічних наук, професор (Тернопіль, Україна)

Член редакційної колегії: **Денисенко Микола Павлович** — доктор економічних наук, професор, член-кореспондент Міжнародної академії інвестицій і економіки будівництва, академік Академії будівництва України та Української технологічної академії (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Дмитренко Ірина Миколаївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Драган Олена Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Еміне Лейла Кият** — доктор економічних наук, доцент (Туреччина)

Член редакційної колегії: **Єфіменко Надія Анатоліївна** — доктор економічних наук, професор (Черкаси, Україна)

Член редакційної колегії: **Заруцька Олена Павлівна** — доктор економічних наук, професор (Дніпро, Україна)

Член редакційної колегії: **Захарін Сергій Володимирович** — доктор економічних наук, старший науковий співробітник, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Зеліско Інна Михайлівна** — доктор економічних наук, професор, академік Академії економічних наук України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Зось-Кіор Микола Валерійович** — доктор економічних наук, професор (Полтава, Україна)

Член редакційної колегії: **Ільчук Павло Григорович** — доктор економічних наук, доцент (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Карімкулов Жасур Іманбоевич** — доктор економічних наук, доцент (Ташкент, Республіка Узбекистан)

Член редакційної колегії: **Клочан В'ячеслав Васильович** — доктор економічних наук, професор (Миколаїв, Україна)

Член редакційної колегії: **Копилюк Оксана Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Кравченко Ольга Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Курило Людмила Ізидорівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Кухленко Олег Васильович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Лойко Валерія Вікторівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Лоханова Наталя Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Малік Микола Йосипович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Мігус Ірина Петрівна** — доктор економічних наук, професор (Черкаси, Україна)

Член редакційної колегії: **Ніценко Віталій Сергійович** — доктор економічних наук, доцент (Одеса, Україна)

Член редакційної колегії: **Олійник Олександр Васильович** — доктор економічних наук, професор (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Осмятченко Володимир Олександрович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Охріменко Ігор Віталійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Паска Ігор Миколайович** — доктор економічних наук, професор (Біла Церква, Україна)

Член редакційної колегії: **Разумова Катерина Миколаївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Рамський Андрій Юрійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Селіверстова Людмила Сергіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Скрипник Маргарита Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Смолін Ігор Валентинович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Сунцова Олеся Олександрівна** — доктор економічних наук, професор, академік Академії економічних наук України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Танклевська Наталія Станіславівна** — доктор економічних наук, професор (Херсон, Україна)

Член редакційної колегії: **Токар Володимир Володимирович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Тульчинська Світлана Олександрівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Чижевська Людмила Віталіївна** — доктор економічних наук, професор (Житомир, Україна)

Член редакційної колегії: **Шевчук Ярослав Васильович** — доктор економічних наук, старший науковий співробітник, доцент (Нововолинськ, Волинська обл., Україна)

Член редакційної колегії: **Шинкарук Лідія Василівна** — доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Шпак Валентин Аркадійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Скриньковський Руслан Миколайович** — кандидат економічних наук, професор (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Султонов Шерали Нуралиевич** — доктор філософії з економічних наук (PhD) (Ташкент, Республіка Узбекистан)

Член редакційної колегії: **Peter Bielik** — Dr. hab. (Словацька Республіка)

Член редакційної колегії: **Eva Fichtnerová** — University of South Bohemia in České Budějovice (Чеська Республіка)

Член редакційної колегії: **József Káposzta** — Dr. hab. (Угорщина)

Член редакційної колегії: **Henrietta Nagy** — Dr. hab. (Угорщина)

Член редакційної колегії: **Anna Törő-Dunay** — Dr. hab. (Угорщина)

Член редакційної колегії: **Mirosław Wasilewski** — Dr. hab., Associate professor WULS-SGGW (Польща)

Член редакційної колегії: **Natalia Wasilewska** — Doctor of Economic Sciences, professor UJK (Польща)

Розділ «Юридичні науки»:

Член редакційної колегії: **Арістова Ірина Василівна** — доктор юридичних наук, професор (Суми, Україна)

Член редакційної колегії: **Бондаренко Ігор Іванович** — доктор юридичних наук, професор (Братислава, Словачька Республіка)

Член редакційної колегії: **Галуцько Валентин Васильович** — доктор юридичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Головко Олександр Миколайович** — доктор юридичних наук, професор, заслужений юрист України (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Грохольський Володимир Людвигович** — доктор юридичних наук, професор (Одеса, Україна)

Член редакційної колегії: **Дуліба Євгенія Володимирівна** — доктор юридичних наук, професор (Рівне, Україна)

Член редакційної колегії: **Іманли Магомед Нагі** — доктор юридичних наук, професор (Азербайджан)

Член редакційної колегії: **Калужний Ростислав Андрійович** — доктор юридичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Клемпарський Микола Миколайович** — доктор юридичних наук, професор (Кривий Ріг, Україна)

Член редакційної колегії: **Кравчук Мар'яна Юріївна** — доктор юридичних наук, професор (Тернопіль, Україна)

Член редакційної колегії: **Курило Інна Володимирівна** — доктор юридичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Легенький Микола Іванович** — доктор юридичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Лоредана Джані Агуїре** — доктор права, професор (Італійська Республіка)

Член редакційної колегії: **Лоренцмайер Штефан** — доктор юридичних наук, професор (Аугсбург, Федеративна Республіка Німеччина)

Член редакційної колегії: **Мельничук Ольга Федорівна** — доктор юридичних наук, професор (Вінниця, Україна)

Член редакційної колегії: **Мустафазаде Айтен Інглаб** — доктор юридичних наук, професор, директор Інституту права та прав людини Національної Академії Наук Азербайджану, депутат Міллі Меджлису Азербайджанської Республіки (Азербайджан)

Член редакційної колегії: **Мушенюк Віктор Васильович** — доктор юридичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Овчарук Сергій Станіславович** — доктор юридичних наук, доцент (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Омельчук Василь Андрійович** — доктор юридичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Остапенко Олексій Іванович** — доктор юридичних наук, професор (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Пивовар Юрій Ігорович** — доктор філософії в галузі права, доцент (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Позняков Спартак Петрович** — доктор юридичних наук, доцент (Вінниця, Україна)

Член редакційної колегії: **Світличний Олександр Петрович** — доктор юридичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Сидор Віктор Дмитрович** — доктор юридичних наук, професор (Чернівці, Україна)

Член редакційної колегії: **Олійник Анатолій Юхимович** — кандидат юридичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Фунта Растислав** — кандидат юридичних наук, доцент (Сладковичово, Словачька Республіка)

Член редакційної колегії: **Хіміч Ольга Миколаївна** — кандидат юридичних наук (Київ, Україна)

Розділ «Технічні науки»:

Член редакційної колегії: **Беліков Анатолій Серафимович** — доктор технічних наук, професор (Дніпро, Україна)

Член редакційної колегії: **Кузьмін Олег Володимирович** — доктор технічних наук, доцент (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Луценко Ігор Анатолійович** — доктор технічних наук, професор (Кременчук, Україна)

Член редакційної колегії: **Мельник Вікторія Миколаївна** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Румянцев Анатолій Олександрович** — доктор технічних наук, професор (Краматорськ, Україна)

Член редакційної колегії: **Сергейчук Олег Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Степанов Олексій Вікторович** — доктор технічних наук, професор (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Чабан Віталій Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Аль-Абабнех Хасан Алі Касем** — кандидат технічних наук (Амман, Йорданія)

Член редакційної колегії: **Артюхов Артем Євгенович** — кандидат технічних наук, доцент (Суми, Україна)

Член редакційної колегії: **Баширбейлі Адалат Ісмаїл** — кандидат технічних наук, головний науковий спеціаліст (Баку, Азербайджанська Республіка)

Член редакційної колегії: **Кабулов Нозімжон Абдукарімович** — доктор технічних наук, доцент (Республіка Узбекистан)

Член редакційної колегії: **Коньков Георгій Ігорович** — кандидат технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Почужевский Олег Дмитрович** — кандидат технічних наук, доцент (Кривий Ріг, Україна)

Член редакційної колегії: **Саньков Петро Миколайович** — кандидат технічних наук, доцент (Дніпро, Україна)

Розділ «Педагогічні науки»:

Член редакційної колегії: **Кузава Ірина Борисівна** — доктор педагогічних наук, доцент (Луцьк, Україна)

Член редакційної колегії: **Лігоцький Анатолій Олексійович** — доктор педагогічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Мулик Катерина Віталіївна** — доктор педагогічних наук, доцент (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Рибалко Ліна Миколаївна** — доктор педагогічних наук, професор (Полтава, Україна)

Член редакційної колегії: **Остапівська Ірина Ігорівна** — кандидат педагогічних наук, доцент (Луцьк, Україна)

Розділ «Медичні науки»:

Член редакційної колегії: **Самохін Анатолій Вікторович** — доктор медичних наук, професор, заслужений лікар України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Свиридов Микола Васильович** — доктор медичних наук, головний науковий співробітник відділу ендокринологічної хірургії, керівник Центру діабетичної стопи (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Стеблюк Всеволод Володимирович** — доктор медичних наук, професор криміналістики і судової медицини, Народний Герой України, Заслужений лікар України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Купріянова Лариса Сергіївна** — кандидат медичних наук, доцент криміналістики та судової експертології (Харків, Україна)

Розділ «Історичні науки»:

Член редакційної колегії: **Білан Сергій Олексійович** — доктор історичних наук, доцент (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Добржанський Олександр Володимирович** — доктор історичних наук, професор (Чернівці, Україна)

Член редакційної колегії: **Уразімова Тамара Володимирівна** — PhD in History of Art, доцент (Нукус, Узбекистан)

Розділ «Архітектура»:

Член редакційної колегії: **Булах Ірина Валеріївна** — кандидат архітектури (Київ, Україна)

ЗМІСТ
CONTENTS

АРХІТЕКТУРА

Самойлович Валентин Васильович
ЗАДАЧІ ДИЗАЙНУ У ПОВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА..... 10

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Ivanytsky Ihor, Zhyshko Roman
MAIN DIRECTIONS OF INNOVATIVE ACTIVITY OF CONSTRUCTION ENTERPRISES..... 13

Nazarova Karina, Malko Daniela
IMPERATIVES OF AUDITING FINANCIAL STATEMENTS OF AGRO-INDUSTRIAL
ENTERPRISES 17

Shapoval Olha
THE ROLE OF INTERNAL INVENTORY IN OPTIMIZING MANAGEMENT ACCOUNTING 22

Shynkarenko Olena
ANALYSIS AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF INVESTMENT STRATEGIES
IN ELECTORAL CAMPAIGNS 29

Базалійська Олена Василівна
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ ТА ЇХ ВПЛИВ 34

Ганцева Тетяна Валеріївна
ФІНАНСОВИЙ КОНТРОЛЬ ТА АУДИТ В ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я..... 39

Ковалевська Яна Олександрівна, Любіч Тетяна Антонівна, Суха Софія Стефанівна
АНАЛІЗ РИНКОВОГО КОНКУРЕНТНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА
КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ КОМПАНІЙ УКРАЇНИ..... 43

Москаленко Павло Сергійович
МАРКЕТИНГ МАЙБУТНЬОГО: ЯК ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ НА ОСНОВІ ШІ ТРАНСФОРМУЄ
ВЗАЄМОДІЮ З КЛІЄНТОМ 51

Мудрий Максим Анатолійович
КОРУПЦІЙНІ РИЗИКИ В ЕКСПОРТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ 57

Ольшанська Марія Володимирівна, Бекар Христина Ігорівна
УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕФІНІЦІЇ «ГОТОВА ПРОДУКЦІЯ» В ОБЛІКОВОМУ АСПЕКТІ
ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ 61

Петруня-Пилявська Наталія Анатоліївна, Устенко Андрій Олександрович
ОРГАНІЗАЦІЙНА КУЛЬТУРА. ОСНОВНІ СКЛАДОВІ КУЛЬТУРИ МЕНЕДЖМЕНТА 68

Предун Костянтин Миронович, Гулієв Джаміль Тахір огли, Кушнір Олексій Костянтинович
КОНЦЕПТУАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ
В УМОВАХ ПЕРЕХОДУ ЕКОНОМІКИ ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ..... 71

Рогоман Дар'я Сергіївна
ФОРМУВАННЯ БРЕНД-СТРАТЕГІЇ ДЛЯ БІЗНЕСУ ЯК ФАКТОР ПОСИЛЕННЯ
КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ 78

ІСТОРИЧНІ НАУКИ

Муляр Анатолій Миколайович
ДОРЕВОЛЮЦІЙНА ІСТОРИОГРАФІЯ ПОДІЛЛЯ СЕРЕДИНИ ХІХ СТОЛІТТЯ: ОСНОВНІ
ПОСТАТІ ТА НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ 86

КУЛЬТУРОЛОГІЯ

Kliuiko Oksana
KOROVAI AS AN OBJECT OF INTANGIBLE CULTURAL HERITAGE 98

МЕДИЧНІ НАУКИ

Akhtyrska Sarah (Olha)
THE IMPACT OF MANICURE AND PEDICURE PROCEDURES ON NAIL HEALTH:
PREVENTION OF ONYCHOLYSIS AND OTHER DISEASES..... 104

Білецький Володимир Євгенович
КОМУНІКАЦІЇ В ДИТЯЧІЙ ОНКОЛОГІЇ 108

ПЕДАГОГІЧНІ НАУКИ

Horodetska Natella
DEVELOPMENT OF ANALYTICAL AND SYNTHETIC ACTIVITIES IN CHILDREN
WITH MENTAL RETARDATION USING MENTAL ARITHMETIC 112

Клименко Світлана Іванівна
ФОРМУВАННЯ ЧИТАЦЬКОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ СЕМИКЛАСНИКІВ ЗАСОБАМИ
УКРАЇНСЬКОЇ ФРАЗЕОЛОГІЇ 117

Четверіков Олександр Феодосійович
УКРАЇНСЬКА ЕКСТРЕМОЛОГІЯ: СТРУКТУРНІ КОМПОНЕНТИ «A.S.U.R.» У КОНТЕКСТІ
КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ 121

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Fialko Nataliia, Abdulin Mikhailo, Godunov Daniil, Klishch Andrii
THE STRUCTURE OF THE FLOW IN MICROJET BURNERS WITH VARIABLE
AIR-EXCESS COEFFICIENTS 125

Fialko Nataliia, Stepanova Alla, Shevchuk Svitlana, Sbrodova Galyna, Novakivskii Maksym
MINIMIZATION EXERGY LOSSES OF THE COMBINED HEAT RECOVERY SYSTEM
OF BOILER PLANT 129

Haina Vladyslav
CLOUD COST OPTIMIZATION STRATEGIES FOR LARGE-SCALE DATA PROCESSING 132

Perih Anastasiia
ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR IMPLEMENTING REAL-TIME APPLICATIONS
IN THE DIGITAL ENVIRONMENT 136

Кучер Денис Андрійович, Слюсар Євген Андрійович ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОБЧИСЛЕНЬ НА РОБОЧИХ ВУЗЛАХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ КЛАСТЕРІВ	143
Литвинчук Дмитро Валерійович, Мартиненко Сергій Вікторович, Ралко Валерій Юрійович, Чебаненко Віктор Борисович, Шмигленко Олег Володимирович ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ANT COLONY OPTIMIZATION ЯК СПОСОБУ ЕФЕКТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТІВ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	150
Неделько Володимир Юрійович ІНФОРМАЦІЙНА УПРАВЛЯЮЧА СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЦИФРОВОГО ІННОВАЦІЙНОГО ХАБУ	161
Фіалко Наталія Михайлівна, Дінжос Роман Володимирович, Меранова Наталія Олегівна, Полозенко Ніна Петрівна, Ольховська Ніна Миколаївна, Юрчук Володимир Леонідович, Овчаренко Анатолій Володимирович, Малецька Ольга Євгенівна ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ГУСТИНИ ПОЛІМЕРНИХ МІКРО-І НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІАМІДУ 6.....	170
Хоменко Євген Валентинович, Костира Сергій Володимирович, Будз Володимир Павлович НЕТЕХНІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ТЕРИТОРІЙ, ІМОВІРНО ЗАБРУДНЕНИХ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ: МЕТОДОЛОГІЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.....	175
Хоменко Євген Валентинович, Краснов Роман Володимирович, Буданов Олег Валентинович, Ільїн Сергій Олександрович, Бондар Віктор Юрійович АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ТА МЕЖ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ І МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ЗАДАЧАХ ДЕТЕКТУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	180
ЮРИДИЧНІ НАУКИ	
Burlachenko Petro INSTITUTIONAL MECHANISMS OF INTERACTION BETWEEN GOVERNMENT AGENCIES AND HUMAN RIGHTS ORGANIZATIONS	190
Мошковський Андрій Олегович АДМІНІСТРАТИВНІ ПРОЦЕДУРИ РЕЄСТРАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ ЗА ДІЯЛЬНІСТЮ МОЛОДІЖНИХ І ДИТЯЧИХ ГРОМАДСЬКИХ ОБ'ЄДНАНЬ	196
ІНШЕ	
Kazko Dmytro MODULAR SOLUTIONS FOR RAPID RENOVATION OF DAMAGED FRAMELESS STRUCTURES...200	
Sapianov Yevhenii TRICHOLOGY FOR HAIRDRESSERS: HAIR ANATOMY AND PHYSIOLOGY.....	204
Levchenko Serhii MODULAR BUSINESS FRAMEWORK: A METHODOLOGY FOR TRANSFORMING FUNCTIONAL DEPARTMENTS INTO PROFIT CENTERS TO IMPROVE THE OPERATIONAL RESILIENCE OF AN ENTERPRISE.....	208
Chirkin Ihor INNOVATIVE CONSTRUCTION APPROACHES AS AN INSTRUMENT FOR REDUCING THE COST OF AFFORDABLE HOUSING	212

УДК 729.6:693.6 (075.8)

Самойлович Валентин Васильович*доктор технічних наук, професор,**професор кафедри дизайну середовища,**Київська державна академія декоративно-прикладного мистецтва і дизайну імені Михайла Бойчука***Samoylovich Valentin***Doctor of Technical Sciences, Professor,**Professor of the Department of Environmental**Mykhailo Boichuk Kyiv State Academy of Decorative Applied Arts and Design*

ORCID: 0000-0002-7064-3357

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10855

АРХІТЕКТУРА

ЗАДАЧІ ДИЗАЙНУ У ПОВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА

THE DESIGN TASKS ARE IN POST-WAR RENEWAL WAR RENEWAL OF ARCHITECTURAL ENVIRONMENT

Анотація. Публікація актуалізує питання підвищення ролі дизайну у повоєнному відновленні архітектурного середовища. Значну роль в цьому процесі відіграють архітектори і дизайнери. Якщо архітектор створює майбутній житловий простір із будівель та споруд і вписує його в оточення – в природу або в житловий квартал, то дизайнер виконує комфортну візуалізацію середовища. Це включає планування, проектування і організацію простору шляхом розробки функціональних і естетично привабливих об'єктів: будівель, парків, скверів, площ тощо. Завдяки цьому створюється гармонійне і інноваційне середовище. У роботі наведено основні задачі, які стоять перед дизайнерами при реконструкції та відновленні зруйнованої забудови міст та селищ.

Ключові слова: архітектурне середовище, повоєнне відновлення, роль дизайну, основні задачі.

Summary. The publication actualizes the issue of increasing the role of design in the post-war restoration of the architectural environment. Architects and designers play a significant role in this process. If the architect creates the future residential space from buildings and structures and enters it into the environment – in nature or in a residential quarter, then the designer performs comfortable visualization of the environment. It is planning, design and organization of space through the development of functional and aesthetically attractive objects: buildings, parks, squares. This creates a harmonious and innovative environment. The work provides the main tasks facing the designers in the reconstruction and restoration of the convenient construction of cities and towns.

Key words: architectural environment, post-war recovery, role of design, main tasks.

Дизайн архітектурного середовища це складний багаторівневий процес комплексної організації навколишнього простору. Він включає розробку ландшафтних зон і ансамблів малих архітектурних форм і міського устаткування, функціонально-естетичних рішень приміщень, їх предметного наповнення (меблі, конструкції для виставкових залів, елементи освітлення, декоративне оформлення тощо). Кінцевою метою дизайнерської діяльності є створення досконалого архітектурного середовища, яке було б максимально адаптоване до потреб окремої людини або групи людей. Таким чином першорядною задачею дизайну у повоєнному відновленні архітектурного

середовища є створення процесу комплексної організації навколишнього простору. Значну частину задач з цього напрямку вирішують фахівці з ландшафтного дизайну. Ландшафтний дизайн — це поєднання природних (рослини, водойми) та штучних (стіни, паркани, покриття, освітлення) елементів в одному просторі. Ці простори — сади, парки, зелені зони, прибудинкові ділянки — завжди функціональні, тобто закривають певну потребу, це мистецтво, спрямоване на створення балансу між людиною і природою, в основі якого розташувалися ази архітектури та проектування, ботаніки та рослинництва, а також історії та філософії. Важливою складовою ландшафт-

тного дизайну є малі архітектурні форми. Вони представляють собою невеликі споруди, які, крім функціонального призначення, відіграють важливу роль в естетичному оформленні навколишнього простору, поряд з будь-яким об'єктом. До малих архітектурних форм відносять: альтанки, фонтани, перголи, трельяжі, огорожі, містки, вазони, скульптури, садові меблі, елементи дитячих майданчиків і т.п.. Вони можуть бути виконані з каменю, дерева, металу, пластику, бетону, цегли. До малих архітектурних форм належить також велика кількість елементів благоустрою та обладнання вулиць, доріг, площ, бульварів, дворів — тобто всієї тієї проміжної зони, яка знаходиться між об'єктами «об'ємної» архітектури. До номенклатури таких елементів благоустрою та обладнання входять об'єкти, починаючи від фонтанчиків, лавок, зупинок для пасажирів транспорту, телефонів тощо і закінчуючи павільйонами. Ще одна із задач яка може стати перед дизайнером, це участь у створенні шумозахисних смуг озеленення. Захисні насадження в містах можуть використовуватись як самостійні засоби шумозахисту і разом з іншими інженерними шумозахисними спорудами. Спеціальні смуги зелених насаджень мають комплексний характер захисної дії — захист від шуму, вихлопних газів автотранспорту, абсорбція пилу та інших шкідливостей, що забруднюють повітря, а також покращання мікрокліматичних показників міського середовища. Це складне завдання вирішується, як правило, кількома фахівцями різних спеціалізацій. Для шумозахисних смуг необхідно обирати крупномірні димогазостійкі породи, які швидко ростуть і мають щільногіллясту, густу і низько опущену крону. Структура смуг повинна бути щільною, обов'язкові чагарники в підліску, який закриває підкronовий простір, у найближчій по відношенню до джерела шуму частині смуги—живопліт [1, п. 11.30]. Крім шумозахисних смуг озеленення може виникнути задача розробки і спорудження шумозахисних екранів, як найбільш ефективних будівельно-акустичних засобів зниження шуму.. За конструктивним рішенням шумозахисні екрани можуть бути у вигляді вертикальної штучної стінки або стінок іншої форми у поперечному перерізі (стінка з нахиленим козирком, стінка із спеціальними конструктивними елементами на її верхівці, що сприяють підвищенню акустичної ефективності екрана, криволінійна стінка з нахилом у бік джерела шуму тощо) з різними поздовжніми формами (прямолінійна, ламана, криволінійна, комбінована, пластична, ступінчаста тощо), а також у вигляді галереї чи тунелю [1, п. 11.11–11.39].

Одною з важливих задач дизайну у повоєнному відновленні архітектурного середовища є впровадження фасадних систем, до яких відносять озеленення будівель, сонцезахисні пристрої, сонячні батареї та декоративні фасадні системи.

Як показує світовий досвід, озеленення фасадів і дахів будинків не тільки впливає на покращення

естетичних властивостей забудови, але й поліпшує мікроклімат житлових територій. В Україні зелені технології ще не отримали належного розповсюдження, проте їх застосування є об'єктивною необхідністю, особливо у великих містах і промислових регіонах. Погіршення екологічного середовища міст, умов проживання, стану здоров'я місцевого населення, збільшення обсягів споживання енергетичних ресурсів тощо, обумовлює необхідність усунення цих наслідків урбанізації за допомогою вертикального озеленення житлових будівель та об'єктів громадського призначення.

Поряд із озелененням стін широкого застосування в світовій практиці набуло озеленення дахів, які справедливо вважають «п'ятим фасадом». Це особливо важливо для забудови різноповерховими будівлями. Як показує світовий досвід, сад на даху — це природний регулятор мікроклімату: взимку захищає від холоду, а влітку від спеки. Так, наприклад, у Німеччині озеленення даху є одною з обов'язкових умов при проектуванні нових будинків. Практично на всіх будинках в містах на дахах є зелені газони або невеликі сади. У Швейцарії також вже більше 25% міських дахів будинків відведені під сади і зелені газони. У зв'язку з цим за рахунок озеленення на третину знижуються витрати на кондиціонування і опалення. Озеленення захищає покрівлю від руйнування під впливом ультрафіолетових променів і механічних пошкоджень. Термін експлуатації покриття в цьому випадку збільшується в 2 рази. Додатковий рослинний шар утримує приблизно 20% шкідливих речовин і пилу. Крім того, рослини виробляють додатково кисень, що значно поліпшує екологію навколишнього середовища.

Використання сонцезахисних пристроїв при відновленні архітектурного середовища дає можливість вирішувати питання підвищення енергоефективності будівель і споруд та покращити їх зовнішній вигляд, надаючи їм неповторний індивідуальний характер. Просторові форми сучасних сонцезахисних пристроїв дають змогу розглядати їх як елементи дизайну міського середовища. Ефективність сонцезахисних пристроїв всіх типів залежить від грамотного проектування, що враховує кліматичну зону будівництва, географічні характеристики, хід сонця по небосхилу в різні періоди року, орієнтацію фасаду будівлі та інші параметри. В наш час існує величезна різноманітність сонцезахисних пристроїв, що розрізняються за місцем встановлення (зовнішні, міжкляні, внутрішні), по орієнтації ламелей (вертикальні, горизонтальні, похилі), за способами управління (нерегульовані, з ручним або механічним управлінням, автоматичним спостереженням за рухом сонця), за матеріалами виготовлення (алюміній, дерево, пластик, скло, полімерні плівки) і з іншими функціональними показниками. Особливий інтерес представляють адаптивні сонцезахисні пристрої, які керуються не споживачем, а автоматичною

системою: поворотні системи, підйомні і розсувні козирки, жалюзі, маркізи, штори і ін. Вони є складовою динамічної (кінетичної) архітектури — сучасного напрямку в архітектурному формоутворенні, в якому будівлі і споруди проектуються таким чином, що їх архітектурно-конструктивні елементи можуть переміщатися відносно одна до одної, подібно рослинам, реагуючи на зміни інтенсивності сонячної радіації.

Декоративні фасадні системи теж займають значне місце в сучасній практиці архітектури і дизайну. До їх складу входять як опоряджувальні матеріали, так і елементи конструкцій, сітчасті структури, перфоровані листи тощо.

Ще одна фасадна система, яка виникла відносно недавно — це сонячні батареї. Поступово сонячні батареї, які виконували тільки функції джерела енергії, для чого встановлювалися на спеціальних каркасах найчастіше на дахах будівель, стали перетворюватися в елементи зовнішнього опорядження. Пошук нових форм використання сонячної енергії йде у всьому світі. В наш час у світовій практиці виготовляють світлопрозорі сонячні батареї які застосовують для влаштування скляних фасадів, вікон, огорож, балконів тощо [2, с. 41–47].

Одною з найважливіших задач дизайну є формування здорового житлового середовища. Як відомо, екологічний підхід по створенню здорового середовища життєдіяльності забезпечує чистоту повітря, води та землі, що необхідно для підтримки фізичного здоров'я людини. Проте, як показали численні дослідження, стан здоров'я мешканців

міст залежить також від дизайну середовища — будинків, вулиць, місць відпочинку тощо. Цей підхід отримав назву салютотенний дизайн, який створює особливе середовище, що знижує тривожність і генерує відчуття добробуту, гармонії, щастя, що сприяє збереженню здоров'я людини і надихало її до активного і здорового життя. До складу житлового середовища входять комфортні житлові приміщення, будинок та прилегла територія, а також міське природне середовище, транспортна система житлового району, районна інфраструктура та інше. За даними Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ) на здоров'я людини впливають чотири групи факторів у співвідношенні: медичне забезпечення — 8–10%; генетичні фактори — 18–20%; стан довкілля — 20%; умови та спосіб життя — 50–55%. Як бачимо, домінуюче значення має спосіб життя, тому ВООЗ констатувала, що боротьба за здоров'я має вестися там, де людина проводить більшу частину часу: вдома, на роботі, у школах, держустановах та інших місцях її постійного перебування. Відповідно до цього підходу основна стратегія у збереженні здоров'я нації — не лікування, а профілактика захворювань за рахунок створення сприятливого середовища для здорового способу життя. Продумана організація простору мотивує людей на піші прогулянки, їзду на велосипеді, спортивні ігри та інше. Високий рівень озеленення також стимулює фізичну активність, тим самим забезпечуючи додаткову профілактику захворювань і зміцнення здоров'я [3, с. 3–6].

Література

1. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму. Набрання чинності з 01.06.2014. Київ : Міністерство регіонального розвитку України, 2014. 75 с.
2. Самойлович В. В. Сонячні батареї як складова зовнішнього опорядження будівель. *Містобудування та територіальне планування: Науково-технічний збірник*. К. : КНУБА, 2017. Вип. 64. 582 с.
3. Самойлович В. В., Юнаков С. Ф. Принципи формування здорового житлового середовища як складової салютотенного дизайну. К. : Київський національний університет технологій та дизайну : Збірник ART AND DESIGN. 2021. № 4 (16). 10 с.

UDC 330.341.1:69

Ivanytsky Ihor

*Postgraduate of the
Lviv Polytechnic National University*

Іваницький Ігор Богданович

аспірант

Національного університету «Львівська політехніка»

ORCID: 0009-0008-3267-8015

Zhyshko Roman

*Postgraduate of the
Lviv Polytechnic National University*

Жишко Роман

аспірант

Національного університету «Львівська політехніка»

ORCID: 0009-0002-1087-7466

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10947

MAIN DIRECTIONS OF INNOVATIVE ACTIVITY OF CONSTRUCTION ENTERPRISES

ОСНОВНІ НАПРЯМИ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Summary. Introduction. In the current conditions of globalization and technological revolution, the construction industry is undergoing significant changes that require rethinking traditional approaches to the organization of production processes. The growth of requirements for quality, environmental friendliness, and energy efficiency of construction projects necessitates the implementation of innovative solutions at all stages of the project life cycle. Innovative activity is becoming not just a competitive advantage, but a prerequisite for the successful development of construction enterprises. However, the lack of a comprehensive approach to the classification of innovation areas in construction hinders the effective implementation of innovation strategies.

Purpose. The main purpose of this study is to analyze existing scientific approaches to the classification of innovation areas in the construction sector, systematize the main areas of innovation by key characteristics (technological, economic, social, environmental, infrastructure) and develop practical recommendations for activating the innovative activity of construction enterprises in the context of digitalization and growing environmental challenges.

Materials and methods. The work used methods of content analysis of scientific publications, comparative analysis of various approaches to the classification of innovations, methods of systematization and generalization. To achieve the set goal, modern scientific research on the topic of innovative activity in construction was processed.

Results. As a result of the study, it was determined that the main areas of innovative activity of construction enterprises are: technological innovations; economic innovations; social innovations; environmental innovations; infrastructure innovations.

Prospects. Further research should be aimed at developing specific models for implementing innovations at construction enterprises of various scales, assessing the economic efficiency of individual innovative solutions, studying the features of managing innovative activities in small and medium-sized construction companies. It is also important to study the impact of digitalization on changing the employment structure in the construction industry and identifying opportunities for forming sustainable urban environments using the latest construction technologies.

Key words: innovation, construction, technological innovation, green construction, digitalization of the construction industry.

Анотація. Вступ. У сучасних умовах глобалізації та технологічної революції будівельна галузь зазнає істотних змін, що вимагають переосмислення традиційних підходів до організації виробничих процесів. Зростання вимог до якості, екологічності, енергоефективності будівельних об'єктів зумовлює необхідність впровадження інноваційних рішень на всіх етапах життєвого циклу проєктів. Інноваційна діяльність стає не просто конкурентною перевагою, а обов'язковою

умовою успішного розвитку будівельних підприємств. Проте відсутність комплексного підходу до класифікації напрямів інновацій у будівництві стримує ефективну реалізацію інноваційних стратегій.

Мета. Основною метою даного дослідження є аналіз існуючих наукових підходів до класифікації напрямів інноваційної діяльності в будівельній сфері, систематизація основних напрямів інновацій за ключовими ознаками (технологічною, економічною, соціальною, екологічною, інфраструктурною) та розробка практичних рекомендацій щодо активізації інноваційної діяльності будівельних підприємств в умовах цифровізації та зростання екологічних викликів.

Матеріали і методи. У роботі використано методи контент-аналізу наукових публікацій, порівняльного аналізу різних підходів до класифікації інновацій, методи систематизації та узагальнення. Для досягнення поставленої мети були опрацьовані сучасні наукові дослідження з тематики інноваційної діяльності в будівництві.

Результати. У результаті проведеного дослідження було визначено, що основними напрямками інноваційної діяльності будівельних підприємств є: технологічні інновації; економічні інновації; соціальні інновації; екологічні інновації; інфраструктурні інновації.

Перспективи. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розроблення конкретних моделей впровадження інновацій на будівельних підприємствах різного масштабу, оцінку економічної ефективності окремих інноваційних рішень, вивчення особливостей управління інноваційною діяльністю у малих і середніх будівельних компаніях. Важливими є також дослідження впливу цифровізації на зміну структури зайнятості у будівельній галузі та виявлення можливостей для формування стійких міських середовищ за допомогою новітніх будівельних технологій.

Ключові слова: інновації, будівництво, технологічні інновації, екологічне будівництво, цифровізація будівельної галузі.

Problem statement. In today's conditions of rapid changes in the technological environment and growing requirements for the quality and energy efficiency of buildings, innovative activity is becoming a key factor in the development of construction companies. The construction industry, which was traditionally considered quite conservative, is currently experiencing a period of deep transformation. The use of the latest technologies, the introduction of digital solutions, the use of environmentally friendly materials and methods of "green" construction are becoming not only a competitive advantage, but also an objective necessity for the successful operation of companies in the market.

Innovative development directions cover all stages of the construction process — from design and preparation for construction to the operation of facilities. The use of BIM technologies (Building Information Modeling), 3D printing, process automation, energy-efficient systems, as well as the integration of sustainable development principles are setting new standards in the construction industry. Innovative project management is also gaining particular importance, which allows you to optimize costs, reduce work deadlines and improve the quality of the final product.

The relevance of the study is due to the need to find effective mechanisms for introducing innovations into the activities of construction enterprises, taking into account the growing competition in the domestic and international markets. A systematic approach to the development and implementation of innovation strategies is the key to increasing the competitiveness of enterprises, their financial stability and compliance with modern challenges.

Analysis of recent research and publications.

Stelmashchuk A. M. determines that "Directions for the development of innovative activity of enterprises in the construction industry should be based on the principles and methods of innovation activity itself, and

also take into account the technological features of construction enterprises" [1, p. 65]. Zinchenko M. M., summarizing numerous studies, notes that the main directions of innovative activity of construction enterprises are grouped into the following groups: "technological, involving the development and implementation of new technologies for the production of building materials and structures, aimed at optimizing the construction process: reducing the construction cycle; improving the material and technical base; improving the quality of building structures and materials; economic, ensuring the investment attractiveness of construction and the profitability of enterprises; social, creating conditions for meeting consumer needs, preserving architectural monuments, increasing the share of social housing; environmental, improving the environmental safety of production, reducing harmful impacts on the environment and people; infrastructural, creating conditions for the formation of institutional structures for innovative support of production activities — from the creation of a scientific and technical idea to the production and implementation of science-intensive products and technical solutions" [2, p. 168].

Romanova L., Grigierman E. identify the following main modern directions of innovation in construction as "the development of ecological construction, compliance with global energy efficiency standards, implementation of the vector for digitalization, in particular, the concept of a "smart" house, the use of new "smart" materials and innovative construction technologies, including 3D construction technologies, the development of new approaches to design, etc." [3, p. 99].

Thus, attempts have been made to generalize the list of the main directions of innovations in construction in modern conditions, depending on the various goals of the research. However, in the economic literature, more attention is paid to technological, environmental and partly — infrastructure innovations

in construction. However, there is no comprehensive approach to the characterization of the main directions of innovations in construction by specific groups.

Formulation of the objectives of the article (statement of the task). The purpose of this article is to comprehensively determine the main directions of innovation activity of construction enterprises in modern conditions of transformation of the world economy, increasing requirements for environmental friendliness, energy efficiency and manufacturability of construction processes. The study is aimed at generalizing existing approaches to the classification of innovations in construction and developing a systemic vision of the development of innovation processes in the industry.

To achieve the goal, the following tasks are defined in the article:

- to analyze existing scientific approaches to the classification of innovation directions in construction;
- systematize the main areas of innovation activity according to technological, economic, social, environmental and infrastructure characteristics;
- offer recommendations for activating innovation activity in the construction sector in the context of global digitalization and environmental challenges.

Presentation of the main material. Based on the systematization of the analyzed approaches, a generalized structure of the main directions of innovative activity of construction enterprises was formed:

Technological innovations include the introduction of new construction technologies, for example, 3D printing of structural elements, the use of BIM modeling (Building Information Modeling) at all stages of the object's life cycle, the use of "smart" materials with improved properties. Technological innovations contribute to reducing construction times, improving the quality of structures, and reducing operating costs [4].

Economic innovations are associated with the search for new financial instruments for construction, optimizing costs for design and implementation of facilities, developing public-private partnership models, and attracting investments for the implementation of energy-efficient solutions. Digital platforms for managing investment projects are gaining particular importance.

Social innovations involve the development of housing construction with an orientation towards social programs, preserving historical heritage, and increasing the accessibility of housing for the general population. Such innovations also include the creation of a comfortable urban environment through the implementation of smart city concepts and urban spaces.

Environmental innovations are becoming an integral part of construction projects, given the growing demands for sustainable development. The use of energy-efficient materials, zero-carbon technologies, water reuse systems, and the implementation of "green" construction principles are areas that are gaining strategic importance in the international construction business [5].

Infrastructure innovations are aimed at creating conditions for continuous support of the innovation cycle — from scientific developments to their implementation in production practice. This includes the development of clusters of construction innovations, investments in research and development centers, and the development of educational programs for training new generation personnel.

The results of the analysis allow us to conclude that innovation activities should cover all components of the construction process and be an integrated part of the enterprise's development strategy. An important aspect of efficiency is the combination of different types of innovations within the framework of comprehensive business modernization programs.

Therefore, it is advisable for most construction companies in Ukraine to implement a set of measures to activate innovative activity in the construction sector:

- Creation of internal innovation units at construction companies to coordinate the search, adaptation and implementation of new technologies.
- Active use of digital platforms for project management, progress monitoring, communication with customers and contractors.
- Formation of partnerships with research institutions to develop and implement innovative solutions.
- Implementation of energy management systems at construction sites to achieve energy efficiency standards.
- Development of employee competencies focused on mastering digital tools and principles of sustainable construction.

Thus, the innovative activity of construction companies should become a basic prerequisite for their competitiveness and adaptability in the global environment. Unlike existing approaches, the work focuses on the need to integrate all types of innovations into a single strategy for the transformation of construction enterprises.

Conclusions and prospects for further research. The study has established that innovation is a key factor in increasing the competitiveness of construction enterprises in modern conditions of digital transformation and increasing environmental challenges. The systematization of areas of innovation activity according to technological, economic, social, environmental and infrastructural characteristics has made it possible to propose a comprehensive approach to the development of innovations in the construction industry. Innovations should cover the entire life cycle of a construction project — from design to operation — and be based on the principles of sustainable development, effective resource management, the use of digital technologies and flexible management.

The scientific novelty of the study lies in the fact that the proposed structure of innovation areas allows taking into account multidirectional factors of the industry's development and integrating them into the development strategies of construction enterprises.

Prospects for further research include developing mechanisms for adapting construction companies to the conditions of the digital economy, assessing the economic efficiency of implementing innovative technologies, developing partnership models with scientific institutions, and analyzing the impact of digitalization

on changing the professional structure of employment in the construction sector. Another important area is the study of the impact of environmental innovations on the formation of sustainable cities and the development of “smart” urbanism.

Література

1. Стельмашук А. М. Формування механізму управління інноваційним розвитком підприємств сфери виробництва будівельних матеріалів. *Інноваційна економіка*. 2015. № 4 (59). С. 61–71.
2. Зінченко М. М. Основні форми та напрями інноваційної діяльності будівельних підприємств. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 7–8 листопада 2023 року) у 2-х ч. / за заг. ред. В. М. Лича. Ч. 1. Київ : КНУБА, 2023. 252 с.
3. Романова Л., Грігерман Є. Передумови й чинники інноваційного розвитку будівельної галузі України в період війни та повоєнного відновлення. *Розвиток міста*. 2024. № 1. С. 95–103. <https://doi.org/10.32782/city-development.2024.1-13>.
4. Mayouf M., Afsar F., Iqbal A., Javidroozi V., Mohandes S. R. Synergies between digital construction technologies in smart buildings and smart city development to meet building users' expectations. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, No 8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28585>.
5. Banihashemi S., Meskin S., Sheikhhoshkar M., Mohandes S. R., Hajirasouli A., Le Nguyen Kh. Circular economy in construction: The digital transformation perspective. *Cleaner Engineering and Technology*. 2024. Vol. 18. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100715>.

References

1. Stelmaschuk, A. M. (2015). Formation of the mechanism for managing the innovative development of enterprises in the field of building materials production. *Innovatsiina Ekonomika*, 4(59), 61–71.
2. Zinchenko, M. M. (2023). Main forms and directions of innovative activity of construction enterprises. In V. M. Lych (Ed.), *Problems of the genesis of the economy of intellectual and innovative capital: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference* (Kyiv, November 7–8, 2023) (Vol. 1, pp. 252). Kyiv: KNUBA.
3. Romanova, L., & Hriherman, Ye. (2024). Preconditions and factors of innovative development of Ukraine's construction sector during the war and post-war recovery. *Rozvytok Mista*, 1, 95–103. <https://doi.org/10.32782/city-development.2024.1-13>
4. Mayouf, M., Afsar, F., Iqbal, A., Javidroozi, V., & Mohandes, S. R. (2024). Synergies between digital construction technologies in smart buildings and smart city development to meet building users' expectations. *Heliyon*, 10(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28585>.
5. Banihashemi, S., Meskin, S., Sheikhhoshkar, M., Mohandes, S. R., Hajirasouli, A., & Le Nguyen, Kh. (2024). Circular economy in construction: The digital transformation perspective. *Cleaner Engineering and Technology*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100715>.

Nazarova Karina

*Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of the Department of Financial Analysis and Audit,
State University of Trade and Economics*

Malko Daniela

*Master's Student of the Faculty of Finance and Accounting
State University of Trade and Economics*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10872

IMPERATIVES OF AUDITING FINANCIAL STATEMENTS OF AGRO-INDUSTRIAL ENTERPRISES

Summary. *Agro-industrial sector of Ukraine remains strategically important for the national economy, however he constantly encounters new challenges that significantly affect efficiency management enterprises industries. Among such challenges are military actions that violate logistical chains and financial stability agricultural companies, as well as global economic oscillation and amplification competition in world markets. In these conditions increases the significance of financial audit reporting as effective tool software transparency, control and trust in agrarian business from investors, partners and the state.*

In the article revealed key financial audit imperatives reporting agro-industrial enterprises, among which is a necessity reinforced attention to the risks inherent agricultural sector, and adaptation audit procedures to new ones realities. The author analyzes how digitalization, automation and the use of the newest technologies change approach to verification financial indicators and assessments assets that have specific nature in rural farm. Separately attention given challenges that arise in conditions martial law, which creates additional risks to reliability and completeness financial information.

In addition, in the article highlighted international experience organization of audit in agriculture field where leading countries are actively implementing innovative approaches to management risks and financial control reporting enterprises agricultural sector. Emphasis is placed on the fact that exactly qualitative audit allows agricultural enterprises to be more resistant to economic shocks and provides better preparation for engagement investments.

In practical part proposed specific ways to improve audit procedures, including application modern IT tools for analysis financial data, more deep assessment risks and preparation recommendations for management agricultural enterprises of proper organizations financial reporting. The importance of cooperation between auditors and management personnel of agricultural companies to increase qualities financial control and provision stable development business.

Results research can be useful for both auditors who working in the agribusiness industry, as well as for owners and managers agricultural enterprises that strive to increase financial transparency and sustainability their own companies in conditions modern calls.

Key words: *agro-industrial enterprise, financial audit reporting, risks, agricultural sector, management, digitalization, audit procedures, stability business.*

Agro-industrial complex of Ukraine traditionally a pillar of national economy and plays a role a key role in ensuring food security as inside countries, as well as in international markets. However modern realities functioning of agribusiness much complicated by the combination of external and internal factors [1, p. 2]. Armed conflict in the territory Ukraine, permanent changes in legislation, fluctuations world product prices rural economy and aggravation global economic risks posed by agricultural enterprises face a number of critical challenges. In the conditions such instability

the need for effective mechanisms financial control and provision transparency business. It is the audit of the financial reporting becomes not only mandatory procedure, but also important tool strategic management risks and increase trust in businesses agricultural sector [1, p. 5].

Feature agricultural companies lies in the specificity their activities: seasonality production cycles, dependency from natural and climatic conditions, high volatility product prices, as well as necessity management biological assets and agricultural inventories

products. All these factors create additional difficulties for auditors during inspection financial reporting agricultural enterprises. In addition, martial law significantly affected the physical condition of the assets, compliance terms implementation contractual liabilities, financial discipline and stability of the agrarian business as a whole. This requires from auditors new approaches to assessment risks and developments verification methods adapted to the realities [2, p. 8].

Today, an audit in the agricultural sector industries gradually is transforming under influence digitalization and automation, which allows optimize volume and quality audit procedures, reduce time spent on collection and analysis information, use analytical tools for detection atypical operations and risks fraud. Many countries agro-industrial enterprises are already actively implementing electronic document flow, automated systems accounting and management, which also changes approaches to the audit [2, p. 13].

Research financial audit imperatives reporting agricultural enterprises in modern conditions is relevant not only for improving inspection practices domestic companies, but also to borrow positive international experience. Given the strategic importance of the agricultural sector for Ukraine, a qualitative audit allows enterprises to be more ready for the unexpected economic challenges, strengthen your positions in domestic and foreign markets, as well as raise trust from creditors, investors and regulators organs [2, p. 14].

The purpose of this the work is highlighting main directions improvement audit procedures in the field agro-industrial production, analysis modern trends development of audit in the agricultural sector and the formation of practical recommendations for auditors and managers agricultural companies.

In modern times understanding, audit means verification and confirmation financial reporting an expert in the field accounting, now known as an auditor. The main purpose is to ensure the accuracy, legality and completeness of accounting data and financial reporting [3, p. 8]. Auditors carefully analyze documents and reports companies to provide their conformity established standards. Over time, definitions of auditing have changed and evolved. Historical development this one industries led to the emergence different audit approaches and methods. Each new definition reflects improving audit practices. Thus, auditing today is an important compound financial activities that constantly is evolving. Audit is independent audit financial reports and operations companies for confirmation their accuracy and compliance established standards. It is conducted by an auditor who analyzes documents, reports and systems internal control of the company. The purpose of the audit is to identify possible mistakes, fraud or non-compliance legislative requirements. Audit results are provided in the form of audit conclusion that helps shareholders, management and others stakeholders to accept justified solution [3, p. 11].

And the financial side reporting — audit verification service data accounting and indicators financial reporting and consolidated financial reporting legal entity or representative offices foreign subject management for the purpose of expressing the auditor's independent opinion on its compliance in all essential aspects of the requirements provisions (standards) of accounting, international standards financial reporting or other rules [3, p. 14].

The legal basis for conducting an audit aimed at creating a system of independent financial control in order to protect the interests of the owner is determined by: the Law of Ukraine “On Auditing Activities” (hereinafter referred to as the Law), the National Audit Standards, the Code of Professional Ethics of Auditors of Ukraine, other legislative and regulatory acts of Ukraine. The provisions of the Law are valid on the territory of Ukraine and apply to all economic entities regardless of the forms of ownership and types of activity. In cases where an international treaty to which Ukraine is a party establishes rules other than those contained in the Law, the rules of the international treaty shall apply [4, p. 4].

Ukraine's transition to market relations necessitates the creation of economic institutions that regulate the relationships between various business entities. The leading place in this process should be taken by the auditing institution. This is especially important for agriculture, where fundamental changes have occurred.

The situation in agriculture requires such an organization of independent control that would contribute to the validity of management decisions based on taking into account identified violations in accounting, financial and tax reporting [4, p. 9].

In this regard, the audit of agricultural enterprises should be organized and conducted according to such methodological approaches that ensure reliable verification of the compliance of the reflection in the accounting registers and reporting of fixed assets, animals, seeds and feed, mineral fertilizers, pesticides, fuel and lubricants, spare parts, raw materials and other materials available in the farm for the period of the audit, as well as their receipt and disposal, the timeliness and reliability of the reflection of settlements with suppliers for purchased stocks or services provided (work performed), as well as for the payment of loans and taxes; the correctness of the reflection of production costs, the full accounting of manufactured products, the reliability of its calculation and assessment during processing and sale; determination of financial results; the correctness of the application of sales prices, discounts and mark-ups to them, the preparation of accurate, complete and timely reporting in accounting and reporting of economic facts, obtain evidence to confirm it and convey this truth through an audit opinion to information users [5, p. 1].

The development of market relations has become a prerequisite for the growing need for auditing agricultural enterprises.

Conducting an audit in agricultural enterprises has its own characteristics, which are associated with the specifics of the organization of production, technological processes, accounting and taxation in this industry. The agricultural sector has a number of characteristic features that directly affect both the organization of the activities of enterprises and the methods of conducting an audit. Among them [5, p. 12]:

- specific legal status of agricultural enterprises and associations, as well as the peculiarities of the financial structure of the agribusiness;
- the presence in the accounting of objects that are not present in other industries (young animals and animals for fattening, perennial plantings, formation of the main herd, etc.);
- cost accounting and cost calculation in crop and live-stock production, taking into account the impact of biological cycles;
- specifics of tax breaks and subsidies in the agricultural sector;
- special procedure for accounting for the processing of agricultural products on the terms of toll-based raw materials;
- issues of privatization and intra-farm land and property relations.

Because of these features, the auditor's tasks also become more specific.

Accounting at agricultural enterprises is conducted partly according to the journal-order system, partly according to the memorial -order system. Specific accounting registers, primary documents, and planning and regulatory documentation are used here.

During an audit, sources of information include not only primary documents, but also process maps, estimate documentation, cost calculations, etc [6, p. 10].

The auditor pays special attention to checking cash transactions — compliance with the cash balance limit set by the enterprise, the correctness of cash spending, and the timeliness of their transfer to the bank. For example, for farms that are exclusively engaged in the production and sale of agricultural products, such a limit is not set at all.

The auditor also controls the procedure for paying salaries — farms must receive funds for wages exclusively through bank cash desks. At the same time, enterprises have the right to store cash received for salaries and material assistance for up to five business days [6, p. 11].

When checking livestock accounting, the auditor analyzes primary documents and accounting registers — animal movement books, farm reports, information on the movement of the main herd, etc. Particular attention is paid to the reconciliation of data on the movement of animals by sex and age groups, the number of feeding days, debit and credit turnovers

on the account “Animals for breeding and fattening” [7, p. 5].

The auditor also checks the correctness of budget settlements, taking into account the benefits provided for by law for the agricultural sector: special rates for water fees, benefits for land fees, value-added tax, etc. For example, agricultural producers may not pay land tax for plots under young orchards until they begin to bear fruit [7, p. 10].

Regarding VAT, the auditor takes into account special conditions: for example, the provision of services for the repair of social facilities in rural areas or the transfer of products to individuals — owners of land shares, within the limits established by law, are not taxed.

The auditor also draws attention to the specifics of wage payment in the agricultural sector, where payment in products may be practiced. This allows enterprises to take into account local characteristics and customs.

In general, the audit of agricultural enterprises requires a comprehensive approach and consideration of industry nuances — from technological processes to the specifics of accounting and tax accounting [8, p. 3].

In order to achieve the goal of the profession of an independent auditor — ensuring a high professional level of services to achieve maximum work efficiency aimed at meeting the needs of Ukrainian society — he is obliged to adhere to the basic principles of auditing.

Auditing the financial statements of agro-industrial enterprises is not just a standard check of the numbers on the balance sheet or income statement. It is a complex process that has its own priorities and characteristics, dictated by both the specifics of the industry itself and the economic conditions in which it operates [9, p. 5].

First of all, it is important to remember that the agricultural sector is seasonal. This means that income and expenses do not occur evenly throughout the year, but in waves — in accordance with the cycles of sowing, growing and harvesting. For the auditor, this is a signal: financial statements need to be analyzed taking into account seasonal fluctuations and business cycles.

Another important aspect is the presence of a large number of biological assets in enterprises. For example, during the audit process, it is important to check not only the correctness of their valuation, but also the enterprise's compliance with the principles of accounting for such assets at fair value. In the case when the enterprise is unable to determine the fair value, accounting at cost, taking into account depreciation, is possible. But is this applied correctly? Is there confirmation in the form of primary documents and calculations? These are the questions that the auditor asks himself [9, p. 10].

Another imperative of an audit in the agricultural sector is to verify subsidies, grants, and other types of government support received by enterprises. The auditor must verify whether the enterprise correctly

reflects these funds in its financial statements, whether they meet the criteria for income or liabilities, and whether the procedure for their intended use has not been violated.

An equally important task is to assess the risks inherent in agriculture. For example, this concerns the dependence of business on weather conditions, fluctuations in prices for agricultural products and resources, as well as the impact of military operations on the stability of enterprises' operational activities.

Modern auditing in the agricultural sector cannot ignore the issues of environmental standards and sustainable development. Many agricultural enterprises today are faced with requirements for compliance with environmental standards, especially if they cooperate with foreign partners. The auditor should pay attention to the presence of appropriate expenses and reserves in the reporting related to possible environmental liabilities [10, p. 1].

Thus, the imperatives of auditing agro-industrial enterprises are, first of all, a guide to the peculiarities of agricultural business, an understanding of its risks and the specifics of accounting. The auditor here does not simply check the "correctness of the numbers", but also assesses the stability of the enterprise in conditions of instability and the ability to adapt to changes in the external environment.

In recent years, the agricultural sector has been going through a period of significant changes, and auditing as an element of control and support for business transparency is also transforming. Now the auditor no longer just checks documents — he must be focused on modern challenges and be able to work in conditions where risks and instability have become commonplace [10, p. 3].

The automation of accounting processes and the introduction of digital technologies have significantly changed the approach to auditing. Today, agricultural companies are actively using ERP systems, cloud services for accounting, and electronic document management. This significantly facilitates auditors' access to information and allows them to analyze financial data faster and more accurately. At the same time, digitalization creates new risks — for example, cyber threats or errors in automated systems that may be invisible at first glance. Therefore, a modern auditor must have not only accounting knowledge, but also be familiar with digital platforms and IT security.

Auditing in the agricultural sector today is unimaginable without taking into account the realities of martial law. Some enterprises are faced with temporary occupation of territories, suspension or reduction of activities, loss of property. Auditors should also pay attention to innovations in tax and financial legislation, which often change in wartime. Added to this

is the influence of global factors, such as inflation, rising prices for fertilizers, fuel, and logistics. In such conditions, audit becomes a tool not only for checking the correctness of reporting, but also for assessing the ability of the enterprise to survive and develop in an unstable environment [11, p. 3].

World practice shows that the agricultural sector in different countries faces similar challenges. For example, in the EU, great attention is paid to compliance with the principles of sustainable development and environmental standards. Auditors abroad are increasingly including in their audits an assessment of ESG factors (environmental, social and governance aspects). The direction of agricultural forensic analysis is also developing — the search and prevention of fraud and corruption in large agricultural corporations. For Ukraine, this experience can become a useful guide, especially for enterprises that are export-oriented and cooperate with foreign partners [11, p. 2].

Among the priority tasks is in-depth analysis of financial reporting, taking into account seasonality and the specifics of agricultural activity. Auditors should pay more attention to the procedure for assessing biological assets and forming reserves in case of force majeure. It is also advisable to use modern tools for monitoring risks and implement new audit methodologies that take into account the digital transformation of the agricultural sector.

For risk management, it is useful to use tools such as a risk-based approach to auditing, analysis of supply chains and counterparties, as well as stress testing of the financial stability of the enterprise. In war conditions, analysis of operational risks related to logistics and product supply, as well as verification of the availability of insurance for the enterprise's property and assets, are especially relevant.

Managers should prepare for the audit in advance: ensure high-quality record-keeping, timely update internal regulations, policies for accounting for bioassets and other specific items. It is also important to organize internal control and implement a risk management system to minimize possible remarks from auditors.

Therefore, a modern audit in the agribusiness sector is no longer just a formal check of numbers. It is a tool that allows agribusinesses to obtain an objective assessment of their resilience, ability to withstand risks, and adapt to new realities.

A quality audit enables owners and managers to make informed decisions, attract investments, and confidently navigate an unstable economic environment. In the context of martial law, digitalization, and global challenges, this process becomes even more important for the sustainable development of agricultural enterprises.

References

1. Methods and organization of accounting and audit of financial results of enterprises activity. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/18021/1> (access date: 05.03.2025).
2. Сурніна К. С. Аналітичні процедури в аудиті: методологія та організація: автореф. дис д-ра екон. наук: 08.00.09. Київ, 2022. 35 с.
3. Analytical procedures. URL: <https://www.accaglobal.com/hk/en/student/exam-support-resources/professional-exams-studyresources/p7/technical> (access date: 05.03.2025).
4. Association of Chartered Certified Accountants. URL: <https://www.accaglobal.com/gb/en.html> (access date: 05.03.2025).
5. Audit procedures for obtaining audit evidence. URL: <http://www.oagbvg.gc.ca/internet/methodology/performance> (access date: 05.03.2025).
6. European Court of Auditors, Guide to our methodology, 2023. URL: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/ECA_methodology_guide/ECA_methodology_guide-EN.pdf (access date: 05.03.2025).
7. Improving and maintaining audit quality. URL: <https://asic.gov.au/regulatory-resources/financial-reporting-and-audit/auditors/improving-and-maintaining-audit-quality> (access date: 05.03.2025).
8. International Federation of Accountants. URL: <https://www.ifac.org/> (access date: 05.03.2025).
9. International standard on auditing 500 audit evidence. URL: <https://www.ifac.org/system/files/downloads/a022-2010-iaasb-handbook-isa-500.pdf> (access date: 05.03.2025).
10. Intosai, Fundamental Principles of Financial Auditing, 2019. URL: <https://www.issai.org/wp-content/uploads/2019/08/issai-200.pdf> (access date: 05.03.2025).
11. Obtaining and documenting sufficient appropriate evidence on which to base the auditor's opinion is one of the main objectives of an audit of financial statements. URL: <https://www.accaglobal.com/an/en/member/discover/cpd-articles/auditassurance/specific-considerations.html> (access date: 05.03.2025).

Shapoval Olha*Master's Degree in Specialty "Intellectual Property"
Ukrainian Engineering Pedagogical Academy*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10875

THE ROLE OF INTERNAL INVENTORY IN OPTIMIZING MANAGEMENT ACCOUNTING

Summary. This article explores internal inventory as a tool for enhancing the efficiency of management accounting in modern business environments. The relevance of the study stems from the growing need to improve inventory management practices to strengthen an organization's financial stability and ensure the accuracy of accounting data – an essential prerequisite for sound managerial decision-making. The novelty of the research lies in the comprehensive systematization and analysis of contemporary internal inventory procedures, including physical counts, cycle counting, differentiated inventory control based on ABC analysis, and advanced automation technologies using the Internet of Things (IoT). The study outlines and examines internal control and stock audit procedures in detail, evaluating their impact on improving the reliability and quality of management accounting data. Special attention is given to analyzing the effectiveness of practical IoT applications in inventory monitoring, which significantly reduce the influence of human error and improve the responsiveness of control processes. The research is focused on identifying the mechanisms through which internal inventory contributes to optimizing management accounting processes. To achieve this, the study applies methods such as comparative analysis, analytical review, and synthesis of current academic sources. The conclusion highlights the specific positive effects of implementing the described internal inventory methods on the performance indicators of management accounting. The article is intended for professionals in management accounting, financial management, internal auditing, and inventory control.

Key words: management accounting, internal inventory, cycle counting, ABC analysis, IoT technologies, accounting automation, inventory control, internal audit, financial indicators, inventory optimization.

Introduction. Management accounting, focused on the internal needs of organizational governance, relies on accurate inventory data for planning, control, and decision-making. Effective inventory management enhances operational efficiency and financial stability, while poor inventory control may lead to overstocking, capital being tied up, or product shortages — all of which negatively impact costs and customer service levels.

In response to these challenges, many companies adopt internal inventory as part of their internal control systems. Internal inventory refers to the regular process of checking and reconciling physical inventory levels with accounting records within the organization. The goal is to ensure the reliability of inventory data used in management reports. Implementing effective internal inventory procedures contributes to improved accounting accuracy, optimized stock levels, and, consequently, better key financial indicators. Thus, the relevance of this study lies in understanding the role of internal inventory in improving management accounting and the methods by which inventory control can enhance accounting processes.

The purpose of this analytical article is to examine the impact of internal inventory procedures on the optimization of management accounting. The study explores key methods of internal inventory (including physical counts, cycle counting, ABC analysis, and others), analyzes their effect on accounting accuracy and financial performance, and presents implementation outcomes based on current literature.

Materials and Methods. This article draws on research and materials from the following sources. Carr, Riggs & Ingram¹ investigated internal control procedures and their effectiveness in inventory storage and management. T. Allers² proposed approaches to inventory auditing aimed at identifying stock surpluses and shortages. D. Patil and A. Bhaumik³ demonstrated, using warehouse locations as case studies, the benefits

¹ Carr, Riggs & Ingram. (2019). Using internal controls to keep a record of your inventory: Storing & managing inventory. <https://www.criadv.com/insight/internal-inventory-controls-storage-management/>

² Intuendi. (2024). Inventory audit (T. Allers, Author). <https://intuendi.com/resource-center/inventory-audit/>

³ Patil, D., & Bhaumik, A. (2024). IoT innovations as a strategy for minimizing construction expenses. *Journal of Machine and Computing*, 349–359. <https://doi.org/10.53759/7669/jmc202404033>

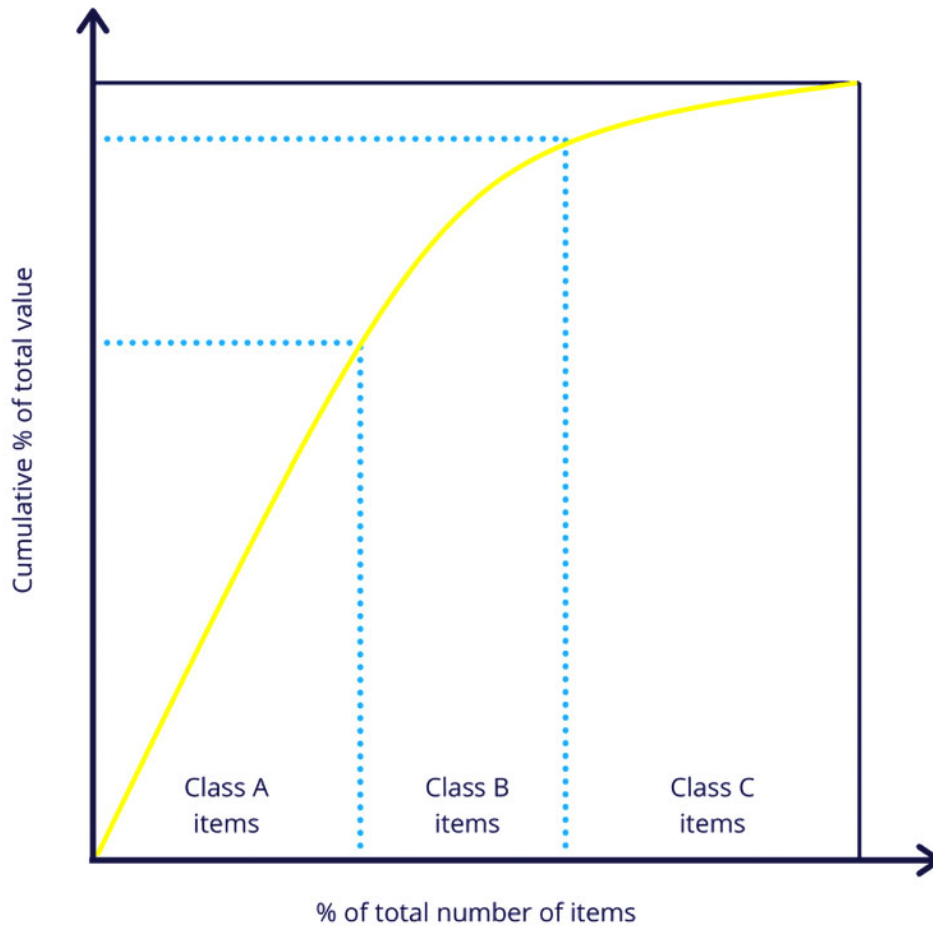


Fig. 1. ABC Classification of Inventory⁸

of IoT technologies in inventory processes, showing significant improvement in data accuracy. M. Kuuse and P.J. Scott⁴ elaborated on the principles and advantages of ABC inventory analysis for differentiated control. H.D. Pramudito and co-authors⁵ analyzed the relationship between internal control systems and the quality of accounting information at a manufacturing enterprise. KnowledgeLeader⁶ provided practical recommendations for implementing best practices in inventory management. Materials from CFI Education Inc⁷, related to inventory auditing were also used to ensure alignment with internal control standards.

The research methods included comparative analysis, analytical literature review, data systematization, and synthesis of results.

⁴ Kuuse, M., & Scott, P. J. (2024). ABC analysis (80/20 rule) in inventory management. <https://www.mrpeasy.com/blog/abc-analysis/>

⁵ Pramudito, H. D., Kamar, K., Bakri, A., Husaini, & Pratiwi, N. (2024). Analysis of internal inventory control systems and accounting information systems for product stock inventory in a national corporate wear manufacturing company. *Jurnal Informasi dan Teknologi*, 5(4), 305–311. <https://doi.org/10.60083/jidt.v5i4.457>

⁶ KnowledgeLeader. (2019). How to use the 5 best practices of inventory management. <https://info.knowledgeleader.com/how-to-use-the-5-best-practices-of-inventory-management>

⁷ CFI Education Inc. (n.d.). Auditing inventory. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/accounting/auditing-inventory/>

Results. Internal inventory involves a range of procedures aimed at verifying and controlling inventory within an organization.

A full (complete) inventory involves periodically physically counting all of the organization’s goods and materials and comparing them with accounting records. This approach provides the most thorough check, but is typically conducted infrequently (e.g., annually) due to the significant time and resource costs. Cycle counting, on the other hand, spreads the inventory checks over time: specific categories or segments of inventory are counted regularly (daily, weekly) according to a rotating schedule. This method is considered a best practice, as it allows for maintaining a high level of data accuracy without interrupting operations. Companies that implement continuous cycle counting report improved inventory movement control and a reduction in operational disruptions⁹.

Another key tool is ABC analysis of inventory, based on the Pareto principle. It divides all inventory items into categories A, B, and C depending on their contribution

⁸ Kuuse, M., & Scott, P. J. (2024). ABC analysis (80/20 rule) in inventory management. <https://www.mrpeasy.com/blog/abc-analysis/>

⁹ KnowledgeLeader. (2019). How to use the 5 best practices of inventory management. <https://info.knowledgeleader.com/how-to-use-the-5-best-practices-of-inventory-management>

to the total inventory value and quantity share. Typically, category A includes about 20% of inventory items, which account for about 80% of the total inventory value; category C, on the other hand, may include up to 50% of low-cost items, contributing only about 5% of the total inventory value¹⁰ (see Fig. 1). Through ABC analysis, a company can focus control efforts (e.g., frequency of counts) on the most valuable items (category A). According to recommendations, ABC analysis is often used as an inventory audit procedure: high-value items are counted more frequently, while items in category C are counted less often¹¹. This differentiated approach improves the efficiency of internal audits.

Inventory Control and Audit Procedures. Various control procedures are implemented within internal inventory processes. Figure 2 shows an example of the impact of implementing an automated accounting system (using IoT technologies) on the accuracy of inventory tracking at six different warehouses (locations). The red bars indicate the inventory accuracy after implementing the system, while the yellow bars represent accuracy before implementation. It can be seen that in all cases, after using IoT technologies, the accuracy of inventory tracking significantly increased (e.g., from about 80% to 90–95%), demonstrating the benefit of automation for inventory control. IoT devices allow real-time tracking of inventory levels and movements, automatically recording arrivals, departures, and product movements¹². As a result, the impact of human error and mistakes in accounting is reduced, ensuring more accurate records of stock levels. Research confirms that the use of IoT trackers and sensors leads to a continuous increase in the accuracy of accounting and the reliability of inventory monitoring systems. For example, Patil et al. (2024) demonstrated an average accuracy improvement of 5–10 percentage points after implementing IoT systems across six warehouses (see Fig. 2)¹³, which potentially leads to a reduction in costs related to accounting errors and an improvement in financial performance.

In addition to technical tools, organizational control measures play an important role. According to the COSO conceptual model, an effective internal inventory control system includes: control environment (policies, management responsibility), risk assessment, control activities (specific procedures, such as segregation of duties when handling inventory), information systems, and monitoring¹⁴. The implemen-

tation of a well-designed internal control system can increase the productivity of operations, prevent theft, and ensure compliance with accounting procedures. For example, restricting warehouse access, dividing responsibilities (with one set of employees responsible for receiving goods, while another group is responsible for recording them in the accounting system), and conducting regular independent audits — these are all elements of internal control that reduce the likelihood of fraud or errors¹⁵.

Table 1 summarizes the main methods and procedures of internal inventory and stock control used in practice, along with their brief descriptions.

Thus, the analysis of literature sources and practical reports demonstrates that the proper execution of internal inventory directly affects the quality of management accounting and business efficiency. The main findings identified in the study are as follows:

1. Improvement of accounting data accuracy. The implementation of regular inventory checks significantly improves the accuracy of inventory data. Companies that have transitioned from occasional inventory counts to systematic cycle counting generally achieve nearly complete alignment between accounting records and actual stock levels in the warehouse. For example, according to one study, the average accuracy of inventory records after implementing a cycle counting program exceeded 95%, compared to approximately 85–90% before implementation¹⁶. As a result, the likelihood of distorting financial indicators decreases. Since the value of inventory impacts the calculation of the cost of goods sold and profits, more accurate data means more reliable internal cost and performance reports. Thus, management accounting becomes a more reliable tool for decision-making.

2. Optimization of inventory levels and cost reduction. Accurate data on current stock levels enables managers to optimize inventory — identifying excess or outdated items in a timely manner and preventing shortages of fast-moving goods. Reducing excess inventory leads to a reduction in associated costs (storage, insurance, and frozen working capital). For example, the transition to a just-in-time (JIT) system reduces the need for safety stock and decreases related maintenance costs. According to Intuendi, conducting regular inventory checks helps identify surpluses and shortages early on, which allowed one of the studied companies to reduce total inventory costs over the year by selling off unused materials and more accurately planning orders¹⁷. These results are closely related to improvements in management accounting indicators: the reduction of storage costs and write-offs reflected in lower cost of goods sold and improved profitability.

¹⁰ Kuuse, M., & Scott, P. J. (2024). ABC analysis (80/20 rule) in inventory management. <https://www.mrpeasy.com/blog/abc-analysis/>

¹¹ CFI Education Inc. (n.d.). Auditing inventory. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/accounting/auditing-inventory/>

¹² Patil, D., & Bhaumik, A. (2024). IoT innovations as a strategy for minimizing construction expenses. *Journal of Machine and Computing*, 349–359. <https://doi.org/10.53759/7669/jmc202404033>

¹³ Same

¹⁴ Pramudito, H. D., Kamar, K., Bakri, A., Husaini, & Pratiwi, N. (2024). Analysis of internal inventory control systems and accounting information systems for product stock inventory in a national corporate wear manufacturing company. *Jurnal Informatika dan Teknologi*, 5(4), 305–311. <https://doi.org/10.60083/jidt.v5i4.457>

¹⁵ Carr, Riggs & Ingram. (2019). Using internal controls to keep a record of your inventory: Storing & managing inventory. <https://www.criadv.com/insight/internal-inventory-controls-storage-management/>

¹⁶ Same

¹⁷ Intuendi. (2024). Inventory audit (T. Allers, Author). <https://intuendi.com/resource-center/inventory-audit/>

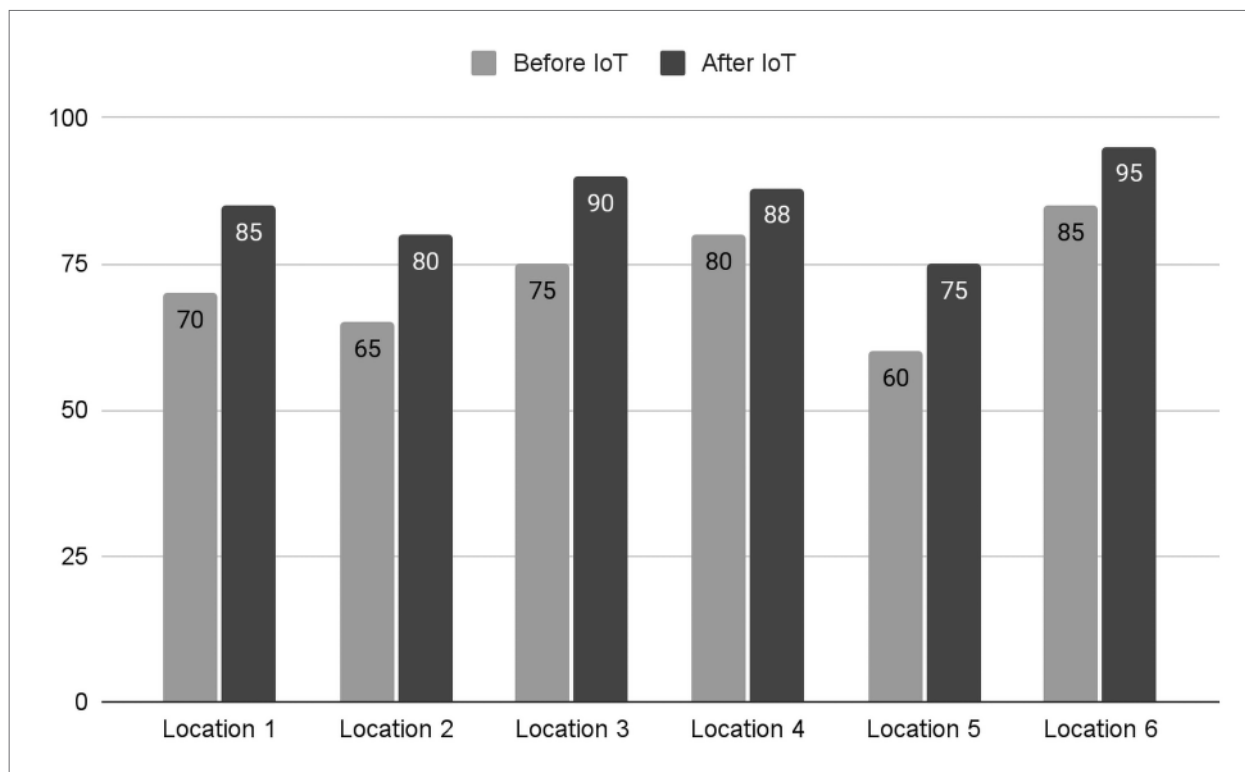


Fig. 2. Inventory Accuracy Before and After Implementing IoT Monitoring Systems at Six Locations¹⁸

Table 1

Main Methods of Internal Inventory and Stock Control¹⁹

Method / Procedure	Description
Full Physical Inventory	Periodic (e.g., annual) complete counting of all stock and comparison with accounting data. It ensures high accuracy but requires halting operations and significant resources.
Cycle Counting	Continuous counting of parts of the inventory according to a schedule (daily, weekly). This allows maintaining up-to-date data without interrupting warehouse operations. Priority is given to more valuable or fast-moving items.
ABC Inventory Analysis	Classification of inventory by importance: Category A — the most expensive and critical items, B — medium, C — least valuable. Used to differentiate the frequency and thoroughness of control.
Barcoding / RFID	Use of automatic identification technologies (barcodes, RFID tags) for tracking product movement. Speeds up receiving and issuing operations and reduces the risk of errors when entering data manually.
IoT Inventory Monitoring	Installation of sensors and use of the Internet of Things (IoT) for constant tracking of inventory levels (see Fig. 2). Automating data collection improves accounting accuracy and the timeliness of information updates.
Internal Inventory Audit	Periodic checks of inventory management processes by internal auditors. Assesses compliance with established procedures, reporting accuracy, and the effectiveness of the control system. Audit results help identify and address deficiencies.

3. Prevention of theft and fraud. Internal audits and clear inventory procedures serve as a deterrent to potential theft of goods. When employees are aware

that inventory is regularly counted and controlled, the incentive for theft or over-reporting decreases. Inventory audits help verify asset valuations, identify shortages and write-offs, and improve inventory security. In organizations with a strong internal control system, cases of inventory loss due to theft are notably rare. Thus, the company’s assets are preserved, and management reporting remains free of hidden losses.

4. Improvement of financial planning and analysis. Management accounting uses inventory metrics in budgeting and performance analysis (e.g., inventory

¹⁸ Same
¹⁹ KnowledgeLeader. (2019). How to use the 5 best practices of inventory management. <https://info.knowledgeleader.com/how-to-use-the-5-best-practices-of-inventory-management>
 CFI Education Inc. (n.d.). Auditing inventory. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/accounting/auditing-inventory/>
 Patil, D., & Bhaumik, A. (2024). IoT innovations as a strategy for minimizing construction expenses. *Journal of Machine and Computing*, 349–359. <https://doi.org/10.53759/7669/jmc202404033>

turnover, days of inventory). After increasing the accuracy of data, these key performance indicators (KPIs) become more reliable. Inventory turnover — an important metric calculated as the cost of goods sold divided by the average inventory — increases when excess inventory is eliminated²⁰.

5. Integration with accounting information systems. Practical results also show that the greatest effect is achieved when inventory procedures are integrated with automated accounting information systems (ERP, warehouse management systems).

In general, the results indicate that internal inventories are a powerful tool for optimizing both operational activities and management accounting. They provide transparency and accuracy in accounting — a foundation for effective planning and control. The consolidated data from various studies confirm a positive correlation between a high level of inventory discipline and the financial performance of companies. For example, a company consistently implementing an inventory optimization and control policy can expect a reduction in the proportion of inventory in current assets, faster capital turnover, and increased profitability. These improvements are reflected in management reports and allow for more informed strategic conclusions.

Discussion. The results presented above demonstrate the importance of internal inventory procedures for optimizing management accounting. This section discusses the interpretation of these results, their practical implications, and limitations.

First and foremost, it is evident that the accuracy of inventory data is the cornerstone of reliable management accounting. If the accounting information regarding the quantity and value of inventory is inaccurate, it leads to erroneous management decisions. For example, overestimating stock levels can create an illusion of resource abundance and lead to unacceptably low procurement or production volumes, which results in supply chain disruptions. Conversely, consistently underestimating stock levels provokes excessive purchasing and increased storage costs. Internal inventory processes act as a feedback mechanism, allowing the accounting data to be regularly calibrated to reflect the actual situation. The data from this study confirm that companies that have implemented regular stock counts (in any format, whether full or partial) provide high reliability in their management reports on inventory.

An important consequence is the optimization of storage and procurement costs. By identifying excess or obsolete inventory, a company can take timely action — such as selling off the stock or reducing orders for such items — thereby reducing costs and freeing up warehouse space. This aligns well with lean production principles and JIT (just-in-time) systems, where

minimizing inventory leads to lower overhead costs. However, it is important to note that excessive stock reduction without accounting for demand variability can increase the risk of shortages. Therefore, finding a balance between sufficient and minimized inventory is a matter of particular attention in management accounting. The use of inventory data should be supported by demand analysis and forecasting to ensure that inventory optimization does not harm service levels.

Regarding fraud prevention and loss reduction, the results show a significant decrease in shortages with strong internal control. This supports the thesis that an internal control system (including inventory management) increases operational transparency and employee discipline. When every item of resource inflow and outflow is recorded and checked, opportunities for abuse are drastically reduced. However, in practice, implementing such systems can face resistance from employees or may require changes in corporate culture. Employees may perceive increased control as a sign of distrust. Therefore, the role of leadership is crucial in explaining the goals — not punishment, but the overall success of the company — and in motivating employees to adhere to procedures.

The technical aspects of automation (barcode scanning, RFID, IoT) have shown a noticeable impact on improving the accuracy of accounting. The studies discussed confirm that the digitization of inventory processes is one of the most promising directions. However, the cost of implementing such technologies should be considered. For small businesses, large-scale adoption of RFID or IoT sensor networks may be financially challenging. In such cases, a combined approach may be optimal: for example, using mobile barcode scanners to simplify manual counting or basic accounting software instead of a full sensor system. It is important to note that even small improvements, such as implementing a barcode system, significantly reduce data entry errors and speed up the inventory process.

Integrating inventory results with information systems can also pose a challenge. Many companies face compatibility issues between outdated accounting systems and new data collection tools. A solution could be the modernization of IT infrastructure or the use of add-on modules that aggregate data from various sources. For example, IoT sensors can transmit data to an intermediate server, from which it is then uploaded into the ERP system. Training employees to work with new systems is another crucial aspect. If employees are not skilled in using the tools or do not trust them, the effectiveness will be lower than expected.

An interesting observation is that the effect of internal inventories is reflected not only in figures but also in improved managerial decision-making. Managers who receive timely and accurate reports on inventory can confidently conduct “what if” analyses, budgeting, and plan adjustments. Management

²⁰ Alnaim, M., & Kouaib, A. (2023). Inventory Turnover and Firm Profitability: A Saudi Arabian Investigation. *Processes*, 11(3), 716. <https://doi.org/10.3390/pr11030716>

accounting becomes proactive rather than reactive: instead of finding out the causes of deviations after the fact (e.g., why costs increased — because lost materials are written off), management can spot trends in advance (such as slow-moving stock growth, declining accuracy of inventory for specific warehouses, etc.) and take action. For example, in one case, after the implementation of regular inventory monitoring, branch managers began holding monthly meetings on inventory status, using reports from cyclical inventories. This led to better coordination between the sales and production departments, as real stock data was communicated to all process participants promptly.

However, the limitations of the conducted study should also be acknowledged. First, most of the sources examined are general guides. Quantitative assessment of the contribution of internal inventories to financial results is challenging, as other improvements (such as demand planning systems and procurement optimization) are often implemented simultaneously. Therefore, isolating the effect of inventories requires additional data (e.g., controlled experiments or modeling). Second, each industry sector has its own specifics: for example, in retail, losses from theft (shrinkage) constitute a significant portion of expenses, and there, the benefits of frequent inventories are obvious, while in manufacturing, the emphasis is placed on the accuracy of accounting materials and work-in-progress. This paper provides an overview and does not account for all industry differences. However, the general principles of internal inventory management are widely applicable.

Discussions on the topic sometimes express concerns that frequent inventories are costly and distract from core activities. Indeed, if counting requires halting operations, a compromise arises between control and efficiency. This is why, nowadays, priority is given to methods that minimally impact the operational process, such as selective cyclical counts and automated accounting. Successful companies show that a well-organized internal inventory system becomes part of the daily routine and does not interfere with work — on the contrary, it organizes it. For example, some warehouses implement a practice where, before the end of each shift, the staff counts 1–2 items from category A and verifies them with the accounting system. This takes 10–15 minutes but allows discrepancies to be immediately detected and corrected. As a result, by the time of the global inventory (for example, at the end of the year), the company already has a high level of confidence in the data.

Thus, when discussing the role of internal inventory, we see that it is not just a technical procedure for reconciling stock levels, but an integral part of the management accounting and control system. Without it, accounting data risks becoming unreliable, and managerial decisions ineffective. On the contrary, with well-organized inventory work, the organization gains

a competitive advantage in the form of accurate information, cost savings, and confidence that “household” matters are in order, which, by the way, positively affects the external image — as external auditors and partners also trust the company more when they know about its strong internal control.

Conclusion. The analysis conducted confirmed that internal inventory management is a critical tool for optimizing management accounting. First, it ensures the reliability and timeliness of data about inventory, which forms the foundation for many management decisions. Regular inventory checks help identify and eliminate discrepancies between accounting records and actual stock levels, leading to improved accuracy in financial calculations and reporting. Management accounting, based on accurate data, more fully reflects the real situation, thereby enhancing the quality of planning and control.

Second, internal inventory management helps reduce costs and increase efficiency. Optimizing inventory levels (eliminating excess stock, preventing shortages) leads to lower storage costs, reduced write-offs and losses, and improved capital turnover. All these effects are reflected in management metrics: inventory turnover increases, the share of inventory in assets decreases, and cost indicators improve. Therefore, management accounting, supplemented by inventory data, more clearly signals opportunities for enhancing efficiency.

Third, by performing internal control functions, inventory management protects company assets and strengthens financial discipline. Preventing theft and fraud through transparent accounting safeguards assets and reduces unproductive losses. This means that the financial results presented in management reports are not distorted by hidden leaks, allowing management to confidently use them for assessing performance and profitability.

Fourth, modern methods of internal inventory management, especially with the use of information technologies, enable faster information exchange and real-time integration of accounting. For example, the use of IoT and barcode systems provides almost immediate updates on inventory movement. This brings management accounting to a new level of operational efficiency, where reports are generated not weeks after an event, but almost simultaneously with it. This allows the company to respond more flexibly to changes in demand, supply disruptions, and other factors.

In conclusion, internal inventory management is an integral component of lean, adaptive organizational management. In an environment of increasing competition and rapidly changing markets, companies that can manage their inventory accurately and efficiently gain financial benefits and strategic advantages. Management accounting in such companies transforms from mere transaction recording to a tool for deep analytics and decision-making support.

The results of this study confirm the need for investment in improving internal inventory management processes. Managers are encouraged to assess the current level of inventory accuracy and, if necessary, implement the methods described in this article: establish a system of regular checks (with a focus on valuable inventory through ABC analysis), introduce modern accounting technologies, develop clear procedures, and train staff. It is also important to establish feedback mechanisms: using inventory data to revise

inventory standards, adjust procurement and production plans, i.e., integrate results into management accounting frameworks.

Effective internal inventory management is a continuous process of improvement. It requires attention to detail, discipline, and modern approaches, but it brings tangible dividends in terms of transparency, savings, and confidence that the information used by management is accurate. And accurate information is the foundation of successful management.

References

1. Alnaim, M., & Kouaib, A. (2023). Inventory Turnover and Firm Profitability: A Saudi Arabian Investigation. *Processes*, 11(3), 716. <https://doi.org/10.3390/pr11030716>.
2. Carr, Riggs & Ingram. (2019). Using internal controls to keep a record of your inventory: Storing & managing inventory. URL: <https://www.criadv.com/insight/internal-inventory-controls-storage-management/> (access date: 01.04.2025).
3. CFI Education Inc. (n.d.). Auditing inventory. URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/accounting/auditing-inventory/> (access date: 01.04.2025).
4. Intuendi. (2024). Inventory audit (T. Allers, Author). URL: <https://intuendi.com/resource-center/inventory-audit/> (access date: 01.04.2025).
5. Kuuse, M., & Scott, P. J. (2024). ABC analysis (80/20 rule) in inventory management. URL: <https://www.mrpeasy.com/blog/abc-analysis/> (access date: 01.04.2025).
6. Patil, D., & Bhaumik, A. (2024). IoT innovations as a strategy for minimizing construction expenses. *Journal of Machine and Computing*, 349–359. <https://doi.org/10.53759/7669/jmc202404033>.
7. Pramudito, H. D., Kamar, K., Bakri, A., Husaini, & Pratiwi, N. (2024). Analysis of internal inventory control systems and accounting information systems for product stock inventory in a national corporate wear manufacturing company. *Jurnal Informasi dan Teknologi*, 5(4), 305–311. <https://doi.org/10.60083/jidt.v5i4.457>.
8. KnowledgeLeader. (2019). How to use the 5 best practices of inventory management. URL: <https://info.knowledgeleader.com/how-to-use-the-5-best-practices-of-inventory-management> (access date: 01.04.2025).

Shynkarenko Olena*Candidate of Sociology,**Lecturer of the Department of Sociology and Social Work**Melitopol State Pedagogical University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10920

ANALYSIS AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF INVESTMENT STRATEGIES IN ELECTORAL CAMPAIGNS

Summary. Modern electoral campaigns are complex socio-political processes that require substantial financial resources and structured allocation methods. This study presents an approach to analyzing investment strategies used during electoral races at various levels. Several classification schemes are examined, and a framework for evaluating their effectiveness is proposed, based on data from campaigns in Europe, Asia, and North America during the 2024 election cycle. Particular attention is given to digital tools and innovative methods of voter engagement. Statistical data is used to assess the performance of the implemented strategies, with consideration of ethical, legal, and socio-economic factors. The study offers recommendations for optimizing investment strategies in electoral processes, accounting for these factors, and outlines directions for future research on this topic.

Key words: investment strategies, electoral race, political campaigns, investment efficiency, political marketing, campaign financing, political technologies, digital technologies.

Introduction. The rational distribution of financial resources is a decisive factor in preparing candidates and political parties for elections. Investment strategies influence not only the amount of funding raised but also the timing, application logic, and effectiveness of resource allocation. The rising costs of electoral activity in many regions necessitate more precise planning, while evolving communication and marketing mechanisms call for the adaptation of traditional investment approaches to new digital realities. Simultaneously, stricter legislative requirements and growing public scrutiny have increased the focus on transparency in campaign financing [5, 6].

An effective investment policy enables the accumulation and optimal deployment of resources to strengthen influence over target social groups. The objective of this study is to conduct a detailed examination of investment strategies used in electoral campaigns, identify the most effective models, and propose recommendations for their improvement [9]. The study pursues the following tasks:

- systematize the investment strategies in use, based on their classification characteristics;
- evaluate their effectiveness through the example of several foreign electoral campaigns in 2024;
- formulate recommendations for improving investment policy and increasing return on expenditure;
- identify potential directions for further research in this domain.

The novelty of this work lies in the integrated analysis of investment strategies, taking into account

emerging political technologies, the impact of the digital environment, and the transformation of electoral behavior.

Materials and Methods. The information base of the study includes research by European and other international experts on investment strategies in the context of political campaigns. The methods applied include synthesis, generalization, comparative analysis, case studies, cluster analysis, content analysis, expert evaluation, and visual data representation.

The study draws on the works of the following authors: Cummings J. F. [1], Shaki J., Aumann Y., Kraus S. [10], Slough T. [11], among others.

Results and Discussion. In the majority of electoral campaigns conducted at the municipal and regional levels, there is a prevailing trend of allocating core financial resources to traditional media channels: television, radio, outdoor advertising (banners, billboards), and printed materials. However, in recent years, the share of spending on internet-based platforms has been steadily increasing, particularly in urban areas with high levels of digital literacy.

This trend is largely driven by the growing number of citizens who rely on online sources for information. Younger and middle-aged individuals are especially active online, tend to be relatively financially stable, and therefore play a direct role in shaping public opinion, often forming the core of voter support [17].

Investment strategies in electoral campaigns are categorized according to a range of parameters that

define their focus, resources used, and implementation methods. In terms of objectives, strategies may target voter turnout, persuasion of undecided voters, demobilization of opponents, political branding, voter group targeting, or differentiated image formation. Based on the type of resources employed, strategies may rely on financial, informational, organizational, technological means, or on the use of social media platforms.

Classification is also possible by the object of investment: traditional and digital media, field events, analytical research, and the deployment of innovative solutions. With respect to time horizon, strategies can be short-term, medium-term, or long-term. In terms of technological advancement, they may be conservative or innovative. Regarding sources of funding, strategies may be state-funded, privately financed, centralized, diversified, partnership-based, or supported through crowdfunding. Additional parameters include

distribution channels (digital or traditional), risk level (aggressive, moderate, or conservative), geographic reach (local, national, international), type of voter engagement (direct or indirect), scale of outreach (mass, segmented, microtargeted, or hybrid), and the timing logic for resource allocation (frontloading, backloading, steady, or pulsed deployment).

Having outlined the characteristics of investment strategies in electoral campaigns, a classification was carried out based on examples from various countries during the 2024 election cycle. The resulting classification reflects the diverse approaches to designing investment strategies in political campaigns across different nations. There is notable variation in the use of budgetary tools, the structuring of tax incentives, tariff mechanisms, and the prioritization of foreign policy agendas. This comparative overview provides insight into how political systems, legislative constraints, and

Table 1

Classification of Investment Strategies in Electoral Campaigns Based on Country Examples from 2024 [19]

Country / Region	Key Budget Policy Directions	Tax Policy	Trade Restrictions and Tariffs	Geopolitical Priorities
USA	Deficit maintenance and subsidies (if Biden is re-elected)	Potential extension of Trump Tax Cuts if Republicans retain a majority	Possible increase in import tariffs (10% unified rate) targeting China (under Republican scenario)	Divergent stances on Ukraine (House Republicans oppose additional funding)
	Possible rollback of select incentives (if Trump wins)	Higher taxes on the wealthy if Democrats gain more influence	Status quo on tariffs likely if Congress remains balanced	Bipartisan support for military aid to Israel Democratic platform signals possible support for Taiwan
Mexico	Spending focused on stimulating domestic production and near-shoring	Conservative stance on rate changes	Strengthened ties with the US	Anticipated reforms in 2024, candidate C. Sheinbaum signals a possible policy shift
	Moderate budget oversight	Emphasis on fiscal stability	Search for new investors amid manufacturing relocation	Significance of future parliamentary composition
Argentina	Budget restructuring planned	Tax incentive optimization expected	Traditional focus on agricultural exports	Power shift initiated broad reforms
	Reform package approved targeting economic stabilization	Reevaluation of rates and duties to fund reforms	Exploration of new sales channels	Dependence on external creditors for key projects
China (in the context of US trade tensions)	Remains a major trading partner for many countries	Domestic support measures targeting specific sectors	Risk of additional US tariffs increases under Republican scenario	Limited cooperation with the US amid geopolitical tensions
	Possible countermeasures to mitigate restriction risks		Promotion of import substitution within China	Expansion into alternative markets (Asia, Africa)
European Countries	Maintenance of social spending while keeping debt at sustainable levels	EU corporate tax policy may shift with the economic climate	Cooperation within the EU framework, unified tariff conditions	Consistent policy on Ukraine regardless of national elections
	Short-term injections to support select industries	Fiscal incentive debates in some countries	Potential tightening of measures against third countries in case of conflict escalation	High currency volatility tied to expectations of ECB policy easing

economic conditions influence resource allocation and the development of strategic planning (see Table 1).

The presented information illustrates the diversity of political trajectories that shape differing conditions for investors. Each case involves specific risks and opportunities related to taxation, public expenditure levels, and the prospects for trade cooperation. These characteristics form the basis for designing flexible solutions tailored to the specifics of each strategic direction.

The effectiveness of an investment strategy in an electoral campaign depends on its alignment with political and social realities. Analysis shows that digital and innovative strategies demonstrate the highest levels of effectiveness, particularly among younger voters; traditional methods are gradually losing ground but remain important for older demographics; and the greatest success is achieved through integrated, multi-channel approaches [5].

The following data reflect the evaluation of investment strategy performance based on both quantitative Conviction Scores and qualitative commentary. A detailed breakdown of each segment helps identify emerging trends and risks, taking into account the current political and economic context. The data also highlight how capital allocation and the resilience of financial instruments shift under electoral influence (see Table 2).

The Conviction Scores and accompanying commentary illustrate varying levels of market sensitivity to political shifts. In some cases, optimism is driven by accommodative monetary policy; in others, caution prevails due to potential fiscal constraints or geopolitical uncertainties. This analysis provides a structured basis for forecasting and enables timely adjustments in investment strategies.

A reprioritization is underway across key sectors such as energy, taxation, healthcare, and beyond. The following summary outlines the projected performance of various investment strategies in light of recent political statements and potential legislative developments (see Table 3).

This overview reflects how political shifts influence investment climates across sectors, offering investors insights into emerging risks and opportunities. Strategic planning under such conditions requires flexible, context-aware approaches.

Future decisions by the Republican majority will largely depend on internal party debates and the balance of interests within key congressional committees. In parallel, there will likely be growing demand for flexible investment strategies focused on sectors with lower regulatory uncertainty.

Recommendations aimed at enhancing investment efforts and properly identifying the channels through which these investments can be directed to build voter trust and increase visibility for specific candidates include [6; 12; 14]: strategic investment planning; optimization of media investments; technological optimization; organizational streamlining; regional adaptation of investment strategies; temporal optimization of investments; implementation of integrated performance assessment systems; development of hybrid investment models; personalization of investment strategies; optimization of temporal investment distribution; advancement of analytical and technological competencies.

These recommendations may be used by campaign managers, political advisors, candidates, and political marketing specialists to optimize financial allocations and improve the overall effectiveness of electoral campaigns.

Table 2

Results of the Effectiveness Assessment of Investment Strategies in Foreign Electoral Campaigns in 2024 (based on Conviction Scores and Key Observations) [19]

Segment	CS (Conviction Score)	Change (vs. previous period)	Brief Description
Global Macro	3.00	-0.25	Moderate growth slowdown scenario with persistent signs of contained inflation
Rates	3.00	No change	Stable yield curve outlook, with potential spikes tied to changes in Fed communication
Credit (Corporate Debt)	4.00	No change	Increased interest in corporate bonds amid expectations of a soft landing in the US
Currency (USD Perspective)	2.75	-0.25	Anticipation of a USD shift amid correction of an overvalued euro
EM Fixed Income	3.00 (corporate) / 2.50 (sovereign)	No change	Volatility due to elections in the US and emerging markets
Multi-Asset	3.20	-0.30	Neutral stance with readiness to reassess risks, focus on sectors with growth potential
Global Equity	3.00	No change	Optimism in corporate earnings following rate cuts and inventory adjustments
Global Emerging Markets Equity	2.50	+0.25	Rebound driven by moderate valuations and expectations of production reallocation

Table 3

Performance Characteristics by Type of Investment Strategy [18]

Strategy Type	Proposed Measures and Regulatory Shifts	Potential Impact on Investment Effectiveness
Energy & Sustainability	<ul style="list-style-type: none"> – Simplification of regulatory norms, prioritization of hydrocarbon extraction, and support for nuclear energy – Potential rollback of “green” initiatives similar to Trump’s first term – Plans to withdraw from the Paris Agreement, reduction of clean energy subsidies 	<ul style="list-style-type: none"> – Accelerated deployment of traditional energy projects by lowering administrative barriers – Short-term return growth for fossil fuel-linked companies – Instability risks for “green” projects amid changes in funding
US–Canada Cross-Border Issues	<ul style="list-style-type: none"> – Revision of USMCA terms, stricter tariff policy with possible concessions for Canada – Expected easing of environmental regulations for highways and pipelines 	<ul style="list-style-type: none"> – Gains for US domestic market-oriented industrial groups – Uncertainty for Canadian suppliers, especially in energy and digital sectors
Tax Issues	<ul style="list-style-type: none"> – Extension of TCJA tax cuts, reduction of corporate tax rate to 15% – Use of budget reconciliation for expedited tax reform 	<ul style="list-style-type: none"> – Inflow of investment into corporate sector due to lower tax burdens – Risk of increased budget deficit and disputes over “green” tax credit provisions
Health Care	<ul style="list-style-type: none"> – ACA adjustments (subsidy cuts, stricter Medicaid eligibility) – Potential reduction in drug market regulation – Shift to block grant models for Medicaid 	<ul style="list-style-type: none"> – Cost savings for businesses involved in insurance payouts – Possible reduced access to insurance programs, affecting healthcare sector demand
International Trade	<ul style="list-style-type: none"> – New tariffs against China (up to 60% on select categories), unified 10% import duty – Promotion of reindustrialization and reshoring 	<ul style="list-style-type: none"> – Support for domestic producers and key industries – Risk of retaliatory trade measures and supply chain disruptions
Infrastructure	<ul style="list-style-type: none"> – Revision or slowdown of IIJA implementation despite support from some Republicans – Emphasis on public-private partnerships and accelerated permitting processes 	<ul style="list-style-type: none"> – More opportunities for investors in concession-based projects – Uneven development across regions due to loss of previously allocated federal funding
Consumer Product Safety	<ul style="list-style-type: none"> – Change in CPSC leadership, shift toward voluntary standards and fewer mandatory rules – Focus on Chinese imports and monitoring of e-commerce platforms 	<ul style="list-style-type: none"> – Reduced regulatory burden for some manufacturers – Increased scrutiny of Asian logistics and import channels
Financial Services	<ul style="list-style-type: none"> – Further rollback of Dodd-Frank provisions, limits on CFPB powers – Promotion of cryptocurrency development, higher lending limits – Political pressure on the Fed to reduce its independence 	<ul style="list-style-type: none"> – Strengthening of traditional and fintech firms through lower compliance costs – Risks to consumer protection and market stability due to weakened oversight institutions

Conclusion. The study demonstrates that the effectiveness of investment strategies in electoral campaigns depends heavily on the combination of resource capacity, chosen promotional channels, and the degree of adaptation to political and social conditions. Digital tools and innovative methods continue to lead in engaging younger audiences, while traditional formats remain relevant for older demographic groups. The collected data indicate that combining multiple strategic approaches enhances return on investment — particularly when financial planning accounts for regional characteristics and the dominant mode of communication with voters.

The recommendations provided in this paper are designed to optimize spending, enable the rational use of information channels, and facilitate the integration of hybrid technological solutions. Developing a unified monitoring and evaluation system will help identify weaknesses early and adjust the strategy accordingly. Future research should expand the empirical base and apply advanced big data analysis methods to explore the link between investment configurations and electoral outcomes in greater depth. This will offer a more comprehensive understanding of how voter preferences are shaped in different socio-economic contexts and improve the efficiency of electoral campaign financing.

References

1. Cummings J.F. Closing Age and Race Gaps in Elections Through Inclusive and Contextual Communications. *Journal of Social Equity and Public Administration*. 2025. T. 3, № 1. C. 69–87.
2. Ivanusch C. Where do parties talk about what? Party issue salience across communication channels. *West European Politics*. 2025. T. 48, № 3. C. 618–644.
3. Laksmi A. A. et al. The Role of AI-Based Campaign Media Design in Shaping Public Perceptions: A Big Five Personality Theory Approach. *International Joint Conference on Arts and Humanities 2024 (IJCAH 2024)*. Atlantis Press, 2025. C. 1744–1759.
4. Nurdin A. et al. The Role of Social Media in Political Education and Election Socialization Among Generation Z. *The Journal of Academic Science*. 2025. T. 2, № 2. C. 566–577.
5. Palmtag T., Paula K., Rommel T. Beyond economic development? Foreign direct investment and pre-election violence. *Journal of Peace Research*. 2024. C. 00223433231214427.
6. Prabowo M. A. et al. Strategic Management for The Success of Legislative Candidates in the 2024 Election Campaign Period. *Mandalika Journal of Business and Management Studies*. 2025. T. 3, № 1. C. 6–15.
7. Pruyers S. Supermarket politics: personality and political consumerism. *International Political Science Review*. 2025. C. 01925121241308213.
8. Reveilhac M., Nchakga C. How French alternative media channels on YouTube portray the government and mainstream media on YouTube. *Frontiers in Communication*. 2025. T. 9. C. 1517963.
9. Ruiz N., Rueda M. How do electoral outcomes affect campaign contributions? The role of personal loyalty and investment motives. *British Journal of Political Science*. 2024.
10. Shaki J., Aumann Y., Kraus S. Voter Priming Campaigns: Strategies, Equilibria, and Algorithms. arXiv preprint arXiv:2412.13380. 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.13380>.
11. Slough T. Making a Difference: The Consequences of Electoral Experiments. *Political Analysis*. 2024. T. 32, № 4. C. 384–400.
12. Tahat K. et al. Navigating Influence: Exploring Soft Power Strategies in the Digital Journalism Landscape. *Innovative and Intelligent Digital Technologies; Towards an Increased Efficiency*. 2025. Volume 2. C. 767–777.
13. Terradillos J. O., Uréta A. L., i Gras J. M. TikTok and political communication: interaction patterns and engagement rate of candidates and parties in an election campaign. *Revista Latina de Comunicacion Social*. 2025. № 83. C. 1–23.
14. Tuttnauer O., Rahat G. Institutional personalism and personalised behaviour: Electoral systems, candidate selection methods, and politicians' campaign strategy. *Electoral Studies*. 2025. T. 94. C. 102909.
15. Vergioglou I. Electoral effects of investment subsidies in national and European elections. *Journal of European Public Policy*. 2023. T. 30, № 10. P. 2123–2142.
16. Federal Election Commission. *Campaign Finance Data*. URL: <https://www.fec.gov/data/spending-bythenumbers/> (date accessed: 16.03.2025).
17. OSCE/ODIHR (2021–2023). Election Observation Reports. URL: <https://www.osce.org/odihr/elections> (date accessed: 16.03.2025).
18. Hecht A., Martin R. N., DeMaio A. M., Guinta F. C., Fjeld C. T., Lushetsky J., Mejia P., Garcia M. S. 2024 Post-Election Analysis. *ML Strategies*. 2024. URL: https://www.mlstrategies.com/insights-center/viewpoints/54161/2024-11-08_024-post-election-analysis (date accessed: 16.03.2025).
19. Redha H. Investment Strategy Insights: A Pivotal Election Year Will Reshape the Global Political Landscape. *Pine-Bridge Investments*. 2024. URL: <https://www.pinebridge.com/en/insights/investment-strategy-insights-a-pivotal-election-year-will-reshape-the-global> (date accessed: 16.03.2025).

Базалійська Олена Василівна*старший викладач кафедри інформаційно-технічних та природничих дисциплін
Київський кооперативний інститут бізнесу і права***Bazaliiska Olena***Senior Lecturer of the Department of Information Technology and Natural Sciences
Kyiv Cooperative Institute of Business and Law*

ORCID: 0009-0007-1336-3547

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10989

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ ТА ЇХ ВПЛИВ

INFORMATION TECHNOLOGIES IN PROJECT MANAGEMENT AND THEIR IMPACT

Анотація. У статті досліджено теоретичні та практичні аспекти застосування інформаційних технологій в управлінні проєктами. Визначено основні напрями впливу цифрових технологій на процеси планування, організації, контролю та завершення проєктів. Проаналізовано сучасні програмні рішення для проєктного менеджменту та методологічні підходи до впровадження інформаційних систем в управлінні проєктами. Особлива увага приділяється аналізу впливу інформаційних технологій на ефективність виконання проєктів, зокрема у сфері ІТ. Розглянуто взаємозв'язок між застосуванням сучасних інформаційних технологій та успішністю реалізації проєктів різного масштабу та галузевої спрямованості. Запропоновано модель оцінювання впливу інформаційних технологій на результативність проєктної діяльності. Сформульовано рекомендації щодо оптимізації використання інформаційних технологій в управлінні проєктами з урахуванням сучасних тенденцій розвитку цифрової економіки.

Ключові слова: інформаційні технології, управління проєктами, проєктний менеджмент, програмне забезпечення, ефективність проєктів.

Summary. The article examines theoretical and practical aspects of information technologies application in project management. The main directions of digital technologies influence on planning, organization, control, and completion of projects are determined. Modern software solutions for project management and methodological approaches to the implementation of information systems in project management are analyzed. Special attention is paid to analyzing the impact of information technologies on project implementation efficiency, particularly in the IT sphere. The relationship between the use of modern information technologies and the success of projects of various scales and industry orientations is considered. A model for evaluating the impact of information technologies on project activities effectiveness is proposed. Recommendations for optimizing the use of information technologies in project management, considering modern trends in the digital economy development, are formulated.

Key words: information technologies, project management, project software, project efficiency.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується глобальною цифровізацією усіх сфер життя, зростаючою складністю бізнес-процесів та необхідністю оперативного реагування на постійні зміни ринкового середовища. За таких умов управління проєктами набуває особливого значення як ефективний методологічний інструментарій для досягнення стратегічних цілей організацій різних форм власності та галузевої приналежності. Стрімкий розвиток інформаційних технологій суттєво трансформуює традиційні підходи до проєктного менеджменту, створюючи нові мож-

ливості для планування, організації, координації, контролю та завершення проєктів [3].

Актуальність дослідження зумовлюється зростаючою потребою у впровадженні інноваційних технологій в процеси управління проєктами для підвищення ефективності діяльності підприємств та організацій. Управління проєктами в умовах цифрової економіки потребує нових підходів, методів та інструментів, які б враховували специфіку сучасного технологічного розвитку та глобальні тенденції четвертої промислової революції. Трансформація методів і засобів проєктного менеджменту під впливом

інформаційних технологій стала невід'ємною частиною загальної тенденції діджиталізації економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика застосування інформаційних технологій в управлінні проектами привертає увагу багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців. Наукові дослідження у сфері інтеграції інформаційних технологій у процеси проектного менеджменту представлені в роботах фахівців різних галузей знань: інформаційних технологій, економіки, менеджменту, інженерії. Теоретичні та методологічні аспекти управління проектами з використанням інформаційних технологій досліджували Л. Р. Камінський, Т. Ковальчук, В. Загарій, А. М. Орел, В. В. Дяченко, В. М. Орел та інші науковці. У працях зазначених дослідників розглядаються концептуальні засади впровадження інформаційних систем в управління проектами, аналізуються методичні підходи до оцінювання ефективності застосування цифрових технологій у проектному менеджменті, визначаються основні тенденції розвитку інформаційних технологій у контексті управління проектами. Л. Р. Камінський [1] у роботі «Методичні підходи до дослідження інноваційної діяльності підприємств» розглядає інформаційні технології як ключовий фактор інноваційного розвитку підприємств та ефективного управління проектами. Автор пропонує методичний інструментарій для оцінювання інноваційної діяльності підприємств, який базується на використанні сучасних інформаційних технологій та систем проектного менеджменту. Т. Ковальчук та В. Загарій [2] досліджують інноваційні стратегії міжнародної конкурентоспроможності підприємств України, акцентуючи увагу на ролі інформаційних технологій у забезпеченні ефективної реалізації проектів розвитку. Автори аналізують вплив цифрових технологій на процеси управління міжнародними проектами та пропонують механізми підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств на основі впровадження інноваційних підходів до проектного менеджменту.

А. М. Орел та В. В. Дяченко [3] розглядають особливості фінансової системи в економічних процесах країни, приділяючи увагу проблематиці фінансового забезпечення проектів та використання інформаційних технологій для підвищення ефективності управління фінансовими ресурсами в проектній діяльності. Дослідниками запропоновано методичні підходи до оцінювання економічної ефективності впровадження інформаційних систем в управління проектами.

В. М. Орел [4] аналізує вплив глобалізації на економічні системи та виникнення між ними конкуренції, розглядаючи інформаційні технології як чинник конкурентоспроможності проектно-орієнтованих організацій у глобальному економічному просторі. Автор досліджує взаємозв'язок між розвитком інформаційних технологій та трансформацією підходів до

управління проектами в умовах глобальної конкуренції. О. Г. Глазунова, В. І. Корольчук та Т. В. Волошина [5] досліджують міждисциплінарний проект як засіб формування інтегральної компетентності майбутніх ІТ-фахівців, розглядаючи методологічні аспекти підготовки спеціалістів у сфері інформаційних технологій та управління проектами. Автори аналізують компетентнісний підхід до формування професійних навичок в області проектного менеджменту та інформаційних технологій.

В. О. Кузьмич, О. В. Коваль та Р. А. Тараненко [7] у навчальному посібнику «Моделі та засоби управління ІТ проектами» розглядають теоретичні та практичні аспекти застосування інформаційних технологій в управлінні проектами, пропонуючи методологічні підходи до організації процесів проектного менеджменту в ІТ-сфері. Автори аналізують сучасні моделі управління ІТ-проектами та інструментальні засоби їх реалізації.

О. А. Сметанюк та А. В. Бондарчук [8] досліджують особливості системи управління проектами в ІТ-компаніях, акцентуючи увагу на специфіці застосування інформаційних технологій у проектному менеджменті ІТ-організацій. Автори аналізують вплив галузевих особливостей на методологію управління проектами та пропонують підходи до оптимізації проектної діяльності в ІТ-сфері.

Метою статті є дослідження теоретичних та методологічних аспектів впливу інформаційних технологій на процеси управління проектами, аналіз сучасних тенденцій розвитку цифрових інструментів проектного менеджменту та розробка рекомендацій щодо оптимізації використання інформаційних технологій для підвищення ефективності проектної діяльності.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання дослідження:**

- проаналізувати сучасний стан та основні тенденції розвитку інформаційних технологій в управлінні проектами;
- дослідити вплив інформаційних технологій на різні аспекти проектної діяльності: планування, організацію, контроль та завершення проектів;
- визначити ключові фактори успішного впровадження інформаційних систем управління проектами в діяльність організацій;
- розробити методологічний підхід до оцінювання ефективності застосування інформаційних технологій в управлінні проектами;
- сформулювати рекомендації щодо оптимізації використання інформаційних технологій для підвищення результативності проектної діяльності.

Виклад основного матеріалу. Проектний менеджмент трансформується під впливом цифровізації економіки, з інформаційними технологіями, що стають фундаментальним елементом сучасного управління проектами. Дослідження виявляють п'ять ключових напрямів впливу цифрових

технологій на проектну діяльність. Автоматизація рутинних операцій значно підвищує ефективність проектів через комп'ютеризацію планування, розподілу ресурсів та звітності. За дослідженнями В. О. Кузьміних та співавторів [7], такі системи скорочують час виконання операцій на 30–50% та зменшують кількість помилок на 20–30%. Аналітичні інструменти обробки даних забезпечують якісно новий рівень прийняття управлінських рішень. Л. Р. Камінський [1] демонструє, що застосування бізнес-аналітики та Data Science підвищує точність прогнозування на 15–25% та знижує проектні ризики на 10–20%. Цифрові комунікаційні платформи оптимізують взаємодію між усіма учасниками проекту. Дослідження Т. Ковальчука та В. Загарія [2] підтверджують скорочення часу на комунікацію на 30–40% з одночасним підвищенням якості взаємодії на 25–35%.

Гнучкі методології на базі інформаційних технологій посилюють адаптивність проектного управління. А. М. Орел та В. В. Дяченко [3] відзначають підвищення ефективності адаптації до змін на 20–30% та зниження втрат від непередбачуваних ризиків на 15–25%. Системи моніторингу реального часу забезпечують безпрецедентну прозорість та контрольованість проектних процесів. За даними В. М. Орела [4], такі технології підвищують прозорість проектною діяльністю на 30–40% та знижують відхилення від планів на 15–25%.

Аналіз сучасних інформаційних систем управління проектами дозволяє класифікувати їх за функціональними можливостями та сферами застосування. Базові інформаційні системи забезпечують автоматизацію основних процесів управління проектами — планування, розподілу ресурсів, контролю виконання завдань, формування звітності. Такі системи, як Microsoft Project, Oracle Primavera, GanttProject, належать до категорії базових інформаційних систем управління проектами. Інтегровані інформаційні системи забезпечують комплексну автоматизацію всіх етапів життєвого циклу проекту, включаючи ініціацію, планування, виконання, контроль та завершення. Такі системи, як Atlassian Jira, Monday.com, Asana, Basecamp, належать до категорії інтегрованих інформаційних систем управління проектами. Спеціалізовані інформаційні системи орієнтовані на управління проектами в окремих галузях або сферах діяльності, враховуючи їхню специфіку. Такі системи, як BuilderTREND, CoConstruct, Procore (для будівельних проектів), Confluence, GitLab, GitHub (для IT-проектів), належать до категорії спеціалізованих інформаційних систем управління проектами.

Дослідження особливостей впровадження інформаційних систем управління проектами в діяльність організацій дозволяє виділити ключові фактори успіху цього процесу. Першим фактором є наявність чіткої стратегії впровадження, яка визначає цілі, завдання, етапи, ресурси та відповідальних осіб.

О. Г. Глазунова, В. І. Корольчук та Т. В. Волошина [5] зазначають, що наявність детальної стратегії впровадження підвищує ймовірність успішної реалізації проекту на 30–40%.

Наступним фактором є забезпечення підтримки з боку вищого керівництва організації. Підтримка керівництва є критично важливою для подолання опору змінам, забезпечення необхідних ресурсів та мотивації співробітників. Аналіз, проведений Центром економічного відновлення [6], показує, що наявність підтримки з боку вищого керівництва підвищує ймовірність успішного впровадження інформаційних систем на 40–50%. Іншим фактором є залучення кінцевих користувачів до процесу впровадження системи. Участь користувачів у визначенні вимог до системи, тестуванні та налаштуванні дозволяє врахувати їхні потреби та забезпечити позитивне сприйняття змін. В. О. Кузьміних, О. В. Коваль та Р. А. Тараненко [7] відзначають, що залучення користувачів підвищує ймовірність успішного впровадження на 25–35%.

Для оцінювання ефективності застосування інформаційних технологій в управлінні проектами пропонується методологічний підхід, який базується на аналізі ключових показників ефективності (KPI) проектною діяльністю до та після впровадження інформаційних систем. Т. Ковальчук та В. Загарій [2] пропонують систему KPI, яка включає показники часу, вартості, якості, ризиків та задоволеності стейкхолдерів. Показники часу включають тривалість проекту, відхилення від планового графіка, час на прийняття рішень, час на комунікацію, час на формування звітності. Аналіз, проведений В. М. Орелом [4], показує, що впровадження інформаційних систем дозволяє скоротити тривалість проектів на 10–20%, відхилення від планового графіка на 15–25%, час на прийняття рішень на 20–30%, час на комунікацію на 30–40%, час на формування звітності на 40–50%. Показники вартості включають бюджет проекту, відхилення від планового бюджету, вартість управління проектом, економічний ефект від впровадження інформаційних технологій. О. А. Сметанюк та А. В. Бондарчук [8] зазначають, що впровадження інформаційних систем дозволяє знизити відхилення від планового бюджету на 10–20%, вартість управління проектом на 15–25%, забезпечити економічний ефект у розмірі 20–30% від вартості впровадження системи. Показники якості включають відповідність результатів проекту вимогам, кількість дефектів, рівень задоволеності замовників. О. Г. Глазунова, В. І. Корольчук та Т. В. Волошина [5] відзначають, що впровадження інформаційних систем дозволяє підвищити відповідність результатів проекту вимогам на 15–25%, знизити кількість дефектів на 20–30%, підвищити рівень задоволеності замовників на 25–35%. Показники ризиків включають кількість ідентифікованих ризиків, ефективність реагування на ризики, втрати від реалізації ризиків.

Аналіз, проведений Л. Р. Камінським [1], показує, що впровадження інформаційних систем дозволяє підвищити кількість ідентифікованих ризиків на 20–30%, ефективність реагування на ризики на 15–25%, знизити втрати від реалізації ризиків на 10–20%.

Для розрахунку інтегрального показника ефективності застосування інформаційних технологій в управлінні проектами пропонується використовувати метод зваженої суми, який дозволяє врахувати відносну важливість різних показників, формула для розрахунку інтегрального показника:

$$E = \sum W_i \times \left(\frac{P_{i1}}{P_{i0}} \right) \quad (1)$$

де E — інтегральний показник ефективності;

W_i — вага i -го показника;

P_{i1} — значення i -го показника після впровадження інформаційних технологій;

P_{i0} — значення i -го показника до впровадження інформаційних технологій.

Для визначення ваг показників пропонується використовувати метод експертних оцінок, який дозволяє врахувати думки фахівців у сфері управління проектами та інформаційних технологій. Т. Ковальчук та В. Загарій [2] провели експертне опитування, яке дозволило визначити наступні ваги показників: час — 0,3, вартість — 0,25, якість — 0,2, ризики — 0,15, задоволеність стейкхолдерів — 0,1. Апробація запропонованого методологічного підходу була проведена на прикладі проектів різних галузей та масштабів. Результати апробації показали, що інтегральний показник ефективності застосування інформаційних технологій в управлінні проектами коливається в межах від 1,2 до 1,5, що свідчить про суттєвий позитивний вплив інформаційних технологій на ефективність проектної діяльності.

Дослідження сучасних трендів у сфері інформаційних технологій відкриває широкі перспективи їх впровадження в системи управління проектами. Особливо перспективним постає застосування технологій штучного інтелекту та машинного навчання, які суттєво трансформують аналітичні можливості проектних систем. За дослідженнями О. А. Сметанюк та А. В. Бондарчук [8], інтеграція алгоритмів штучного інтелекту в проектно діяльність підвищує точність прогнозування результатів на 20–30%, одночасно покращуючи ефективність розподілу ресурсів на 15–25%. Значний потенціал демонструють технології віртуальної та доповненої реальності, які революціонізують підходи до візуалізації проектних рішень, забезпечують інноваційні методи підготовки персоналу та створюють нові формати проведення нарад. О. Г. Глазунова, В. І. Корольчук та Т. В. Волошина [5] у своїх дослідженнях підтверджують, що застосування віртуальних технологій підвищує ефективність навчання кадрів на 25–35%, а якість візуального представлення проектів покращується на 30–40%. Технології блокчейн відкривають

інноваційні можливості для забезпечення безпеки та прозорості даних у сфері проектного менеджменту. В. М. Орел [4] у своїх працях обґрунтовує, що імплементація блокчейн-рішень забезпечує зростання рівня захищеності проектних даних на 30–40%, одночасно підвищуючи прозорість управлінських процесів на 25–35%.

Інтернет речей формує технологічну основу для розвитку систем моніторингу та управління компонентами проекту в режимі реального часу. Дослідження Л. Р. Камінського [1] демонструють, що інтеграція технологій IoT у проектно діяльність забезпечує зростання ефективності моніторингових процесів на 20–30% та суттєво підвищує швидкість реагування на зміни — на 15–25%. Мобільні технології створюють потужну інфраструктуру для забезпечення постійного доступу до проектної інформації незалежно від часу та місцезнаходження учасників. А. М. Орел та В. В. Дяченко [3] наголошують, що впровадження мобільних рішень у систему проектного управління підвищує оперативність прийняття рішень на 25–35% та покращує ефективність комунікаційних процесів на 20–30%.

Для оптимізації використання інформаційних технологій в управлінні проектами пропонується наступні рекомендації. По-перше, необхідно забезпечити стратегічний підхід до впровадження інформаційних технологій, який передбачає визначення цілей, завдань, етапів та ресурсів. Т. Ковальчук та В. Загарій [2] наголошують на важливості узгодження стратегії впровадження інформаційних технологій зі стратегією розвитку організації, варто забезпечити комплексну інтеграцію інформаційних систем управління проектами з іншими системами організації: ERP, CRM, HRM. В. О. Кузьмініх, О. В. Коваль та Р. А. Тараненко [7] відзначають, що інтеграція інформаційних систем дозволяє уникнути дублювання даних, забезпечити їхню узгодженість та підвищити ефективність використання інформаційних ресурсів, необхідно забезпечити розвиток компетенцій персоналу у сфері інформаційних технологій та управління проектами. О. Г. Глазунова, В. І. Корольчук та Т. В. Волошина [5] наголошують на важливості формування інтегральної компетентності фахівців, яка поєднує знання та навички у сфері управління проектами та інформаційних технологій, варто впроваджувати гнучкі методології управління проектами, які дозволяють адаптуватися до змін та ефективно використовувати можливості інформаційних технологій. О. А. Сметанюк та А. В. Бондарчук [8] зазначають, що використання гнучких методологій (Agile, Scrum, Kanban) дозволяє підвищити ефективність управління проектами на 20–30%, необхідно забезпечити моніторинг та оцінювання ефективності використання інформаційних технологій в управлінні проектами, що дозволить виявляти проблеми та можливості для вдосконалення. Л. Р. Камінський [1] пропонує систему моніторингу,

яка включає кількісні та якісні показники ефективності використання інформаційних технологій у проєктному менеджменті.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження дозволяє зробити висновок про суттєвий вплив інформаційних технологій на процеси управління проєктами. Інформаційні технології трансформують традиційні підходи до проєктного менеджменту, створюючи нові

можливості для підвищення ефективності проєктної діяльності. Аналіз сучасних тенденцій розвитку інформаційних технологій в управлінні проєктами дозволив визначити основні напрями їхнього впливу на процеси проєктного менеджменту: автоматизація рутинних операцій, підвищення якості прийняття управлінських рішень, забезпечення ефективної комунікації, підвищення гнучкості та адаптивності, забезпечення прозорості та контрольованості процесів.

Література

1. Камінський Л. Р. Методичні підходи до дослідження інноваційної діяльності підприємств. *Економіка та суспільство*. 2024. № 59.
2. Ковальчук Т., Загарій В. Інноваційні стратегії міжнародної конкурентоспроможності підприємств України. *Економіка та суспільство*. 2024. № 59.
3. Орел А. М., Дяченко В. В. Особливості фінансової системи в економічних процесах країни. *Управління змінами та інновації*. 2023. № 6. С. 25–33.
4. Орел В. М. Вплив глобалізації на економічні системи та виникнення між ними конкуренції. *Актуальні проблеми інноваційної економіки*. 2017. № 3. С. 52–58.
5. Глазунова О. Г., Корольчук В. І., Волошина Т. В. Міждисциплінарний проєкт як засіб формування інтегральної компетентності майбутніх ІТ-фахівців. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Педагогіка*. 2019. 1. С. 136–147.
6. Експрес-аналіз поточного стану ІТ-освіти в Україні. Матеріали для обговорення. *Центр економічного відновлення*, 2021. С. 16. URL: <http://surl.li/qtiuh> (дата звернення: 01.03.2025).
7. Кузьмінних В. О., Коваль О. В., Тараненко Р. А. Моделі та засоби управління ІТ проєктами : навч. посіб. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 222 с.
8. Сметанюк О. А., Бондарчук А. В. Особливості системи управління проєктами в ІТ-компаніях. *АГРОСВІТ*. 2020. № 10. С. 105–111.
9. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). Seventh Edition: Project Management Institute, 2021. 250 p.

References

1. Kaminskyi, L. R. (2024). Metodichni pidkhody do doslidzhennia innovatsiinoi diialnosti pidpriemstv [Methodological approaches to the study of innovative activity of enterprises]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 59 [in Ukrainian].
2. Kovalchuk, T., & Zaharii, V. (2024). Innovatsiini stratehii mizhnarodnoi konkurentospromozhnosti pidpriemstv Ukrainy [Innovative strategies of international competitiveness of Ukrainian enterprises]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 59 [in Ukrainian].
3. Orel, A. M., & Diachenko, V. V. (2023). Osoblyvosti finansovoi systemy v ekonomichnykh protsesakh krainy [Features of the financial system in the economic processes of the country]. *Upravlinnia zminamy ta innovatsii*, 6, 25–33 [in Ukrainian].
4. Orel, V. M. (2017). Vplyv hlobalizatsii na ekonomichni systemy ta vynyknennia mizh nymy konkurentsii [The impact of globalization on economic systems and the emergence of competition between them]. *Aktualni problemy innovatsiinoi ekonomiky*, 3, 52–58 [in Ukrainian].
5. Hlazunova, O. H., Korolchuk, V. I., & Voloshyna, T. V. (2019). Mizhdystsyplinaryni proiekt yak zasib formuvannia intehralnoi kompetentnosti maibutnikh IT-fakhivtsiv [Interdisciplinary project as a means of forming the integral competence of future IT specialists]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: Pedahohika*, 1, 136–147 [in Ukrainian].
6. Tsentr ekonomichnoho vidnovlennia. (2021). Ekspres-analiz potochnoho stanu IT-osvity v Ukraini. Materialy dlia obhovorennia [Express analysis of the current state of IT education in Ukraine. Materials for discussion]. Retrieved from <http://surl.li/qtiuh> [in Ukrainian].
7. Kuzminykh, V. O., Koval, O. V., & Taranenko, R. A. (2023). Modeli ta zasoby upravlinnia IT proiektamy [Models and tools for IT project management]. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho [in Ukrainian].
8. Smetaniuk, O. A., & Bondarchuk, A. V. (2020). Osoblyvosti systemy upravlinnia proiektamy v IT-kompaniiakh [Features of the project management system in IT companies]. *AHROSVIT*, 10, 105–111 [in Ukrainian].
9. Project Management Institute. (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.).

Ганцева Тетяна Валеріївна

*здобувачка вищої освіти кафедри фінансового аналізу та аудиту
Державного торговельно-економічного університету*

Gantseva Tetyana

*Higher Education Student of the Department of financial analysis and audit
State University of Trade and Economics*

Науковий керівник:

Міняйло Вікторія Петрівна

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри фінансового аналізу та аудиту
Державний торговельно-економічний університет*

ORCID: 0000-0001-5867-7135

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10854

ФІНАНСОВИЙ КОНТРОЛЬ ТА АУДИТ В ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я FINANCIAL CONTROL AND AUDIT IN HEALTHCARE INSTITUTIONS

Анотація. У статті розглядаються важливі аспекти фінансового контролю та аудиту в закладах охорони здоров'я. Особлива увага приділяється аналізу взаємозв'язку між внутрішнім і зовнішнім аудитом, державним фінансовим контролем і впровадженням цифрових технологій. Доведено значущість ефективного фінансового менеджменту для стабільного функціонування медичних установ. Запропоновані напрями вдосконалення механізмів контролю й аудиту спрямовані на забезпечення прозорості та раціонального використання фінансових ресурсів.

Ключові слова: фінансовий контроль, аудит, заклади охорони здоров'я, бюджетні кошти, цифрові технології.

Summary. The article examines the current issues of financial control and audit in healthcare institutions. The relationship between internal and external audit, state financial control and the implementation of digital technologies is analyzed. The importance of effective financial management in healthcare institutions is substantiated. Ways to improve control and audit mechanisms are proposed to ensure transparency in the use of funds.

Introduction. Financial control and audit are the main elements of financial resource management in healthcare. In the context of industry reform, the introduction of effective monitoring mechanisms that prevent abuse, increase the efficiency of fund allocation and promote transparency of financial transactions is especially important.

In Ukraine, healthcare is financed through budgetary and extra-budgetary sources, which requires careful control over their use. Despite the availability of a regulatory framework, there are a number of problems associated with the insufficient effectiveness of financial control and audit mechanisms.

Problem statement. Financial control and audit in healthcare institutions are important tools for ensuring the effective use of budget funds, preventing financial violations, and improving resource management. In the context of healthcare system reform, transparency of financial flows and control over their targeted use are of particular importance.

Analysis of recent research and publications. Modern research in the field of healthcare financial control focuses on issues of auditing the efficiency of the use of budget funds (Petrenko, 2020), the introduction of digital technologies into financial monitoring (Ivanenko, 2021), and the fight against corruption risks (Sydorenko, 2019). However, the issue of interaction between state and independent audit in ensuring the financial stability of healthcare institutions remains insufficiently explored.

Purpose of the article. The purpose of this study is to analyze modern approaches to financial control and audit in healthcare institutions, identify the main problems, and propose ways to solve them.

Key words: financial control, audit, healthcare institutions, budget funds, digital technologies.

Постановка проблеми. Фінансовий контроль і аудит виступають ключовими складовими управління фінансовими ресурсами у галузі охорони здоров'я. В умовах реформування системи особливу важливість набуває впровадження дієвих інструментів моніторингу, які дозволяють уникати зловживань, забезпечувати ефективний розподіл коштів і підвищувати прозорість фінансових процесів.

В Україні фінансування медичної галузі здійснюється як за рахунок бюджетних, так і позабюджетних джерел, що обумовлює необхідність ретельного контролю за їх раціональним використанням. Проте, попри існування нормативно-правової бази, залишається низка проблем, пов'язаних із недостатньою ефективністю систем фінансового контролю та аудиту.

Фінансовий контроль і аудит у медичних закладах виступають ключовими інструментами для забезпечення раціонального використання бюджетних ресурсів, запобігання фінансовим порушенням та підвищення ефективності управління ресурсами. У контексті реформування системи охорони здоров'я особливу важливість має прозоре управління фінансовими потоками та контроль за їх цільовим і ефективним використанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження у сфері фінансового контролю охорони здоров'я зосереджуються на питаннях аудиту ефективності використання бюджетних коштів (Петренко, 2020), впровадженні цифрових технологій у фінансовий моніторинг (Іваненко, 2021) та боротьбі з корупційними ризиками (Сидоренко, 2019). Проте залишається недостатньо розкритим питання взаємодії державного та незалежного аудиту у забезпеченні фінансової стабільності медичних закладів.

Мета статті. Метою даного дослідження є аналіз сучасних методів фінансового контролю та аудиту в установах охорони здоров'я, ідентифікація ключових проблем і розробка рекомендацій щодо їх подолання.

Основний матеріал дослідження. Сутність і значення фінансового контролю у сфері охорони здоров'я.

Фінансовий контроль у медичних установах — це система заходів, що спрямована на перевірку законності, ефективності та раціонального використання фінансових ресурсів. Він охоплює аналіз витрат на надання медичних послуг, перевірку документації,

контроль за дотриманням бюджетних зобов'язань та відповідністю фінансування чинним нормативам.

Основні функції фінансового контролю:

1. Запобігання фінансовим порушенням — контроль за дотриманням законодавчих вимог і фінансової дисципліни.

2. Розподіл ресурсів — забезпечення справедливо розподілу фінансових коштів між закладами та підрозділами.

3. Оцінка ефективності витрат — перевірка, наскільки ефективно використовуються виділені кошти.

4. Підвищення прозорості — запобігання корупційним ризикам та нецільовому використанню ресурсів.

Фінансовий контроль здійснюється на державному рівні через спеціальні органи (Державна аудиторська служба, Рахункова палата, Національна служба здоров'я України) та внутрішні підрозділи медичних установ.

Фінансовий контроль у закладах охорони здоров'я включає:

- **Внутрішній контроль**, що здійснюється керівництвом закладу;
- **Зовнішній аудит**, який проводять незалежні аудиторські компанії;
- **Державний контроль**, що здійснюється органами Державної аудиторської служби та Рахункової палати України.

Аудит це незалежна оцінка фінансової діяльності закладу охорони здоров'я з метою визначення точності фінансової звітності, відповідності витрат до запланованих бюджетних показників та виявлення можливих ризиків.

Основні види аудиту в медичних закладах:

1. Внутрішній аудит — проводиться службами внутрішнього контролю лікарень або медичних установ для аналізу власної фінансової діяльності.

2. Зовнішній аудит — здійснюється незалежними аудиторськими компаніями чи державними органами контролю.

3. Операційний аудит — оцінює ефективність управління фінансами, оптимізацію витрат та ефективність використання бюджетних коштів.

4. Фінансовий аудит — перевіряє відповідність фінансової звітності до стандартів бухгалтерського обліку та законодавчих вимог.

Впровадження сучасних цифрових технологій дозволяє покращити якість фінансового контролю у закладах охорони здоров'я. Сучасні інформаційні

Таблиця 1

Види фінансового контролю в закладах охорони здоров'я

Вид контролю	Суб'єкт контролю	Основні функції
Внутрішній контроль	Адміністрація лікарні	Оцінка фінансової ефективності та запобігання порушенням
Зовнішній аудит	Незалежні аудитори	Перевірка фінансової звітності, виявлення ризиків
Державний контроль	Державні органи	Контроль дотримання бюджетної дисципліни та законодавства

системи дозволяють автоматизувати фінансовий моніторинг, зменшити ризики шахрайства, покращити точність фінансового обліку та сприяти швидкому прийняттю управлінських рішень.

Основні цифрові технології, що використовуються у фінансовому контролі медичних закладів:

- **Блокчейн** — технологія, яка забезпечує прозорість та захищеність фінансових операцій. Використання блокчейну у сфері охорони здоров'я дозволяє створити децентралізовані реєстри фінансових транзакцій, які неможливо підробити або змінити. Це знижує корупційні ризики та забезпечує достовірність облікових даних.
- **Штучний інтелект (AI) та машинне навчання** — використовуються для аналізу великих обсягів фінансових даних, виявлення підозрілих транзакцій та прогнозування можливих фінансових порушень. Алгоритми AI можуть автоматично оцінювати ефективність використання бюджетних коштів та попереджати про ризики фінансових зловживань.
- **Хмарні технології** — забезпечують централізоване зберігання фінансової документації та полегшують доступ до неї для всіх зацікавлених сторін. Використання хмарних сервісів у фінансовому аудиті дозволяє зменшити ризик втрати даних, спрощує обмін інформацією між установами та прискорює процес аудиту.
- **Big Data та аналітика** — технології обробки великих даних допомагають аналізувати фінансові потоки медичних закладів, виявляти аномалії та оптимізувати бюджетні витрати. Завдяки використанню аналітичних платформ керівники медичних установ можуть приймати обґрунтовані рішення щодо розподілу коштів.
- **Автоматизовані системи фінансового управління** — такі системи, як ERP (Enterprise Resource Planning), допомагають інтегрувати бухгалтерський облік, аудит, закупівлі та управління персоналом в єдину платформу, що значно підвищує ефективність фінансового менеджменту у лікарнях та поліклініках.

Застосування цифрових технологій у фінансовому контролі медичних закладів сприяє підвищенню ефективності використання бюджетних ресурсів, забезпеченню прозорості та зниженню рівня фінансових зловживань. Подальші дослідження мають

бути спрямовані на розробку нових методик автоматизованого аудиту та інтеграцію різних цифрових платформ у єдину систему управління фінансами у сфері охорони здоров'я.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Фінансовий контроль та аудит у сфері охорони здоров'я мають вирішальне значення для ефективного використання ресурсів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку інтегрованих систем фінансового моніторингу з використанням сучасних інформаційних технологій. Використання сучасних цифрових технологій, таких як блокчейн, штучний інтелект, хмарні сервіси та ERP-системи, дозволяє мінімізувати ризики корупції, підвищити точність фінансових даних і покращити процеси управління фінансовими потоками.

Незважаючи на позитивні зрушення у сфері фінансового аудиту, залишається низка викликів, які потребують вирішення. Зокрема, це недостатня цифровізація фінансового контролю у державних медичних установах, відсутність єдиних стандартів аудиту, а також необхідність підвищення фінансової грамотності керівників медичних закладів.

Перспективи подальших досліджень у цій сфері включають розробку інтегрованих цифрових систем моніторингу, впровадження штучного інтелекту для автоматизованого аудиту та адаптацію міжнародного досвіду фінансового контролю до умов української медицини. Такі дослідження сприятимуть підвищенню ефективності управління фінансами у сфері охорони здоров'я та забезпеченню стабільності її фінансової системи.

Conclusions and prospects for further research. Financial control and audit in the healthcare sector are crucial for the effective use of resources. Further research can be aimed at developing integrated financial monitoring systems using modern information technologies. The use of modern digital technologies, such as blockchain, artificial intelligence, cloud services and ERP systems, allows minimizing corruption risks, increasing the accuracy of financial data and improving financial flow management processes.

Despite positive developments in the field of financial audit, a number of challenges remain that need to be addressed. In particular, this is the insufficient

Таблиця 2

Використання цифрових технологій у фінансовому аудиті

Технологія	Переваги
Блокчейн	Неможливість підробки фінансових даних, прозорість операцій
Штучний інтелект	Автоматизований аналіз даних, виявлення аномалій
Хмарні сервіси	Швидкий доступ до інформації, зменшення ризиків втрати даних
Big Data	Глибока аналітика фінансових потоків, прогнозування ризиків
ERP-системи	Централізоване управління фінансами, зниження операційних витрат

digitalization of financial control in state medical institutions, the lack of uniform audit standards, as well as the need to improve the financial literacy of medical institution managers.

Prospects for further research in this area include the development of integrated digital monitoring systems,

the introduction of artificial intelligence for automated auditing and the adaptation of international experience in financial control to the conditions of Ukrainian medicine. Such research will help improve the efficiency of financial management in the healthcare sector and ensure the stability of its financial system.

Література

1. Петренко О. Фінансовий аудит у сфері охорони здоров'я. Київ: Наукова думка, 2020.
2. Іваненко Л. Цифрові технології у фінансовому моніторингу. Львів: Видавництво ЛНУ, 2021.
3. Сидоренко В. Корупційні ризики в медичних закладах та шляхи їх подолання. Харків: Основа, 2019.

References

1. Petrenko O. Financial audit in the healthcare sector. Kyiv: Naukova Dumka, 2020.
2. Ivanenko L. Digital technologies in financial monitoring. Lviv: LNU Publishing, 2021.
3. Sydorenko V. Corruption risks in medical institutions and ways to overcome them. Kharkiv: Osnova, 2019.

УДК 339.138

Ковалевська Яна Олександрівна

*здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
кафедри економіки підприємства*

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Kovalevska Yana

*second (Master's) Level higher Education Student of the
Department of Business Economics*

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Любіч Тетяна Антонівна

*здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
кафедри економіки підприємства*

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Liubich Tetiana

*second (Master's) Level higher Education Student of the
Department of Business Economics*

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Суша Софія Стефанівна

*здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
кафедри економіки підприємства*

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Sukha Sofiia

*second (Master's) Level higher Education Student of the
Department of Business Economics*

Taras Shevchenko National University of Kyiv

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10944

АНАЛІЗ РИНКОВОГО КОНКУРЕНТНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ КОМПАНІЙ УКРАЇНИ

ANALYSIS OF THE MARKET COMPETITIVE ENVIRONMENT AND COMPETITIVENESS OF TELECOMMUNICATIONS COMPANIES IN UKRAINE

Анотація. У статті здійснено комплексний аналіз конкурентного середовища ринку телекомунікацій та оцінено конкурентоспроможність провідних компаній, що на ньому функціонують. Розглянуто основні чинники, які впливають на динаміку галузі, зокрема рівень технологічного розвитку, регуляторну політику та стратегії ринкових гравців. Визначено ключові напрями посилення конкурентоспроможності телекомунікаційних компаній в умовах зростаючої ринкової конкуренції.

Ключові слова: телекомунікаційний ринок, конкурентоспроможність, ринкова концентрація, інноваційні послуги.

Summary. The article presents a comprehensive analysis of the competitive environment in the telecommunications market and assesses the competitiveness of key companies operating within it. The study explores major factors influencing industry dynamics, including technological advancement, regulatory policy, and the strategies of market players. Key directions for enhancing the competitiveness of telecommunications companies in a highly competitive market environment are identified.

Key words: telecommunications market, competitiveness, market concentration, innovative services.

Вступ. У сучасному цифровому середовищі телекомунікаційний сектор відіграє ключову роль у забезпеченні зв'язку, доступу до інформації, цифрових послуг та розвитку інших галузей економіки. Зокрема, в Україні телекомунікації є не лише базовою інфраструктурою для бізнесу й державного управління, але й критично важливим каналом для громадян в умовах війни. Водночас телеком-ринок перебуває під впливом численних викликів, включаючи технологічні зміни, геополітичні ризики, макроекономічну нестабільність та загострення конкурентної боротьби. У таких умовах постає необхідність комплексного аналізу поточного стану галузі, її гравців та рівня їхньої конкурентоспроможності.

Постановка проблеми. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю глибшого розуміння структури телекомунікаційного ринку України та здатності компаній адаптуватися до нових умов, зокрема воєнного стану, цифрової трансформації, а також глобальних технологічних трендів, як-от 5G, eSIM, хмарні сервіси тощо. Дослідження конкурентоспроможності компаній дозволяє оцінити не лише їхню економічну ефективність, а й потенціал до подальшого розвитку та інтеграції у європейський і світовий ринок телекомунікацій.

Мета статті. Метою статті є аналіз сучасного стану ринку телекомунікацій України, визначення рівня конкурентоспроможності основних компаній, а також виявлення чинників, що впливають на динаміку розвитку галузі в умовах внутрішніх викликів та глобальних тенденцій.

Виклад основного матеріалу. Ринок телекомунікацій України є одним із найдинамічніших секторів економіки, що водночас залишається висококонцентрованим за структурою. Незважаючи на велику кількість зареєстрованих учасників — понад 5 тисяч компаній, серед яких майже чверть становлять фізичні особи-підприємці, основну частину ринку контролюють кілька великих операторів. Така ситуація є характерною для олігополістичної моделі ринку,

де домінування окремих гравців визначає рівень конкуренції, ціноутворення, доступ до технологій та інвестицій.

Олігополія являє собою ринкову модель, де основну частину прибутку галузі формують кілька великих компаній, кожна з яких має здатність впливати на ринкові ціни [3].

Для того, аби простежити динаміку ринку та попиту населення на запропоновані послуги телекомунікації, пропонуємо розглянути динаміку обсягів реалізованих телекомунікаційних послуг та динаміку розповсюдження активних SIM-карток серед населення на території України (рис. 1, 2).

За даними рис. 1 можемо зробити висновок, що ринок телекомунікацій показує тенденцію до росту, особливо слід підкреслити те, що у 2023 році ринок не просто відновився до довоєнних показників, а й показав значний ріст, незважаючи на складну ситуацію, що склалась у країні.

За даними рис. 2 бачимо, що попит населення на SIM-картки, тобто користування мобільними послугами, також щорічно зростає, що означає, що у операторів на даному ринку є можливості для захоплення більшої частини ринку у порівнянні з теперішнім станом та для подальшого розширення своєї клієнтської бази.

Тож ознайомимось з топ-10 гравців на цьому ринку, їх доходами та їх відсотками від загального доходу у галузі (табл. 1).

На основі представленої інформації можемо прослідкувати, що основними гравцями на ринку, що займають найбільші його частки, є «Київстар», «ВФ Україна» та «Лайфселл». Загальна зайнята ними частка ринку складає понад 60%. Розглянемо динаміку часток цих операторів у загальній структурі доходу ринку телекомунікацій за 2021–2023 рр. (рис. 3).

Візуально порівнявши частки окремих операторів у загальних доходах ринку, можемо підтвердити тезу про домінацію трьох найбільших гравців на ринку. При цьому можемо помітити, що компанія

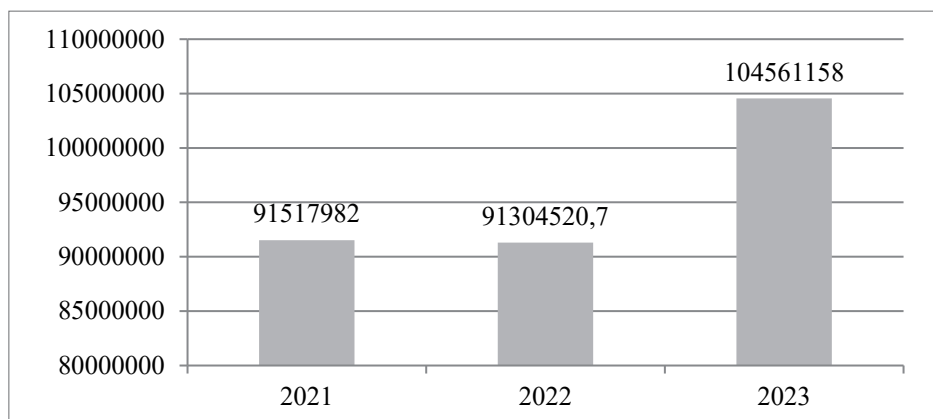


Рис. 1. Динаміка обсягів реалізованих послуг на ринку телекомунікацій України в період 2021–2023 рр.

Джерело: узагальнено авторами на основі [9]

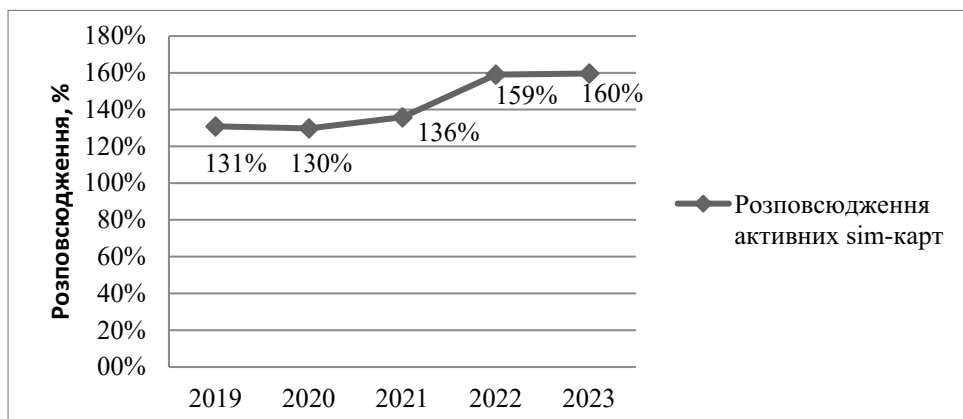


Рис. 2. Динаміка розповсюдження активних SIM-карток у 2019–2023 рр.

Джерело: узагальнено авторами на основі [9]

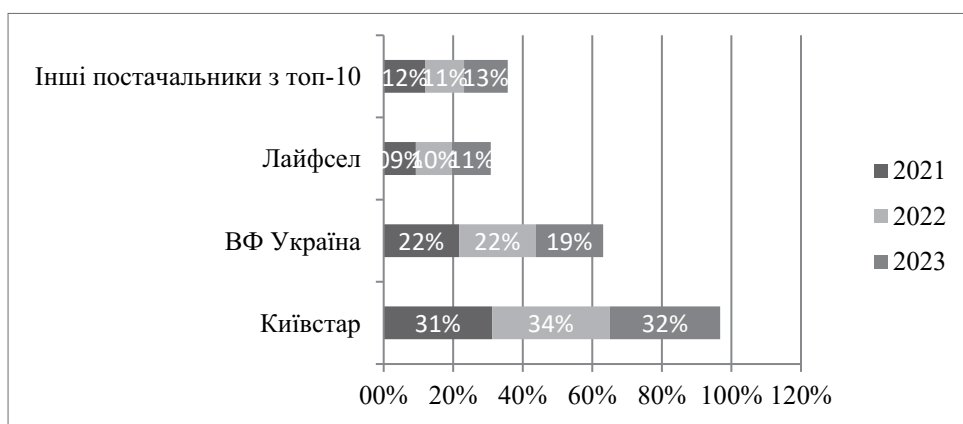


Рис. 3. Частки найбільших операторів за відсотком їх доходу у загальному доході телекомунікаційної галузі України у 2021–2023 рр.

Джерело: сформовано авторами на основі [9; 11]

«Лайфсел» за розглянутий період показує лише тенденцію до зростання, «ВФ Україна» же навпаки за проаналізовані роки втрачає позиції, а «Київстар» діє з перемінним успіхом, проте все таки залишається лідером на ринку.

На рис. 4 представлені дані щодо розподілу часток ринку, зайнятих операторами, на базі кількості залучених ними абонентів.

Порівнюючи частки ринку операторів за наявною базою активних абонентів, бачимо, що ситуація є

Таблиця 1

Топ-10 гравців ринку телекомунікацій України за 2023 р.

Компанія	Дохід, тис. грн	% від загального доходу у галузі
ПрАТ «Київстар»	33165048	31,7%
ПрАТ «ВФ УКРАЇНА»	20265622	19,4%
ТОВ «ЛАЙФСЕЛЛ»	11712123	11,2%
АТ «УКРТЕЛЕКОМ»	4164529-	4,0%
ДП «УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЦЕНТР РАДІОЧАСТОТ»	2021544	1,9%
ТОВ «ВОЛЯ-КАБЕЛЬ»	1911457	1,8%
ТОВ «ЦЕНТР ГЛОБАЛЬНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ УКРАЇНА»	1573524	1,5%
ПрАТ «ДАТАГРУП»	1561840	1,5%
ТОВ «ХУАВЕЙ УКРАЇНА»	1178548	1,1%
ТОВ «ПРОКСІМУС»	770222	0,7%

Джерело: сформовано авторами на основі [9; 11]

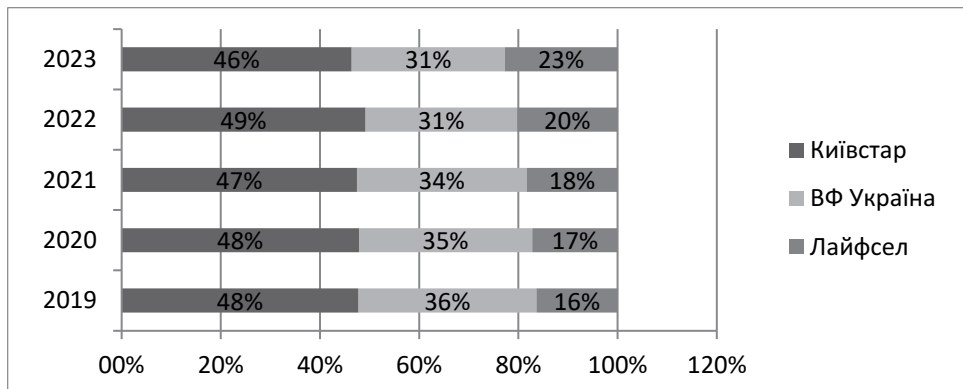


Рис. 4. Частки ринку найбільших операторів за кількістю активних абонентів у 2019–2023 рр.

Джерело: узагальнено авторами на основі [9]

дуже схожою до порівняння за доходами, адже «Київстар» є лідером ринку, проте тут його динаміка тільки покращується, так само як і у «ВФ Україна», а от компанія «Лайфсел» в аспекті абонентів має спадну тенденцію з року в рік, не дивлячись на те, що частка на ринку за доходами в неї збільшується.

Відповідно до проведеного аналізу щодо структури ринку телекомунікаційних послуг України, часток розподілу ринку між найбільшими гравцями, а також часток ринку найбільших операторів за кількістю активних абонентів, можна зробити припущення, що досліджуваний ринок є олігополією.

Виходячи з наявної інформації про розподіл часток між провідними гравцями, необхідно проаналізувати ступінь концентрації ринку, що відображає кількість компаній, які працюють на ринку, та їх відповідні ринкові частки, імпліцитно вказуючи на рівень конкуренції [10, с. 197].

А. Ігнатюк характеризує концентрацію ринку як показник його структури, що віддзеркалює відносний розмір і число компаній, які пропонують товари на ринку [1, с. 87].

Для дослідження рівня концентрації, перш за все, визначимо товарні, географічні і часові межі

досліджуваного ринку. Товарними межами ринку телекомунікаційних послуг України є послуги, що надаються провайдерами та операторами телекомунікаційних послуг, а саме мобільний зв'язок, фіксований доступ до Інтернету, фіксований зв'язок (голосові послуги) та інші, відповідно до даних Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку (рис. 5).

Територіальні межі ринку охоплюють не лише Україну, а й решту країн, де доступне до підключення до роумінгу українських SIM-карт. Часові межі ринку обмежені часвим періодом протягом якого здійснюється аналіз концентрації ринку, а саме з 2019 по 2023 рр.

Концентрація ринку вимірюється за допомогою великої кількості показників, серед яких найбільшого поширення та розповсюдження застосування набули Індекси концентрації (CR) та індекси Герфіндала-Гіршмана (ННІ).

Коефіцієнт концентрації, який можна вимірювати у відсотках або частках, відображає долю окремих найбільших підприємств у структурі конкретного

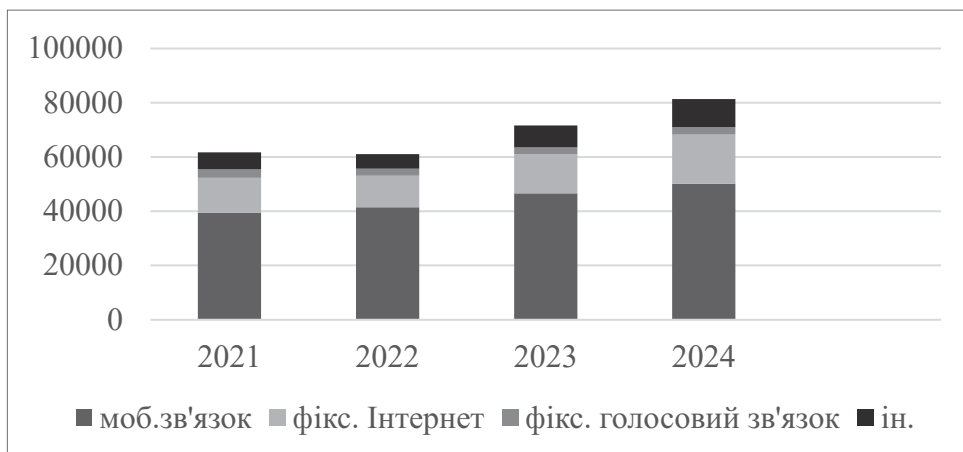


Рис. 5. Динаміка доходів в сфері електронних комунікацій в розрізі послуг у третьому кварталі 2021–2024 рр.

Джерело: узагальнено авторами на основі [4]

галузевого ринку. Загалом чим вищим є значення цього показника, тим вищим є ступінь концентрації галузевого ринку і тим слабша конкуренція, а найбільші підприємства володіють найбільшою ринковою владою [2, с. 20–21].

Загальноприйнято, що в процесі аналізу галузевих ринків, особливо їхньої структури, найбільш поширеним інструментом є коефіцієнт концентрації [15, с. 214]. Відповідно до українського законодавства, під час аналізу ринку необхідно визначати долі, що належать найбільшому, трьом найбільшим і п'ятьом найбільшим підприємствам, а саме розраховувати показники CR1, CR3 та CR5 [2, с. 20–21].

Для визначення рівня концентрації на ринку телекомунікаційних послуг спрешу обрахуємо коефіцієнт кореляції для трьох найбільших за часткою підприємств за 2021–2023 рр. за формулою:

$$CR_n = \sum_{i=1}^n S_i,$$

де S_i — відсоткова частка збуту i -го продавця у сукупному обсязі продажів конкретного асортименту товарів на ринку, %; n — загальна кількість підприємств галузевого ринку, що враховуються при обчисленні коефіцієнта.

На рис. 6 наведено динаміку рівня концентрації на ринку телекомунікаційних послуг за 2021–2023 рр. для компаній з найбільшими частками ринку — ПрАТ «Київстар», ПрАТ «ВФ УКРАЇНА», ТОВ «Лайфселл».

Протягом досліджуваного періоду значення коефіцієнт концентрації знаходиться в межах $45\% < CR3 < 70\%$, отже ринок телекомунікацій України у період з 2021 по 2023 рр. є помірно концентрованим.

Також для розрахунку рівня концентрації з урахуванням усіх часток на ринку підприємств використовують індекс Херфіндала-Хіршмана. Оскільки на ринку телекомунікацій України у 2023 році функціонувало близько 5374 компаній, результати розрахунку даного показника можуть бути недостовірними, навіть при використанні «закону великих чисел».

Тож відповідно до проведеної оцінки за коефіцієнтом концентрації ринок є телекомунікаційних

послуг є помірно концентрованим, що спричинено декількома причинами. Перш за все, спектр послуг досліджуваного ринку є доволі широким і найбільші гравці ринку і найбільші гравці ринку не забезпечують усі з них. По друге, особливості надання послуг вимагають наявності необхідного інфраструктурного забезпечення, яке є дороговартісним.

Щоб більш повно оцінити конкурентне становище українського телекомунікаційного ринку, доцільно розглянути його в контексті провідних міжнародних трендів. Зокрема, порівняння з ринками США, Німеччини та Польщі дозволяє зрозуміти рівень технологічного розвитку, фінансової ефективності, клієнтоорієнтованості та інвестиційної активності. Такий порівняльний аналіз дає змогу визначити напрями, де українські оператори можуть запозичити кращі практики, а також виявити внутрішній потенціал для зростання конкурентоспроможності.

Далі наведено узагальнену таблицю (табл. 2) ключових показників телекомунікаційних ринків США, Німеччини, Польщі та України, що охоплює фінансові, технологічні та якісні аспекти.

США мають найрозвиненіший телекомунікаційний ринок із широким охопленням 5G, високим рівнем технологічних інновацій і потужним сегментом MVNO. Німеччина демонструє стабільність, якість покриття та сильну конкуренцію в OTT-сервісах і «зелених» технологіях. Польща, хоч і поступається за масштабом, активно впроваджує нові технології, має динамічний ринок і високий рівень PayTV-охоплення. Україна, попри складні умови, демонструє гнучкість, цифровізацію послуг і адаптацію до викликів завдяки зусиллям провідних гравців, але поки що відстає в розвитку 5G, MVNO та інфраструктури.

Ринок телекомунікацій в Україні переживає значні зміни через політичні, економічні та соціальні виклики, що виникли внаслідок війни. Проте, завдяки державній підтримці, прогресивним технологічним інноваціям та міжнародній допомозі, галузь залишається життєздатною та адаптується до нових умов. У таблиці 3 наведено детальний PESTLE-аналіз, що відображає основні фактори, які впливають на розвиток телекомунікаційного сектору в Україні.

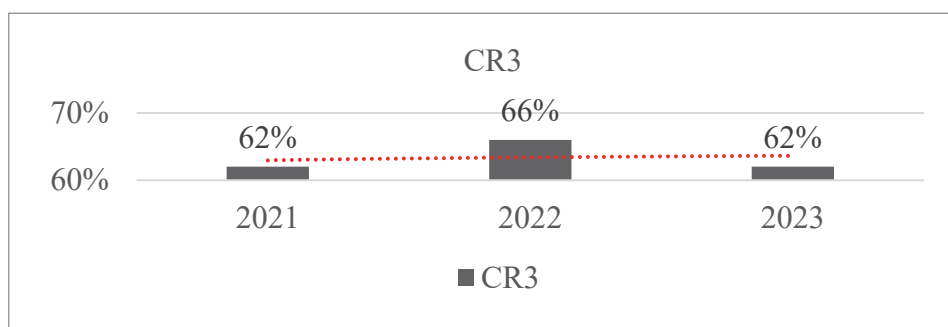


Рис. 6. Динаміка рівня концентрації на ринку телекомунікаційних послуг за 2021–2023 рр.

Джерело: складено авторами на основі [9, 11]

Таблиця 2

Порівняльний аналіз ринків телекомунікаційних послуг

Показник	США	Німеччина	Польща	Україна
Концентрація ринку	Висока	Помірна	Низька	Помірна
CAGR	3,67%	5,53%	6,00%	6,87%
Рівень покриття 4G/5G/6G	4G майже повне, 5G покриття понад 85%, починаються роботи щодо покриття 6G	4G >99%, 5G розширюється (Deutsche Telekom)	4G = 85–90%, 5G очікується на 81% до 2026 року	4G = +90%, 5G обмежене (з 2022 р. запуск Kyivstar, Vodafone)
Рівень проникнення Інтернету	>90%	93%	>90%	~75%
Основні гравці	AT&T, Verizon, T-Mobile + MVNOs	Deutsche Telekom, Vodafone, Telefónica	Orange, T-Mobile, Play, Plus	Kyivstar, Vodafone, Lifecell + MVNOs
Рівень впровадження 5G	Широке розгортання (лідер ринку)	У процесі впровадження	Початок впровадження	Початкові етапи (обмежене покриття)
QoS	Висока швидкість, низька латентність	Висока стабільність, 5G розширює можливості	Достатньо стабільна, зростання оптоволоконних мереж	Мінлива якість (вплив інфраструктури і війни)
Технологічні інновації	eSIM, NB-IoT, edge computing, фінансові сервіси	5G use-cases, green telecom, eSIM	Хмарні сервіси, е-платежі, VoIP, інтерактивне ТБ	eSIM, VoIP, фінтех-послуги (через додатки операторів)
Тренди	Консолідація, focus на 5G/IoT, хмарна інфраструктура	Конкуренція в OTT, енергоефективність	Зростання eSIM, 5G, телемедицина, OTT	Виживання під час війни, діджиталізація, релокація користувачів
MVNO	Дуже розвинені (Google Fi, Boost Mobile, Visible тощо)	Розвинені (1&1 Drillisch, ALDI TALK)	Деякі активних (np. Virgin Mobile, nju mobile)	Обмежено розвинені (Lyca Mobile, Vega, інші ніші)

Джерело: складено авторами на основі джерел [5; 6; 7; 8; 11; 12; 14; 16; 17]

Таблиця 4

PESTLE-аналіз ринку телекомунікаційних послуг України

Чинник	Зміст
Р — Політичні	<ul style="list-style-type: none"> – Війна та регіональна нестабільність впливають на інфраструктуру. – Державна підтримка телеком-галузі як критичної інфраструктури. – Стабільна регуляція, поступове впровадження 5G. – Євроінтеграція та адаптація законодавства до норм ЄС.
Е — Економічні	<ul style="list-style-type: none"> – Зниження купівельної спроможності абонентів, зменшення ARPU. – Ризики для іноземних інвестицій через війну. – Активна цифровізація стимулює попит на нові сервіси. – Фінансова підтримка від міжнародних партнерів.
S — Соціальні	<ul style="list-style-type: none"> – Внутрішня міграція змінює структуру споживання послуг. – Зростання цифрової грамотності. – Підвищений попит на безперебійний та стабільний зв'язок.
T — Технологічні	<ul style="list-style-type: none"> – Початкове впровадження 5G. – Широке використання eSIM, VoIP, фінтех-додатків. – Модернізація мереж, хмарні рішення, резервні канали зв'язку. – Залежність від імпортного обладнання.
L — Правові	<ul style="list-style-type: none"> – Реформування регуляторного органу НКЕК. – Посилена увага до захисту персональних даних. – Законодавчі ініціативи на підтримку цифрових інновацій.
Е — Екологічні	<ul style="list-style-type: none"> – Початок впровадження енергоефективних рішень (сонячні панелі на базових станціях). – Відновлення пошкодженої інфраструктури з урахуванням «зелених» стандартів. – Участь у міжнародних ініціативах із «зеленого зв'язку».

Джерело: складено авторами

PESTLE-аналіз показує, що телекомунікаційний сектор України діє в умовах високої нестабільності, однак демонструє адаптивність і потенціал до трансформації. Найбільші виклики пов'язані з політичними та безпековими ризиками, проте технічна модернізація, цифровізація та підтримка міжнародних партнерів створюють основу для подальшого розвитку.

Для більш глибокого розуміння позицій основних компаній на телекомунікаційному ринку України доцільно застосувати матрицю BCG (графічне зображення наведено на рис. 7), яка дозволяє зіставити частку ринку компанії з темпами його зростання. Це не лише ілюструє стратегічне становище гравців, а й дає змогу оцінити їхню поточну та потенційну конкурентоспроможність. Завдяки цьому інструменту можна визначити, які оператори зміцнюють свої ринкові позиції та мають перспективи інвестування, а які — втрачають динаміку та вимагають стратегічних змін.

Отже, Київстар знаходиться у квадранті «Зірки», бо займає лідерську позицію на ринку, що швидко зростає. Це свідчить про його сильні позиції та потенціал для подальшого розвитку, але також вимагає значних інвестицій для підтримки лідерства. ПРАТ

«ВФ Україна» та ТОВ «Лайфселл», представлені у квадранті «Знаки питання», оперують на ринку з високим темпом зростання, але мають меншу відносну частку ринку порівняно з лідером. Їм необхідно прийняти стратегічне рішення щодо подальших інвестицій для збільшення своєї частки та переходу до категорії «Зірок», оскільки без значних зусиль вони можуть опинитися у категорії «Бідні собаки». Загалом, матриця вказує на динамічний ринок мобільного зв'язку в Україні з високим потенціалом зростання, де «Київстар» є явним лідером, а інші гравці намагаються зміцнити свої позиції.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Ринок телекомунікацій України є яскравим прикладом олігополії, де домінують кілька великих гравців. Аналіз концентрації ринку за допомогою коефіцієнтів концентрації (CR) показав, що ринок телекомунікацій України є помірно концентрованим.

Помірна концентрація ринку зумовлена необхідністю великих інфраструктурних інвестицій, що обмежує вхід нових гравців. Важливим є державний контроль для підтримки конкуренції та захисту споживачів.

Незважаючи на складну економічну ситуацію в країні, ринок телекомунікацій демонструє стійкі

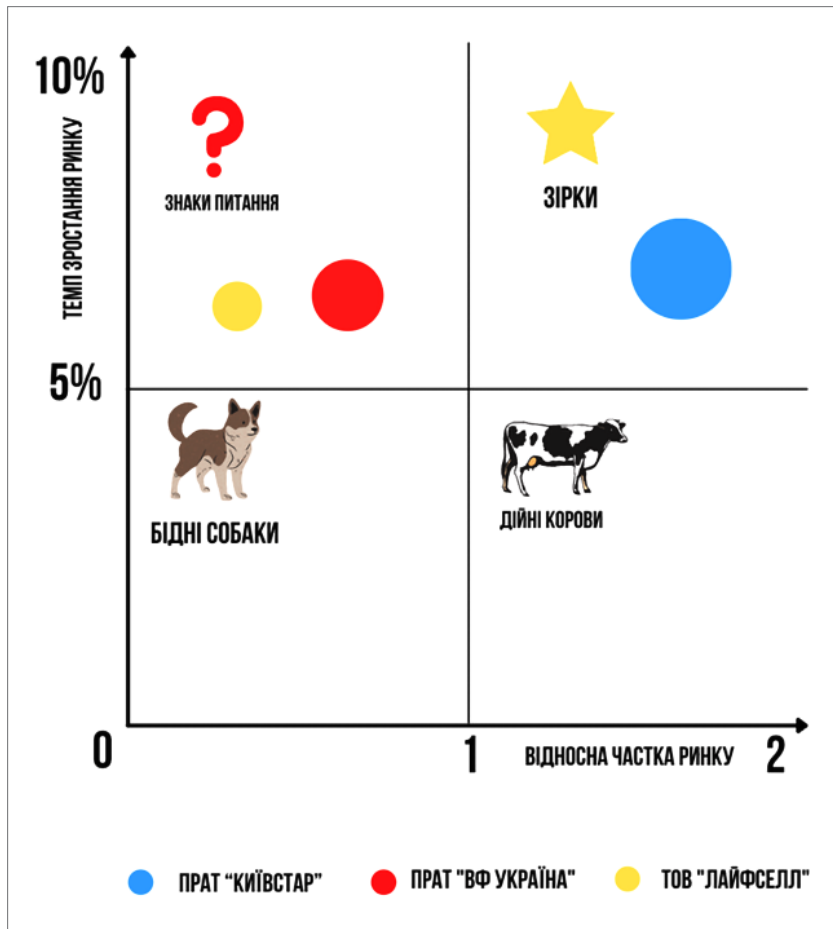


Рис. 7. Матриця BCG

Джерело: складено авторами на основі [13]

тенденції до зростання. Попит на мобільні послуги та активні SIM-карти серед населення постійно зростає, що свідчить про можливість для подальшого розширення ринку та збільшення клієнтської бази.

Україна, на відміну від США, Німеччини чи Польщі, перебуває на етапі раннього впровадження 5G і має низький рівень проникнення інтернету, але зберігає потенціал для цифрового прориву. Ключовими драйверами розвитку є підтримка міжнародних партнерів, зростання цифрових сервісів та зусилля операторів зберігати якість послуг. За результатами аналізу BCG, «Київстар» є лідером

на ринку, а «ВФ Україна» та «Лайфселл» повинні адаптувати стратегії для зміцнення своїх позицій у перспективних сегментах.

Подальші перспективи досліджень вбачаються у поглибленому вивченні впливу нових технологій, таких як 5G та IoT, на конкурентоспроможність компаній, а також у дослідженні нових тенденцій у регуляторній політиці та стратегіях ринкових гравців. Крім того, важливим напрямком є дослідження інтеграції телекомунікаційних компаній із іншими індустріями та аналіз того, як це може вплинути на їх конкурентоспроможність на глобальному рівні.

Література

1. Ігнатюк А. Галузеві ринки: теорія, практика, напрями регулювання: [монографія] / А. Ігнатюк. К. : ННЦ ІАЕ, 2010. 465 с.
2. Костецька Н., Ляхович Л. Методичні аспекти оцінювання рівня концентрації галузевих ринків. *Галицький економічний вісник*. 2023. № 5 (84). https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.05.
3. Луньова Т. С. Олігополія: питання теорії та практики. International Science Group. 2022. Multidisciplinary academic notes. *Science research and practice*. С. 187–189. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.15>.
4. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку. *Електронні комунікації у цифрах*. URL: <https://nkek.gov.ua/diialnist/sfery-diialnosti/elektronni-komunikatsii/elektronni-komunikatsii-u-tsyfrakh> (дата звернення: 15.04.2025).
5. Офіційний сайт Київстар. URL: https://kyivstar.ua/home?experiment_id=main_page_promo_test_17.4.2025&variant_id=b (дата звернення: 15.04.2025).
6. Офіційний сайт Lifecell. URL: <https://www.lifecell.ua/uk/> (дата звернення: 15.04.2025).
7. Офіційний сайт Vodafone Україна. URL: <https://www.vodafone.ua/> (дата звернення: 15.04.2025).
8. Прогнози щодо розвитку технологій, медіа та телекомунікацій у 2024 році від «Делойт». *Deloitte*. <https://www.deloitte.com/ua/uk/about/press-room/deloitte-technology-media-telecom-2024-predictions.html> (дата звернення: 15.04.2025).
9. Сайт Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 18.02.2025).
10. Сисько О.Г., Страхов А. О. Теоретичні аспекти оцінювання концентрації ринків. *Актуальні проблеми сучасного бізнесу: обліково-фінансовий та управлінський аспект*. 2022. С. 197–198. URL: <https://surl.gd/vfewen> (дата звернення: 15.04.2025).
11. Телекомунікації України. *YouControl Market Catalog*. URL: <https://catalog.youcontrol.market/telekomunikatsii> (дата звернення: 18.02.2025).
12. Український телеком-ринок, найімовірніше, перетне позначку в 100 млрд. за підсумками 2024 року. Які послуги зростають найбільше. *Dev.ua*. URL: <https://dev.ua/news/telecom-market-1726846271> (дата звернення: 15.04.2025).
13. Draws L. Die BCG Matrix einfach erklärt mit Beispiel. *Wissensdatenbank.Modelle & Konzepte*. 2019. URL: <https://www.scribbr.de/modelle-konzepte/bcg-matrix/> (дата звернення: 15.04.2025).
14. Germany Telecom Market Size & Share Analysis — Growth Trends & Forecasts (2025–2030). *Mordor Intelligence*. UTM: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/germany-telecom-market> <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/germany-telecom-market> (дата звернення: 15.04.2025).
15. Lipczynski J., Wilson J., Goddard J. *Industrial Organization: Competition, Strategy, Policy*. Harlow, UK: Prentice Hall, 2005. p. 780.
16. Poland Telecom Market Size & Share Analysis — Growth Trends & Forecasts (2025–2030). *Mordor Intelligence*. UTM: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/poland-telecom-market> <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/poland-telecom-market> (дата звернення: 15.04.2025).
17. US Telecom Market Size & Share Analysis — Growth Trends & Forecasts (2025–2030). *Mordor Intelligence*. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/united-states-telecom-market> (дата звернення: 15.04.2025).

Москаленко Павло Сергійович

здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти

Національного університету «Києво-Могилянська академія»

Moskalenko Pavlo

Master's Degree Student

National University of «Kyiv-Mohyla Academy»

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10918

МАРКЕТИНГ МАЙБУТНЬОГО: ЯК ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ НА ОСНОВІ ШІ ТРАНСФОРМУЄ ВЗАЄМОДІЮ З КЛІЄНТОМ

MARKETING OF THE FUTURE: HOW AI-DRIVEN PERSONALIZATION IS TRANSFORMING CUSTOMER ENGAGEMENT

Анотація. У статті досліджується трансформаційний вплив персоналізації на основі штучного інтелекту (ШІ) на сучасні маркетингові стратегії та поведінку споживачів. Проаналізовано, як алгоритми машинного навчання, обробка природної мови, рекомендаційні системи та чат-боти формують індивідуалізований клієнтський досвід. На основі численних прикладів зі світової практики (Netflix, Amazon, Starbucks, McDonald's) об'єднано вплив персоналізації на зростання лояльності, конверсії та споживчого задоволення. Особливу увагу приділено поточним трендам 2023–2025 років, зокрема гіперперсоналізації, індивідуальному ціноутворенню та інтеграції генеративного ШІ. Розкрито нові виклики: інформаційні бульбашки, алгоритмічна упередженість, ризики надмірного споживання та загрози приватності. Зроблено висновок про необхідність етичного впровадження персоналізованих технологій із дотриманням принципів прозорості та довіри. Персоналізація постає не лише як інструмент ефективного маркетингу, а й як стратегія довгострокової взаємодії з клієнтом у добу цифрових трансформацій.

Ключові слова: персоналізація, штучний інтелект, поведінка споживача, маркетинг майбутнього, машинне навчання, гіперперсоналізація, клієнтський досвід, етика.

Summary. This article explores the transformational impact of artificial intelligence (AI)-driven personalization on modern marketing strategies and consumer behavior. It analyzes how machine learning algorithms, natural language processing, recommendation systems, and chatbots are shaping individualized customer experiences. Drawing on numerous global case studies (Netflix, Amazon, Starbucks, McDonald's), the study substantiates the influence of personalization on increased loyalty, conversion rates, and consumer satisfaction. Particular attention is given to current trends from 2023 to 2025, including hyper-personalization, dynamic pricing, and the integration of generative AI. The article also addresses emerging challenges such as information bubbles, algorithmic bias, risks of overconsumption, and privacy threats. It concludes with the argument that ethical implementation of personalized technologies – adhering to principles of transparency and trust – is essential. Personalization is positioned not only as a tool for effective marketing but as a long-term strategy for engaging customers in an era of digital transformation.

Key words: personalization, artificial intelligence, consumer behavior, marketing of the future, machine learning, hyper-personalization, customer experience, ethics.

Вступ. Персоналізація сьогодні є одним із ключових трендів маркетингу, а завдяки технологіям штучного інтелекту вона досягає нового рівня. ШІ дозволяє аналізувати величезні масиви даних про споживачів та в реальному часі підлаштовувати пропозиції під індивідуальні потреби кожного клієнта. Практичні результати підтверджують ефективність

такого підходу: компанії, які успішно застосовують персоналізацію, генерують до 40% більше доходів у порівнянні з середнім рівнем [1]. З боку споживачів попит високий: майже 60% покупців заявляють, що стають постійними клієнтами після персоналізованого досвіду покупки [2]. Іншими словами, персоналізація на основі ШІ створює ситуацію взаємної

вигоди: клієнти отримують більш релевантний сервіс, а бізнес — зростання продажів і лояльну аудиторію.

Втім, персоналізація висуває й нові виклики. Персональні алгоритми можуть настільки впливати на вибір споживачів, що постає питання про межу між зручністю і маніпуляцією. Обробка великих обсягів особистих даних загострює проблеми приватності. Тому важливо дослідити, як саме ШІ трансформує взаємодію з клієнтами, які переваги це дає бізнесу і споживачам та які ризики виникають на цьому шляху.

Метою цієї статті є узагальнення теоретичних і практичних напрацювань щодо AI-персоналізації в маркетингу та аналіз її впливу на клієнтський досвід.

Виклад основного матеріалу. Механізми та технології ШІ-персоналізації. Сучасні AI-системи персоналізації збирають детальну інформацію про користувачів — історію покупок, переглядів, пошукові запити, вподобання, демографічні характеристики тощо — та на її основі прогнозують майбутні дії чи потреби клієнта [3]. Алгоритми машинного навчання аналізують ці великі дані, виявляючи приховані шаблони поведінки, і намагаються передбачити «наступний крок» користувача — який товар він захоче купити, який фільм подивитися або яке повідомлення його зацікавить [3]. Чим більше користувач взаємодіє з платформою, тим точнішими стають рекомендації, оскільки моделі самонавчаються на кожній новій дії. Сьогодні технології ШІ дозволяють рухатися від сегментації аудиторії до повністю індивідуалізованого досвіду 1-на-1, коли для кожного користувача формуються унікальні рекомендації та пропозиції [4].

Основні технології AI-персоналізації включають:

- **Машинне навчання (ML).** Алгоритми ML навчаються на даних та поступово вдосконалюють свої передбачення без прямого програмування кожного правила [5]. Це дозволяє системі автоматично підлаштовувати рекомендації під уподобання користувача, що змінюються.
- **Обробка природної мови (NLP).** Надає ШІ-застосункам (пошуковикам, чат-ботам) здатність розуміти людську мову. NLP використовується для аналізу текстових запитів і відгуків, а також для генерування персоналізованих повідомлень (наприклад, електронних листів зі зверненням на ім'я клієнта та рекомендаціями на основі його історії покупок) [6].
- **Рекомендаційні системи.** Спеціалізовані алгоритми, що добирають контент або товари, які найімовірніше зацікавлять конкретного користувача. Вони можуть базуватися на схожості між людьми (*collaborative filtering*) або між об'єктами (*content-based filtering*). Практично всі великі онлайн-сервіси — від стрічок новин до інтернет-магазинів — використовують такі системи для персоналізованого відбору інформації [7].
- **Чат-боти та віртуальні асистенти.** Ці інструменти ШІ імітують спілкування з людиною та

здатні надавати персоналізовані відповіді чи поради в режимі 24/7. Сучасні чат-боти можуть автоматично відповідати на 75–90% типових запитів клієнтів, перебираючи на себе рутинну підтримку [8]. Використовуючи дані про конкретного клієнта, бот звертається до нього на ім'я, пам'ятає історію його звернень і пропонує рішення з урахуванням попередніх взаємодій.

Усі ці технології часто працюють у комплексі. Голосовий помічник (Alexa, Siri) поєднує NLP для розпізнавання голосових команд, ML — для навчання на звичках користувача, та рекомендаційні алгоритми — щоб виконувати релевантні дії (скажімо, ввімкнути музику, яка подобається користувачу, у потрібний час). Помітно спростило впровадження персоналізації й те, що нині доступні хмарні платформи з готовими AI-сервісами (рекомендації «як послуга» тощо). Це означає, що навіть компанії середнього розміру можуть використовувати потужні алгоритми персоналізації, не маючи власних суперкомп'ютерів або великих команд дата-сайєнтистів.

Приклади використання AI-персоналізації.

- 1) **Netflix:** стрімінговий сервіс Netflix відомий потужною системою рекомендацій, що визначає, які фільми та серіали показати користувачу. За даними компанії, близько 80% контенту користувачі знаходять через систему рекомендацій, а не самостійний пошук [9]. Іншими словами, більшість рішень щодо того, що переглядати, приймається під впливом алгоритму. Така персоналізація утримує увагу глядачів: користувачі проводять більше часу на платформі і рідше переходять до конкурентів, адже завжди знаходять щось до смаку [10].
- 2) **Amazon:** найбільший інтернет-рітейлер також давно застосовує AI-персоналізацію для підвищення продажів. Коли покупець заходить на Amazon, він бачить індивідуальні розділи «Рекомендовано вам», добірки товарів «часто купують разом» тощо — усе це генерується на основі його власної історії та мільйонів подібних дій інших клієнтів. За оцінкою McKinsey, приблизно 35% всього обсягу продажів Amazon забезпечує його система рекомендацій [11]. Тобто більш ніж третина покупок відбувається після підказки алгоритму. Персоналізація охоплює всі канали — від email-розсилок до результатів пошуку — що підвищує конверсію продажів.
- 3) **Starbucks:** мережа збирає величезні масиви даних про покупки понад 17 млн. користувачів свого мобільного додатку (близько 25% усіх замовлень) і за допомогою платформи Deep Brew персоналізує пропозиції в реальному часі (з урахуванням погоди, часу доби тощо) [12]. Такий індивідуальний підхід зміцнює лояльність клієнтів: за даними Starbucks, впровадження Deep Brew підвищило ROI маркетингових кампаній на 30% і збільшило залученість клієнтів на 15% [13].

4) McDonald's: навіть мережі швидкого харчування впроваджують AI-персоналізацію. Так, McDonald's придбала стартап Dynamic Yield за \$300 млн. для розгортання динамічного меню в ресторанах по всьому світу [14].

Зміни у поведінці споживачів під впливом персоналізованого маркетингу. Штучний інтелект кардинально змінив очікування та звички споживачів, підвищивши вимоги до індивідуального підходу. Сучасний споживач дедалі більше цінує персоналізований досвід: дослідження показують, що близько 71% споживачів очікують від компаній персоналізованих взаємодій, а 76% розчаровуються, якщо цього не відбувається [1]. Вони звикають до рекомендацій товарів і контенту, що точно відповідають їхнім уподобанням, і сприймають персоналізацію як норму взаємодії з брендами. Лояльність формується саме через такий індивідуальний підхід: понад 76% споживачів вважають, що персоналізовані комунікації є ключовим фактором при виборі бренду, а 78% зазначають, що персоналізація підвищує їхню схильність до повторної покупки [1]. Нові патерни споживання проявляються у готовності випробувати нові продукти і сервіси, якщо вони підібрані під особисті вподобання: наприклад, під час пандемії три чверті споживачів спробували нові способи покупок і продовжили цю практику надалі.

Зрештою, персоналізований маркетинг зменшує зусилля споживача при виборі та підвищує задоволеність: індивідуальні рекомендації економлять час і створюють відчуття піклування з боку бренду. Дослідження серед цифрових споживачів покоління Z підтверджує, що персоналізований досвід суттєво підвищує їхню задоволеність та ймовірність покупки, причому 54,4% респондентів віддають перевагу персональним рекомендаціям [15].

У покупців сформувалася нова звичка — очікувати, що бренд «знає» клієнта: понад 72% покупців хочуть, щоб компанії розпізнавали їх як особистостей і враховували їхні інтереси [1]. Таким чином, під впливом ШІ-персоналізації споживачі стали вимогливішими до рівня сервісу та більш схильними залишатися з тими брендами, які пропонують релевантний, індивідуально адаптований досвід.

Поточні тренди персоналізації (2023–2025). Нині персоналізація перетворилася з конкурентної переваги на обов'язковий елемент маркетингової стратегії. Очікування персоналізованих послуг зростає: споживачі прагнуть, щоб контент, рекомендації і навіть ціни підлаштовувалися під їхні потреби в реальному часі. Водночас бізнес все ширше впроваджує нові типи взаємодії на основі ШІ. Розмовні штучні інтелекти (чат-боти, голосові асистенти) вже стали звичними посередниками між брендом і клієнтом: у 2024 році 82% споживачів зазначили, що швидше скористаються чат-ботом, ніж чекатимуть оператора кол-центру [16]. Віртуальні асистенти (на кшталт Alexa або Google Assistant) інтегруються

у процес покупки, дозволяючи здійснювати замовлення або отримувати поради голосом. Це теж формує новий рівень досвіду.

Індивідуальне ціноутворення (динамічні ціни під клієнта) — ще один тренд, що став реальністю завдяки аналізу даних про споживача. Наприклад, авіакомпанії та сервіси таксі використовують алгоритми для коригування цін залежно від профілю клієнта та ситуації [17].

Проте це породжує етичні питання та реакцію аудиторії: за даними опитувань Gartner, 68% споживачів відчувають, що динамічне ціноутворення ставить їх у не вигідне становище, а 80% довіряють більше тим брендам, які підтримують стабільні, прозорі ціни [18]. Загалом, у період 2023–2025 рр. простежується дилема між персоналізацією і приватністю: люди хочуть індивідуального підходу, але не ціною власних даних. Багато споживачів непокояться щодо неналежного використання їхньої персональної інформації компаніями. Особливо чутливою є молодша аудиторія: покоління Z, попри свою відкритість до технологій, масово виступає за посилення регулювання персоналізованого маркетингу — 88% з них підтримують жорсткіші правила щодо ШІ-персоналізації [15].

На тлі цих тенденцій все більшого значення набуває етика в персоналізації: прозорість алгоритмів, отримання явної згоди на збір даних, недопущення алгоритмічної упередженості та дискримінації. Компанії змушені шукати баланс між глибиною персоналізації та повагою до приватності, адже від цього залежить довіра клієнтів і дотримання законодавства (наприклад, вимог GDPR у ЄС).

Не менш важливий тренд — гіперперсоналізація через всі канали взаємодії: інтеграція даних про споживача з різних платформ (онлайн-поведінка, офлайн-покупки, соціальні мережі) дає змогу створити цілісний портрет клієнта і забезпечити єдиний персоналізований досвід у роздрібній мережі, мобільному додатку чи соцмережах в однаковій мірі [19].

Прогноз розвитку персоналізації та актуальні виклики. У найближчому майбутньому персоналізація на основі ШІ проникне у всі аспекти маркетингу і обслуговування. Триває перехід від сегментації до справжньої індивідуалізації для кожного клієнта (one-to-one marketing) у режимі реального часу. Компанії вже вступають у нову еру, де завдяки генеративному ШІ можна масштабувати персоналізацію на нечуваний рівень: новітні моделі здатні автоматично створювати надзвичайно релевантний контент під конкретного споживача — від персоналізованих текстових повідомлень до згенерованих зображень чи відео з урахуванням його уподобань [20]. Маркетологи прогнозують, що використання генеративного ШІ дозволить формувати тисячі варіацій рекламних матеріалів із різним тоном, мовою чи креативом, пристосованим під мікросегменти аудиторії, що раніше було неможливо вручну.

Персоналізація також поглибиться через впровадження сервісів прогнозування (prediction service): на основі великих даних і поведінкових моделей ШІ все краще передбачає майбутні потреби клієнтів і може пропонувати товари або послуги на випередження (наприклад, передбачуване поповнення запасів товарів, профілактичні пропозиції в охороні здоров'я тощо). Очікується, що обсяги індустрії персоналізованого клієнтського досвіду будуть стрімко зростати: за прогнозами, глобальний ринок рішень для CX-персоналізації (персоналізація клієнтського досвіду) збільшиться на 65% — з \$7,6 млрд. у 2020 р. до \$11,6 млрд. у 2026 р. [17]. Це означає продовження інтенсивних інвестицій бізнесу в технології персоналізації та конкуренцію за увагу споживача на основі кращого знання його потреб. Однак разом із можливостями загостряться й ризики. Приватність даних залишатиметься болючим питанням: чим більше особистої інформації залучається для персоналізації, тим вищі вимоги суспільства до її захисту і прозорості використання. Регуляторний тиск, ймовірно, посиляться — як на рівні держав (закони про захист даних, регулювання ШІ), так і з боку самих платформ (обмеження таргетингу, відмова від сторонніх cookies тощо). Інша загроза — «персоналізаційна втома» і недовіра: якщо персоналізація зайде надто далеко (нав'язливі пропозиції, відчуття стеження за клієнтом), це може викликати відторгнення та зниження лояльності. Так само алгоритмічна упередженість ШІ може призвести до несправедливого трактування різних груп споживачів, підриваючи репутацію бренду.

Викликом для компаній буде забезпечити інклюзивність і етичність персоналізованих алгоритмів — уникати дискримінаційних факторів і пояснювати клієнтам принципи роботи рекомендаційних систем. Не менш актуальним залишається питання довіри: у майбутньому виграють ті бренди, які зможуть переконати споживача, що персоналізація здійснюється в його інтересах, а дані використовуються відповідально та прозоро.

Зрештою, маркетинг майбутнього формуватиметься під знаком розумного партнерства людини

і ШІ: персоналізація продовжить трансформувати взаємодію з клієнтом, але успіх матимуть лише ті компанії, які зуміють поєднати технологічні інновації з повагою до прав і очікувань споживачів. Персоналізація на основі ШІ стане невід'ємною умовою конкурентоспроможності, однак побудова довгострокових відносин вимагатиме від бізнесу тонкого балансу між глибшим знанням клієнта і збереженням його автономії та довіри.

Висновки. Персоналізація на основі штучного інтелекту вже сьогодні відіграє ключову роль у трансформації маркетингових стратегій і взаємодії з клієнтами. Вона дозволяє бізнесу не лише глибше розуміти потреби споживачів, а й будувати персоналізовані шляхи комунікації, що підвищують задоволеність і лояльність. Приклади таких компаній, як Netflix, Amazon, Starbucks і McDonald's, демонструють практичну ефективність цієї технології у масштабних бізнес-моделях.

Найближче майбутнє маркетингу визначатиметься здатністю компаній впроваджувати гіперперсоналізацію в реальному часі, використовуючи дані з усіх точок контакту з клієнтом. При цьому важливо не лише застосовувати потужні алгоритми, а й дотримуватися етичних принципів: забезпечення прозорості, захист персональних даних, уникнення алгоритмічної упередженості та дотримання інклюзивності.

Зростання технологічного потенціалу персоналізації супроводжується новими викликами: ризиками надмірної автоматизації, втомою від надто нав'язливого контенту, загрозами приватності та втрати довіри. Саме тому майбутнє персоналізованого маркетингу лежить у площині розумного партнерства між людиною та алгоритмами. Успішними стануть ті бренди, які зможуть не лише задовольнити індивідуальні потреби споживачів, а й зробити це відкрито, етично та відповідально.

Персоналізація на основі ШІ постає не просто інструментом маркетингової оптимізації, а стратегічним підходом до побудови сталих, довготривалих відносин із клієнтами в умовах цифрової трансформації.

Література

1. Arora N., Ensslen D., Fiedler L., Liu V.V., Robinson K., Stein E., Schuler H. The value of getting personalization right — or wrong — is multiplying. *McKinsey & Company*. 2021. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-value-of-getting-personalization-right-or-wrong-is-multiplying> (дата звернення: 15.04.2025).
2. Twilio. Twilio Research Reveals Scale of AI Surge as 92% of Businesses Flock to the Technology. *Twilio Press Releases*. 2023. URL: <https://www.twilio.com/en-us/press/releases/sopr-2023> (дата звернення: 15.04.2025).
3. Конопляникова М. Персоналізація як стратегія лояльності в електронній комерції. *The International Scientific and Practical Journal "Commodities and Markets"*. 2024. Vol. 49, No. 1. P. 4–26. DOI: 10.31617/2.2024(49)01. URL: https://www.researchgate.net/publication/378931042_Personalizacia_ak_strategia_loalnosti_v_elektronnij_komercii (дата звернення: 15.04.2025).

4. Sharma R. Data-Driven Personalization: Revolutionizing User Experience. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. 2024. Vol. 10, No. 5. P. 868–877. DOI: 10.32628/CSEIT241051075. URL: <https://www.ijsrcseit.com/CSEIT241051075> (дата звернення: 15.04.2025).
5. Janiesch C., Zschech P., Heinrich K. Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*. 2021. Vol. 31, No. 4. P. 685–695. DOI: 10.1007/s12525-021-00475-2. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-021-00475-2> (дата звернення: 15.04.2025).
6. Khurana D., Koli A., Khatter K., Singh S. Natural Language Processing: State of The Art, Current Trends and Challenges. *arXiv preprint*. 2017. arXiv:1708.05148. URL: <https://arxiv.org/abs/1708.05148> (дата звернення: 15.04.2025).
7. Al-bashiri H., Abdulgaber Abdulhak M.A., Romli A., Hujainah F. Collaborative Filtering Recommender System: Overview and Challenges. 2017. DOI: 10.1166/asl.2017.10020.
8. Savage F. Chatbots: Vector Analysis, Competitor Leaderboard & Market Forecasts 2023–2028. *Juniper Research*. 2023. URL: <https://www.juniperresearch.com/research/telecoms-connectivity/messaging/chatbots-trends-research-report/> (дата звернення: 15.04.2025).
9. Gomez-Uribe C.A., Hunt N. The Netflix Recommender System: Algorithms, Business Value, and Innovation. *ACM Transactions on Management Information Systems*. 2016. Vol. 6, No. 4. P. 13:1-13:19. DOI: 10.1145/2843948. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2843948> (дата звернення: 15.04.2025).
10. How Netflix's Recommendations System Works. *Netflix Help Center*. URL: <https://help.netflix.com/en/node/100639>
11. Baek J. H., Tsai J., Shamoun J., Marable M., Cui Y. Amazon Recommender System / Advisors: Altintas I., McAuley J. UC San Diego Library Digital Collections, 2020. URL: https://library.ucsd.edu/dc/object/bb8503744c/_2_1.pdf (дата звернення: 15.04.2025).
12. Marr B. Starbucks: Using Big Data, Analytics And Artificial Intelligence To Boost Performance. *Forbes*. 2018. URL: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/05/28/starbucks-using-big-data-analytics-and-artificial-intelligence-to-boost-performance/> (дата звернення: 15.04.2025).
13. Yang W. Starbucks Deep Brew AI Solution Effect On Long-Term Strategy Implementation. *SSRN*. 2024. URL: <https://ssrn.com/abstract=4987473> або <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4987473> (дата звернення: 15.04.2025).
14. Ha A. McDonald's is acquiring Dynamic Yield to create a more customized drive-thru. *TechCrunch*. 2019. URL: <https://techcrunch.com/2019/03/25/mcdonalds-acquires-dynamic-yield/> (дата звернення: 15.04.2025).
15. Chandrakumar H. The Use of AI-Driven Personalization for Enhancing the Customer Experience for Gen-Z. *Open Journal of Business and Management*. 2024. 12(6). P. 4472–4481. DOI: 10.4236/ojbm.2024.126225.
16. Statista Research Department. Consumer opinions on conversational AI in the United States as of April 2023. *Statista*. 2023. URL: <https://www.statista.com/statistics/1538260/consumer-opinions-on-conversational-ai/> (дата звернення: 15.04.2025).
17. Nisar T. The personalisation economy: how is AI affecting businesses and markets?. *Economics Observatory*. 2025. URL: <https://www.economicsobservatory.com/the-personalisation-economy-how-is-ai-affecting-businesses-and-markets> (дата звернення: 15.04.2025).
18. Gartner Marketing Survey Finds 68 Percent of Consumers Report They Feel Taken Advantage of When Brands Use Dynamic Pricing. *Gartner Newsroom*. 2024. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-12-16-gartner-marketing-survey-finds-68-percent-of-consumers-report-they-feel-taken-advantage-of-when-brands-use-dynamic-pricing> (дата звернення: 15.04.2025).
19. Davenport T.H. Hyper-Personalization for Customer Engagement with Artificial Intelligence. *Management and Business Review*. 2023. Vol. 3, No. 1 & 2. URL: <https://ssrn.com/abstract=4585804> (дата звернення: 15.04.2025).
20. Stein E., Robinson K. Unlocking the next frontier of personalized marketing. *McKinsey & Company*. 2025. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/unlocking-the-next-frontier-of-personalized-marketing> (дата звернення: 15.04.2025).

References

1. Arora, N., Ensslen, D., Fiedler, L., Liu, V. V., Robinson, K., Stein, E., & Schuler, H. (2021). *The value of getting personalization right — or wrong — is multiplying*. McKinsey & Company. Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-value-of-getting-personalization-right-or-wrong-is-multiplying>.
2. Twilio. (2023, May 2). *Twilio Research Reveals Scale of AI Surge as 92% of Businesses Flock to the Technology*. Twilio Press Releases. Available at: <https://www.twilio.com/en-us/press/releases/sopr-2023>.
3. Konopliannikova, M. (2024). Personalization as a loyalty strategy in e-commerce. *The International Scientific and Practical Journal “Commodities and Markets”*, 49(1), 4–26. DOI: 10.31617/2.2024(49)01. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/378931042>.
4. Sharma, R. (2024). Data-Driven Personalization: Revolutionizing User Experience. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 10(5), 868–877. DOI: 10.32628/CSEIT241051075. Available at: <https://www.ijsrcseit.com/CSEIT241051075>.
5. Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31(4), 685–695. DOI: 10.1007/s12525-021-00475-2. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-021-00475-2>.

6. Khurana, D., Koli, A., Khatter, K., & Singh, S. (2017). *Natural Language Processing: State of The Art, Current Trends and Challenges*. arXiv preprint. arXiv:1708.05148. Available at: <https://arxiv.org/abs/1708.05148>.
7. Al-bashiri, H., Abdulhak, M. A. A., Romli, A., & Hujainah, F. (2017). Collaborative Filtering Recommender System: Overview and Challenges. DOI: 10.1166/asl.2017.10020.
8. Savage, F. (2023). *Chatbots: Vector Analysis, Competitor Leaderboard & Market Forecasts 2023–2028*. Juniper Research. Available at: <https://www.juniperresearch.com/research/telecoms-connectivity/messaging/chatbots-trends-research-report/>.
9. Gomez-Uribe, C. A., & Hunt, N. (2016). The Netflix Recommender System: Algorithms, Business Value, and Innovation. *ACM Transactions on Management Information Systems*, 6(4), Article 13. DOI: 10.1145/2843948. Available at: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2843948>.
10. Netflix. *How Netflix's Recommendations System Works*. Netflix Help Center. Available at: <https://help.netflix.com/en/node/100639>.
11. Baek, J. H., Tsai, J., Shamoun, J., Marable, M., & Cui, Y. (2020). *Amazon Recommender System*. UC San Diego Library Digital Collections. Advisors: Altintas, I., McAuley, J. Available at: https://library.ucsd.edu/dc/object/bb8503744c/_2_1.pdf.
12. Marr, B. (2018). *Starbucks: Using Big Data, Analytics And Artificial Intelligence To Boost Performance*. Forbes. Available at: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/05/28/starbucks-using-big-data-analytics-and-artificial-intelligence-to-boost-performance/>.
13. Yang, W. (2024). *Starbucks Deep Brew AI Solution Effect On Long-Term Strategy Implementation*. SSRN. Available at: <https://ssrn.com/abstract=4987473> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4987473>.
14. Ha, A. (2019). *McDonald's is acquiring Dynamic Yield to create a more customized drive-thru*. TechCrunch. Available at: <https://techcrunch.com/2019/03/25/mcdonalds-acquires-dynamic-yield/>.
15. Chandrakumar, H. (2024). The Use of AI-Driven Personalization for Enhancing the Customer Experience for Gen-Z. *Open Journal of Business and Management*, 12(6), 4472–4481. DOI: 10.4236/ojbm.2024.126225.
16. Statista Research Department. (2023). *Consumer opinions on conversational AI in the United States as of April 2023*. Statista. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1538260/consumer-opinions-on-conversational-ai/>.
17. Nisar, T. (2025). *The personalisation economy: how is AI affecting businesses and markets?* Economics Observatory. Available at: <https://www.economicsobservatory.com/the-personalisation-economy-how-is-ai-affecting-businesses-and-markets>.
18. Gartner. (2024). *Gartner Marketing Survey Finds 68 Percent of Consumers Report They Feel Taken Advantage of When Brands Use Dynamic Pricing*. Gartner Newsroom. Available at: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-12-16-gartner-marketing-survey-finds-68-percent-of-consumers-report-they-feel-taken-advantage-of-when-brands-use-dynamic-pricing>.
19. Davenport, T. H. (2023). *Hyper-Personalization for Customer Engagement with Artificial Intelligence*. *Management and Business Review*, 3(1 & 2). Available at: <https://ssrn.com/abstract=4585804>.
20. Stein, E., & Robinson, K. (2025). *Unlocking the next frontier of personalized marketing*. McKinsey & Company. Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/unlocking-the-next-frontier-of-personalized-marketing>.

Мудрий Максим Анатолійович

студент магістратури

Західноукраїнського національного університету

Mudryi Maksym

Master's degree Student of the

West Ukrainian National University

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10917

КОРУПЦІЙНІ РИЗИКИ В ЕКСПОРТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

CORRUPTION RISKS IN EXPORT ACTIVITIES OF UKRAINIAN ENTERPRISES

Анотація. Вступ. У статті досліджено природу та особливості корупційних ризиків, які виникають в експортній діяльності українських підприємств. Акцентовано увагу на зовнішньоекономічному середовищі як на каталізаторі зростання рівня корупційної загрози для суб'єктів господарювання, що здійснюють експортні операції. Проаналізовано ключові джерела ризиків, пов'язаних із взаємодією з державними органами, міжнародними партнерами, митними та податковими структурами. Розглянуто сучасні підходи до управління корупційними ризиками, зокрема застосування комплаєнс-програм, прозорих механізмів зовнішньоекономічного аудиту та цифрових інструментів контролю. Запропоновано низку практичних рекомендацій, спрямованих на зменшення корупційної вразливості українських експортерів у глобальному середовищі. Матеріали статті можуть бути використані у практичній діяльності підприємств, що працюють на зовнішніх ринках, а також у формуванні національної антикорупційної політики у сфері зовнішньоекономічної діяльності.

Мета. Виявити ключові корупційні ризики та розробити рекомендації з їх мінімізації.

Матеріали і методи. Теоретичні джерела, кейс-аналіз, порівняльні методи, статистика.

Результати. Визначено основні джерела ризиків, досліджено приклади з українських підприємств, представлено міжнародні практики.

Ключові слова: експорт, корупція, ризики, управління, зовнішньоекономічна діяльність.

Summary. Introduction. The article explores the nature and characteristics of corruption risks arising in the export activities of Ukrainian enterprises. It emphasizes the foreign economic environment as a catalyst for increasing the level of corruption threat to business entities engaged in export operations. The key sources of risks associated with interaction with state authorities, international partners, customs, and tax structures are analyzed. Modern approaches to managing corruption risks are considered, including the application of compliance programs, transparent mechanisms of foreign economic audit, and digital control tools. A number of practical recommendations are proposed to reduce the corruption vulnerability of Ukrainian exporters in the global environment. The materials of the article can be used in the practical activities of enterprises operating in foreign markets, as well as in the formation of national anti-corruption policy in the field of foreign economic activity. Purpose. To identify key corruption risks and develop recommendations for their minimization. Materials and methods. Theoretical sources, case analysis, comparative methods, statistics. Results. The main sources of risks are identified, examples from Ukrainian enterprises are studied, and international practices are presented.

Key words: export, corruption, risks, management, foreign economic activity.

Постановка проблеми. У сучасних умовах глобалізації та активної інтеграції України у світовий ринок питання запобігання корупції в зовнішньоекономічній діяльності стає дедалі актуальнішим. Корупційні ризики можуть суттєво впливати на ефективність експортних операцій, конкурентоспроможність підприємств, а також на

загальний інвестиційний клімат держави. Проблема ускладнюється недостатнім рівнем прозорості процедур митного оформлення, адміністративного регулювання зовнішньоекономічної діяльності та взаємодії з іноземними контрагентами. У зв'язку з цим виникає необхідність наукового осмислення природи корупційних ризиків в експортній

сфері та пошуку інструментів їхнього ефективного управління.

Корупція не лише викривлює конкуренцію на міжнародних ринках, а й може спричинити юридичні наслідки для експортерів у вигляді штрафів, втрати партнерів, а також репутаційних ризиків. Саме тому необхідно підвищити увагу до управління такими загрозами з боку як держави, так і бізнесу.

Аналіз досліджень та публікацій. До вивчення проблеми корупції в зовнішньоекономічній діяльності зверталися такі дослідники, як Т. Костюченко [1], О. Гуменюк [2], А. Сахно [3], які підкреслювали вплив корупції на рівень інвестиційної привабливості та економічної безпеки. Зокрема, Костюченко Т. наголошувала на ролі прозорих процедур у забезпеченні сталого розвитку експортно-орієнтованих підприємств. Гуменюк О. [2]. у своїх працях підкреслювала важливість правової визначеності та цифровізації митних процедур як запобіжників корупції.

На міжнародному рівні дослідження проблеми корупції в торгівлі проводили такі автори, як D. Kaufmann, J. Hellman та M. Soreide, які аналізували зв'язок між якістю інститутів та рівнем хабарництва у сфері зовнішньої торгівлі. Їхні роботи підкреслюють, що високий рівень корупції у країнах, через які здійснюється експорт, знижує ефективність міжнародних операцій[4].

Однак дослідження специфічно спрямовані на виявлення та управління саме корупційними ризиками в експортній діяльності є поодинокими. Це створює наукову нішу, яку варто заповнити комплексним аналізом практик антикорупційного менеджменту в умовах глобальної взаємодії.

Постановка завдання. Основним завданням є виявлення ключових корупційних ризиків, що виникають у процесі експортної діяльності українських підприємств, а також розробка практичних рекомендацій щодо їх запобігання та мінімізації з урахуванням сучасного зовнішньоекономічного контексту.

Виклад основного матеріалу. Експортна діяльність підприємств, що здійснюють зовнішньоекономічну діяльність, неминуче пов'язана з взаємодією з різними державними структурами, серед яких митні органи, податкові адміністрації та інші контролюючі інституції. Ці процеси також включають партнерство з іноземними контрагентами, що, у свою чергу, може створювати сприятливі умови для корупційних проявів. Варто зазначити, що саме у таких умовах можуть виникати найбільші корупційні ризики.

Одним із основних напрямів корупційних загроз є бюрократичне навантаження. Надмірне регулювання та складні дозвільні процедури часто призводять до ситуацій, коли бізнесменам або компаніям доводиться шукати неформальні шляхи вирішення питань, щоб уникнути затримок і перешкод. Це відкриває можливості для корупційних практик, адже

у таких умовах працівники державних органів можуть вимагати неправомірні вигоди або «прискорення» процедур [2].

Другим важливим напрямом є митні бар'єри. Зокрема, непрозорість митних процедур створює можливість для зловживань з боку службовців, таких як затягування термінів оформлення товарів чи вимога додаткових платежів. У таких випадках корупція не лише завдає шкоди компаніям, але й негативно впливає на весь процес експортної діяльності.

Ще одним важливим фактором є взаємодія з іноземними партнерами. У країнах із високим рівнем корупції підприємства, що здійснюють експорт, можуть зіткнутися з вимогами хабарів або іншими корупційними практиками від іноземних агентів чи чиновників. Така ситуація може призвести до порушення міжнародного антикорупційного законодавства, зокрема таких актів, як FCPA (Закон США про корупцію за кордоном) чи UK Bribery Act, що може мати серйозні юридичні наслідки для підприємства.

Недосконалість внутрішніх політик підприємств також є важливим фактором корупційного ризику. Багато компаній не мають належного комплаєнс-контролю, системи whistleblowing чи внутрішнього аудиту, що робить їх вразливими до корупційних зловживань на всіх етапах експортної діяльності.

З метою мінімізації таких корупційних ризиків підприємствам необхідно впроваджувати кілька стратегій. Одним із найважливіших кроків є впровадження системи комплаєнсу (compliance policy). Така система дозволяє забезпечити прозорість та підзвітність у всіх бізнес-процесах, що особливо важливо в експортній діяльності. Це також знижує ризик зловживань та корупції з боку працівників і партнерів [3].

Ще одним ефективним методом є автоматизація зовнішньоекономічних процесів, зокрема через використання електронного документообігу та електронного підпису. Такі технології допомагають мінімізувати людський фактор і зменшують можливості для корупційних проявів, адже всі процеси стають прозорими й відстежуваними.

Для підвищення довіри з боку громадськості та партнерів важливо здійснювати публічну звітність про взаємодію з державними органами та іноземними контрагентами. Участь у міжнародних рейтингах прозорості, таких як Transparency International, також може сприяти зменшенню корупційних загроз.

Не менш важливим є навчання персоналу та розробка внутрішніх етичних кодексів, що регулюють взаємини з державними службовцями та партнерами. Важливо створити культури, в якій кожен працівник компанії буде дотримуватися етичних норм і стандартів [4].

Незалежний зовнішній аудит також є ефективним методом, що дозволяє компаніям контролювати свою діяльність та гарантувати її відповідність міжнародним стандартам. Це може здійснюватися

через співпрацю з міжнародними аудиторськими компаніями чи громадськими структурами.

Нарешті, важливою частиною боротьби з корупцією є участь у міжнародних ініціативах з прозорості, таких як UN Global Compact чи ISO 37001, що забезпечує стандартні механізми для боротьби з корупцією на глобальному рівні. Важливим є також партнерство між бізнесом і державою — створення спільних платформ для обговорення проблем, взаємне консультування щодо реформ митниці, зниження регуляторного тиску та спрощення процедур експорту. Створення сервісів «єдиного вікна», електронної митниці та інтеграція з міжнародними інформаційними системами підвищує довіру до процесів [1].

Прикладом кращої практики може слугувати досвід країн Балтії, де завдяки цифровізації процедур та впровадженню жорсткого антикорупційного законодавства було значно знижено рівень корупційної вразливості зовнішньої торгівлі. Україна може адаптувати ці практики з урахуванням національних особливостей.

Практичні кейси з українських підприємств

Експортна діяльність підприємств є однією з найважливіших складових економіки будь-якої країни, і, незважаючи на її потенціал для розвитку, вона стикається з численними корупційними ризиками. Практичні приклади, що демонструють масштаби таких ризиків, наочно показують, як різні галузі можуть страждати від корупційних проявів, проте також і відзначають способи боротьби з ними.

Один з таких прикладів — **аграрний сектор**. У 2022 році українське агропідприємство зіткнулося з серйозними затримками оформлення зернових вантажів на митниці. Співробітники митниці вимагали так званого «прискорювального платіж» за пришвидшення процесу оформлення документів. Однак компанія вирішила не мовчати, а публічно заявила про інцидент, що привернуло увагу до проблеми і стало основою для внутрішнього розслідування в Державній митній службі України. Як результат, підприємство впровадило внутрішню антикорупційну політику, а також приєдналося до Ініціативи за прозорість торгівлі (Trade Transparency Initiative), що допомогло зміцнити довіру до їхніх операцій.

Інший приклад стосується **машинобудування**. Компанія-експортер обладнання зіткнулася з вимогою хабаря при оформленні сертифікатів походження в одній з торгово-промислових палат. Це призвело до зриву контракту з європейським партнером, що завдало серйозних фінансових втрат. Після цього компанія вирішила запровадити цифровий комплаєнс-модуль, який автоматично фіксує всі запити на дозвільні документи та порівнює їх з нормативною базою, тим самим мінімізуючи можливості для корупційних проявів.

Третій приклад стосується **ІТ-сфери**. Один з українських експортерів послуг, який займається

аутсорсингом ІТ, зіткнувся з тиском з боку податкових органів. Вони вимагали «перегляду» валютного курсу при виведенні коштів, що було, по суті, незаконною вимогою. Компанія не залишила цю ситуацію без уваги і звернулася до Національного банку України, а також до IT Ukraine Association. В результаті цього тиск на компанію припинився. Цей випадок показує важливість солідарності серед професійних об'єднань та громадських організацій для боротьби з корупцією [2].

Ці приклади підтверджують, що корупційні ризики можуть бути успішно мінімізовані за допомогою прозорих внутрішніх політик, публічності та активної взаємодії з громадськими та бізнес-асоціаціями. Кожен випадок є унікальним, але в усіх них ключову роль відіграє здатність підприємства реагувати на корупційні загрози та впроваджувати заходи, які забезпечують прозорість і підзвітність [3].

Міжнародний досвід боротьби з корупцією в експорті також є важливим ресурсом для українських компаній. Ось кілька прикладів ефективних стратегій, які можуть бути адаптовані в Україні:

- **Німеччина.** У цій країні впроваджено систему електронного ліцензування на експорт (BAFA), де всі процеси автоматизовані. Це мінімізує людський контакт і знижує ймовірність корупційних взаємодій.
- **Сінгапур.** Митне оформлення в Сінгапурі триває в середньому лише до 10 хвилин завдяки системі TradeNet. Це практично виключає можливості для корупції через митницю.
- **Чилі.** У Чилі запроваджено онлайн-моніторинг руху товарів у реальному часі. Якщо митниця затримує вантаж, вона повинна пояснити причини затримки. Така система забезпечує прозорість і зменшує корупційні ризики.
- **Південна Корея.** У Південній Кореї митні та податкові інспектори проходять обов'язкове навчання з антикорупційної етики та міжнародного права, що дозволяє зменшити ризик корупційних практик.

Ці міжнародні практики демонструють, як автоматизація, прозорість та систематичне навчання можуть значно знизити корупційні ризики в експортній діяльності. Українським підприємствам варто вивчити та адаптувати ці стратегії для боротьби з корупцією, що сприятиме розвитку зовнішньоекономічної діяльності країни.

Ці інструменти довели свою дієвість, тому Україна може створити власну модель, використовуючи гнучку адаптацію елементів, з урахуванням вітчизняного контексту.

Висновки. Отже, корупційні ризики в експортній діяльності українських підприємств мають системний характер, і їхня поява значною мірою пов'язана як з внутрішніми організаційними недоліками, так і з зовнішніми регуляторними впливами. Найбільший ризик виявляється на етапах митного оформлення, взаємодії з дозвільними органами та

під час контактів з іноземними партнерами в країнах з високим рівнем корупції.

Запропоновані в дослідженні антикорупційні заходи, зокрема комплаєнс-програми, цифровізація процедур, внутрішній аудит і публічне зовнішнє звітування, довели свою ефективність при належній реалізації та контролі з боку керівництва підприємств.

На основі проведеного дослідження автор пропонує низку рекомендацій:

1. Впровадити обов'язкову цифрову карту ризиків для експортерів, яка оцінюватиме ймовірність корупційних інцидентів на різних етапах зовнішньоекономічної діяльності.

2. Створити незалежну установу — експортно-го омбудсмена, яка б виступала посередником між бізнесом і державою, сприяючи оперативному реагуванню на адміністративні зловживання.

3. Створити єдину інформаційну платформу, що відображатиме всі регуляторні та дозвільні процедури для експортерів із зазначенням термінів виконання та відповідальних осіб.

4. Надати державну підтримку підприємствам, що впроваджують міжнародні стандарти доброчесності (наприклад, ISO 37001), через пільгове кредитування або доступ до державних замовлень.

5. Розширити освітні програми з антикорупційного управління для фахівців у сфері зовнішньоекономічної діяльності.

Таким чином, ефективне управління корупційними ризиками в експортній діяльності можливе завдяки синергії державної політики, цифрових технологій, відповідального корпоративного управління та активної участі громадянського суспільства.

Міжнародні практики протидії корупції в експортній діяльності

У сучасному глобалізованому світі країни, які прагнуть зміцнити свої експортні позиції, дедалі більше звертають увагу на питання доброчесності та боротьби з корупцією. Зокрема, у країнах-членах Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) було впроваджено ряд ефективних механізмів контролю за експортними операціями, зокрема обов'язкову публічну звітність компаній, що ведуть зовнішньоекономічну діяльність [5].

У Німеччині, наприклад, функціонує система внутрішніх контролюючих органів (Internal Control Systems), які мають повноваження зупиняти будь-яку операцію, що викликає підозри в корупційній складовій. Водночас у США запроваджено Закон про корупційні практики за кордоном (FCPA), який передбачає суворі санкції за підкуп іноземних посадових осіб навіть для компаній, зареєстрованих поза межами США [4].

Успішною практикою вважається також використання міжнародних стандартів ISO, зокрема стандарту ISO 37001, який встановлює вимоги до системи менеджменту протидії хабарництву [1]. Цей стандарт вже впроваджений у низці європейських країн і активно поширюється серед українських підприємств, які прагнуть вийти на міжнародні ринки.

Запозичення та адаптація таких практик дозволить не лише знизити рівень корупційної вразливості українських експортерів, а й сприятиме підвищенню їхньої репутації та довіри з боку міжнародних партнерів.

Література

1. Костюченко, Т.В. (2021). Прозорість зовнішньоекономічної діяльності підприємств як чинник інвестиційної привабливості. *Економіка і держава*, 2, 34–38.
2. Гуменюк, О.А. (2020). Механізми протидії корупції в зовнішньоекономічній сфері. *Бізнес Інформ*, 5, 112–117.
3. Сахно, А.М. (2019). Управління ризиками в зовнішньоекономічній діяльності підприємства. *Фінанси України*, 4, 45–50.
4. Kaufmann, D., Hellman, J., & Søreide, T. (2008). *Corruption in Customs: The Devil is in the Details*. World Bank.
5. OECD. (2019). *Foreign Bribery Report: An Analysis of the Crime of Bribery of Foreign Public Officials*.

References

1. Kostyuchenko, T.V. (2021) 'Prozorist' zovnishn'oekonomichnoyi diyal'nosti pidpryyemstv yak chynnyk investytsiy-noyi pryvabyvosti' [Transparency of Foreign Economic Activity of Enterprises as a Factor of Investment Attractiveness], *Ekonomika i derzhava*, 2, pp. 34–38.
2. Humeniuk, O.A. (2020) 'Mekhanizmy protydiy koruptsiyi v zovnishn'oekonomichniy sferi' [Mechanisms of Counteracting Corruption in the Foreign Economic Sphere], *Biznes Inform*, 5, pp. 112–117.
3. Sakhno, A.M. (2019) 'Upravlinnya ryzykamy v zovnishn'oekonomichniy diyal'nosti pidpryyemstva' [Risk Management in Foreign Economic Activity of the Enterprise], *Finansy Ukrayiny*, 4, pp. 45–50.
4. Kaufmann, D., Hellman, J. & Søreide, T. (2008) *Corruption in Customs: The Devil is in the Details*. World Bank.
5. OECD. (2019) *Foreign Bribery Report: An Analysis of the Crime of Bribery of Foreign Public Officials*.

УДК 338.4

Ольшанська Марія Володимирівна

кандидат економічних наук, доцент,

доцент кафедри обліку та аналізу

Національний університет «Львівська політехніка»

Olshanska Mariia

PhD, Associate Professor

Lviv Polytechnic National University

ORCID: 0000-0002-5353-4212

Бекар Христина Ігорівна

студент

Національного університету «Львівська політехніка»

Bekar Khrystyna

Student of the

Lviv Polytechnic National University

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10877

УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕФІНІЦІЇ «ГОТОВА ПРОДУКЦІЯ» В ОБЛІКОВОМУ АСПЕКТІ ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

IMPROVEMENT OF THE DEFINITION OF «FINISHED GOODS» IN THE ACCOUNTING ASPECT FOR MANUFACTURING ENTERPRISES

Анотація. Одним із об'єктів облікової системи, що поєднує організаційні інструменти обліку виробництва і продажу продукції, слугує засобом для досягнення основної мети функціонування підприємства-отримання прибутку є готова продукція. Останні десятиліття відзначаються прискореним розвитком науки, що має вплив на швидкий розвиток техніки, технології, інновацій, тощо. Завдяки науковим відкриттям та технологічним інноваціям підприємства отримують можливість удосконалювати процеси виробництва, підвищувати якість готової продукції, знижувати витрати та мінімізувати вплив на довкілля. Наука стає рушієм змін, впроваджуючи нові матеріали, автоматизовані системи, штучний інтелект і енергоефективні технології. Такий взаємозв'язок між наукою і виробництвом готової продукції сприяє не лише економічному зростанню, створенню більш сталого та інноваційного суспільства, а й потребує нових підходів та поглядів науковців до дослідження готової продукції, зокрема її трактування.

У статті досліджено значну кількість праць науковців, щодо трактування «готова продукція», встановлено деякі проблемні місця, зокрема: відсутність єдиного визначення дефініції «готова продукція»; не враховано вплив розвитку інновацій, техніки, технологій, штучного інтелекту у визначеннях досліджуваного терміну.

Одним з результатів дослідження робіт вітчизняних науковців, щодо трактування поняття «готова продукція» з точки зору бухгалтерського обліку є сформована таблиця найпоширеніших дефініцій. Було виділено як спільні, так і відмінні риси, які властиві кожному із визначень. Спільними рисами, які зазначені майже у кожному твердженні є те, що готова продукція є активом, матеріальним результатом виробничої діяльності, яка пройшла всі етапи технологічної обробки на підприємстві, відповідає технічним нормам і відправлена на склад для подальшої реалізації. Варто зазначити, що багато вчених розглядають готову продукцію не лише, як актив, який має речову форму, але й як надану послугу, яка немає матеріальної форми. Проте, жоден з перелічених науковців не розглядає інноваційні розробки, такі, як штучний інтелект, віртуальну реальність, тощо як готову продукцію. Тому, запропоновано удосконалене визначення: готова продукція – це актив, який пройшов усі етапи виробництва, надання робіт чи послуг, тестування, та не потребує подальшого удосконалення на підприємстві – виробнику, відповідає всім вимогам, стандартам та нормам, визначених таким підприємством та/або споживачем, і є готовим для реалізації.

Ключові слова: готова продукція, актив, речова і неречова форма, роботи і послуги, штучний інтелект, інновація.

Summary. One of the objects of the accounting system, which combines organizational tools for accounting production and sales and serves as a means of achieving the main goal of an enterprise – profit generation – is finished goods. The past decades have been marked by the accelerated development of science, which influences the rapid advancement of technology, innovations, and technical processes. Thanks to scientific discoveries and technological innovations, enterprises can improve production processes, enhance product quality, reduce costs, and minimize environmental impact. Science has become a driving force of change, introducing new materials, automated systems, artificial intelligence, and energy-efficient technologies. This interrelation between science and the production of finished goods contributes not only to economic growth and the creation of a more sustainable and innovative society but also necessitates new approaches and perspectives from scholars regarding the study of finished goods, particularly their definition.

This article explores a significant number of scholarly works concerning the interpretation of the term «finished goods» and identifies several problematic aspects, such as the absence of a unified definition and the lack of consideration for the influence of innovation, technology, and artificial intelligence in the term's existing definitions.

One of the results of studying Ukrainian academic literature on the interpretation of «finished goods» from an accounting perspective is the formation of a table summarizing the most common definitions. Both shared and distinctive features of each definition were identified. Common features, mentioned in almost every interpretation, include the view of finished goods as an asset, the tangible result of production that has undergone all stages of technological processing at the enterprise, meets technical standards, and is delivered to the warehouse for further sale. It is worth noting that many researchers also consider finished goods not only as tangible assets but also as provided services that do not have a physical form. However, none of the analyzed scholars consider innovative developments such as artificial intelligence or virtual reality as finished goods. Therefore, an improved definition is proposed: finished goods are assets that have undergone all stages of production, service delivery, or work execution, testing, and require no further enhancement at the producing enterprise, comply with all requirements, standards, and norms established by the enterprise and/or the consumer, and are ready for sale.

Key words: finished goods, asset, tangible and intangible form, works and services, artificial intelligence, innovation.

Постановка проблеми. Кінцевий продукт виробництва посідає важливе місце у діяльності суб'єкта господарювання, адже він є джерелом отримання прибутку, шляхом виробництва та його подальшої реалізації. На сьогодні є багато пропонувані визначень терміну «готова продукція» як вітчизняними, так і закордонними вченими-економістами, проте кожне з них має відмінності, іноді й протиріччя. Більшість трактувань не враховують виклики сьогодення, зокрема швидкі зміни в інноваціях і технологіях, в етапах виробництва, у вимогах і потребах споживачів, тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У статті проаналізовано праці таких науковців економістів, як: Адам Сміт [2], Девід Рікардо [3], Альфред Маршалл [4], Йозеф Шумпетер [5], Вальтер Шухарт [6], Едвард Демінг [7], Джозеф Джуран [8], Філіпа Котлера [9], Теодора Левітта [10] та багато інших. З точки зору бухгалтерського обліку, готову продукцію досліджували такі українські науковці: Сопко Василь Васильович [13], Губачова Ольга Миколаївна [14], Костирко Роман Олександрович [15], Жук Валентина Михайлівна [16], Шигун Марія Миколаївна [17], Бутинець Франц Францович [18], Хом'як Роман Львович [19], Загородній Анатолій Григорович [20] та багато інших.

Метою статті є дослідження праць науковців, щодо трактування готової продукції, окремо з точки зору бухгалтерського обліку для виробничих підприємств; визначити проблемні місця та запропонувати їх вирішення.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день, з впевненістю можна стверджувати, що готова

продукція має важливе значення в діяльності суб'єкта господарювання, адже вона є одним із джерел надходження доходу, а значить, і отримання прибутку, який є основною ціллю діяльності підприємства. В різних видах господарювання, головною складовою діяльності суб'єкта господарювання є готова продукція, виготовлена власними цехами та відділами виробництва і призначена для продажу стороннім організаціям [1]. Для успішного функціонування підприємства, виготовлена продукція повинна бути якісною, інноваційною, функціональною, екологічною, економічно доцільною, надійною, етичною, безпечною, тощо, щоб підприємство могло конкурувати на ринку.

Зважаючи на важливість об'єкта дослідження, як для економіки загалом, так і для окремого підприємства, вивченням готової продукції в економічному контексті займалися різні науковці, зокрема: з класичної економічної теорії такі представники, як Адам Сміт (розглядав продукцію як результат поділу праці та спеціалізації) [2] і Девід Рікардо (аналізував вплив собівартості та продуктивності на виробництво товарів) [3]; дослідниками неокласичної економіки є Альфред Маршалл (вивчав попит і пропозицію, включаючи якість продукції) [4] і Йозеф Шумпетер (досліджував інновації в продуктах і роль підприємців у створенні нових товарів) [5], з точки зору якості та стандартизації продукцію вивчали Вальтер Шухарт (засновник статистичного контролю якості продукції) [6], Едвард Демінг (розробив концепцію тотального управління якістю (TQM)) [7] і Джозеф Джуран (запровадив підхід до якісного управління продукцією) [8], з погляду маркетингу і споживчого сприйняття цінуються праці

Таблиця 1

Деякі визначення «Готова продукція» запропоновані вітчизняними науковцями

Прізвище та ініціали вченого-економіста	Твердження
Ф. Ф. Бутинець	Готова продукція, повністю завершена обробкою, укомплектована, яка пройшла необхідні випробування (перевірки). Це виріб (або напівфабрикат), послуга, робота, що пройшли всі стадії технологічної обробки на підприємстві, відповідають затвердженим стандартам або умовам договору, прийняті технічним контролем підприємства і здані на склад або замовникові — покупцеві згідно з діючим порядком прийняття продукції [4, с. 83].
В. М. Глібко, О. П. Буцан	Готова продукція — це матеріальний результат виробничої діяльності підприємства, коли запаси набувають нової якості. Крім випуску речової продукції, підприємство може виконувати роботи для інших підприємств або надавати послуги. На відміну від тієї, яка в обліку зазначається як готова продукція, цей вид продукції називають «виконані роботи і послуги». Отже, продукція підприємства складається з готової продукції та виконаних робіт і послуг [5 с. 96].
Т. В. Гончарова	Готова продукція — це продукція (виріб, напівфабрикат, робота, послуга), повністю закінчена обробкою на даному підприємстві, пройшла всі стадії технічного випробування (якщо вимагають відповідні її особливості), відповідає технічним умовам і стандартам не вимагає подальшої обробки на цьому підприємстві і здана на склад [6].
Л. К. Сук	Продукція, яка завершена виробництвом, укомплектована, відповідає вимогам стандартів і технічних умов, має документ, що засвідчує її якість та призначена для збуту за межі підприємства [7].
Н. М. Ткаченко	Розглядає готову продукцію як матеріальний результат виробничої діяльності підприємства. Крім випуску речовинної продукції (машин, взуття, одягу, хліба, цукерок тощо), підприємство може виконувати певні роботи для інших підприємств або надавати їм послуги [8, с. 525].
Л. І. Шваб	Готова продукція — це запаси виробів на складі, обробка яких закінчена та які пройшли випробування, приймання, укомплектовані згідно з умовами договорів із замовниками й відповідають технічним умовам і стандартам [9, с. 182].
І.Ф. Баланик, О.О. Григорів, Т.Л. Іванюк	Дотримуються думки, що готова продукція — це продукт, який пройшов усі виробничі стадії, відповідає усім поставленим якісним і технічним характеристикам та може бути зданий для зберігання на склад або одразу ж реалізований замовнику або покупцю [10, с. 158].
В. В. Сопко	Готова продукція-це виріб (або напівфабрикат), послуга, робота, що пройшли всі етапи технологічної обробки на даному підприємстві, відповідають затвердженим стандартам, або умовам, або умовам договору, прийняті технічним контролем підприємства і здані на склад, або замовникові-покупцеві згідно з діючим порядком прийняття продукції [32].
Р. Л. Хом'як	Готова продукція промислового виробництва — конкретні вироби, що пройшли всі стадії технологічної обробки на цьому підприємстві, відповідають встановленим стандартам чи технічним умовам, прийняті відділом технічного контролю і здані на склад, або безпосередньо замовнику [33, с. 144].
Т. М. Писаренко	Готова продукція — об'єкт облікової системи промислового підприємства, що поєднує організаційні інструменти обліку виробництва і продажу продукції, виступає засобом для досягнення основної мети функціонування підприємства [34, с. 239].
А. Г. Загородній	Готова продукція — це актив, незалежно від форми існування, виробництво якого завершено, відповідає технічним умовам виробництва, і вимогам замовника, призначений для споживання як для потреб виробника, так і для потреб зовнішнього ринку. Автор відмічає, що готова продукція — це продукція (виріб, напівфабрикат, робота, послуга), що повністю закінчена обробкою на даному підприємстві, пройшла всі стадії технічного випробування (якщо вимагають відповідні її особливості), відповідає технічним умовам і стандартам, не потребує подальшої обробки на цьому підприємстві і здана на склад [31].

Філіпа Котлера (вивчав, як якість продукції впливає на поведінку споживачів) [9], Теодора Левітта (досліджував життєвий цикл товару та маркетингові стратегії) [10] та багато інших науковців. З точки зору бухгалтерського обліку, готову продукцію досліджували науковці, які вивчали її оцінку, відображення у фінансовій звітності та вплив на фінансові результати підприємства. Ключовими дослідниками в бухгалтерському обліку готової продукції є: Лука

Пачолі (засновник подвійного запису, що заклав основи обліку виробничих запасів та готової продукції) [11], Роберт Каплан (автор концепції Activity-Based Costing (ABC) [12], яка детально аналізує собівартість продукції, також є одним з критиків традиційного бухгалтерського обліку, які розвинули стратегічний управлінський облік) та інші.

Серед українських вчених, які досліджували бухгалтерський облік готової продукції, можна виділити

таких фахівців: В.В. Сопко (досліджував проблеми бухгалтерського обліку та контролю готової продукції, особливо в контексті ринкової економіки) [13], О.М. Губачова (спеціалізується на обліку запасів, готової продукції та собівартості в міжнародному контексті) [14], Р.О. Костирко (займається питаннями аудиту та бухгалтерського обліку готової продукції) [15], В.М. Жук (досліджує методологію оцінки готової продукції в системі національних та міжнародних стандартів) [16], М.М. Шигун (аналізує сучасні підходи до обліку та контролю продукції в агропромисловому комплексі) [17], Ф.Ф. Бутинець та Р.Л. Хом'як (провідні українські фахівці у сфері бухгалтерського обліку, автори численних праць щодо оцінки та відображення готової продукції) [18; 19], А.Г. Загородній (автор економічних словників і дослідник вдосконалення методик обліку та аналізу, ефективного управління) [20], В.М. Глібко та О.П. Бушан (автори праць у сфері судової бухгалтерії) [21], Т.В. Гончарова (облік готової продукції робіт, послуг та їх реалізація) [22], Л.К. Сук (автор багатьох праць щодо фінансового обліку, управлінського обліку, калькулюванні собівартості продукції) [23], Н.М. Ткаченко (авторка багатьох праць щодо фінансового обліку, оподаткування та звітності на підприємствах України) [24], Л.І. Шваб (авторка багатьох праць у сфері економіки підприємства, бізнес-менеджменту, організаційно-економічних заходів підтримки інноваційного розвитку, а також розвиток трудового потенціалу суб'єктів господарювання) [25], І.Ф. Баланюк, О.О. Григорів та Т.Л. Іванюк (автори праць щодо організації обліку і контролю готової продукції на підприємстві) [26], Писаренко Тетяна Миколаївна (авторка праць у сфері бухгалтерського обліку, зокрема характеристика діючої методики організації обліку готової продукції) [27], та багато інших.

Попри значні дослідження і великий вклад у науку такі проблеми, як: відсутність єдиного визначення дефініції «готова продукція»; не враховано розвиток інновацій, зокрема штучного інтелекту у трактуваннях досліджуваного терміну залишаються невирішеними і вимагають подальших досліджень.

Результатом дослідження робіт вітчизняних науковців, щодо трактування поняття «готова продукція» з точки зору бухгалтерського обліку є наведені у табл. 1 найпоширеніші дефініції.

Проаналізувавши кожне із зазначених трактувань, терміну «Готова продукція», запропонованих вченими-економістами, можемо виділити як спільні, так і відмінні риси, які властиві кожному із визначень. Спільними рисами, які були зазначені майже у кожному твердженні є те, що готова продукція є активом, матеріальним результатом виробничої діяльності, яка пройшла всі етапи технологічної обробки на підприємстві, відповідає технічним нормам і вправлена на склад для подальшої реалізації. Варто зазначити, що більшість з вчених, а саме: Ф.Ф. Бутинець, В.М. Глібко, О.П. Бушан, Т.В. Гончарова,

Н.М. Ткаченко, Сопко Василь Васильович, Загородній Анатолій Григорович розглядають готову продукцію не лише, як актив, який має речову форму, але й як надану послугу, яка немає матеріальної форми. Проте, жоден з перелічених науковців не розглядає інноваційні розробки, такі, як штучний інтелект, віртуальну реальність, тощо як готову продукцію. «З'явився новий тип виробництва — виробництво інтелекту. А центри обробки даних, які його виробляють, є фабриками ІІІ», — сказав Хуанг, додавши, що Foxconn має досвід і масштаби, щоб будувати їх по всьому світу [35].

Штучний інтелект проникає в абсолютно усі сфери життя: в історію (є технологія, що дозволяє відтворювати людські фігури й зображення у реалістичному масштабі для реконструкції історичних подій і навіть «пережити» їх заново); у біологію (технології МРТ значно вдосконалилися за останній час), в медицину (є Mind Video — технологія, яка дає змогу реконструювати відео на основі мозкової активності, що значно допоможе повністю паралізованим пацієнтам або пацієнтам з психічними розладами), у робототехніку (створюються так звані базові моделі для роботів — аналогічні до мовних моделей, але вже спеціально для навчання роботів), в науку (ІІІ-науковець — це агент, який може брати участь у дослідженнях, починаючи з формування ідеї до проведення експериментів і написання наукових статей) в облік та аудит (широко застосовується штучний інтелект для аналізу і збору великих обсягів даних, дослідження ланцюжків господарських операцій, встановлення їх законності і достовірності, тощо) та в інші галузі.

Загалом, на основі поданих вище визначень, які були запропоновані вітчизняними вченими-економістами, пропонується таке удосконалене визначення «Готова продукція», а саме: готова продукція — це актив, який пройшов усі етапи виробництва, надання робіт чи послуг, тестування, та не потребує подальшого удосконалення на підприємстві — виробнику, відповідає всім вимогам, стандартам та нормам, визначених таким підприємством та/або споживачем, і є готовим для реалізації.

Визначення, в якому відсутні такі зайві уточнення, як: форма продукту; передання на склад, торгівлю точку чи одразу споживачу; визначення типу споживача; перелік етапів виробництва чи тестування; перелік вимог, стандартів і норм, яким має відповідати кінцевий результат, і навпаки, підкреслюється відповідальність підприємства-виробника і споживача за якість, оптимально відповідатиме викликам сьогодення. Тут поєднуються в терміні «актив» усі можливі форми кінцевого продукту: виготовлення не лише матеріальної, але й нематеріальної (послуга, робота, технологія, інновація, винахід, тощо) готової продукції. Відсутність необхідності у визначення «передання на склад» продиктовано актуальністю виготовленої під індивідуальне замовлення готової продукції або наданих робіт чи послуг, інновації, винаходу, які

неможливо, або без потреби зберігати на складі. Актуальним є й нехтуванням регламентації споживача у термінології, адже покупцем можуть бути фізичні і юридичні особи, гуртові і роздрібні покупці, приватні і державні підприємства, суб'єкти господарювання, які в подальшому можуть доробляти, удосконалювати, розширювати готову продукцію. Беручи до уваги швидку зміну техніки, технології та інновацій, такі критерії, як перелік етапів виробництва чи надання послуг, а також процесу тестування на відповідність стандартам, нормативам, вимогам, тощо є застарілими, що й пропонується відкинути. Адже, головним завданням для готової продукції повинно бути відповідність вимогам і стандартам, як встановленого на самому підприємстві, так і висунутими покупцями і замовниками при заключенні договору.

Висновки. Проаналізувавши роботи вчених, щодо дефініції «готової продукції» встановлено:

відсутність єдиного трактування, значні відмінності у визначеннях вченими — економістами і вченими — обліковцями, не врахування сучасних тенденцій розвитку інновацій і технологій, не взято до уваги зміни у вимогах і стандартах, застарілий підхід до врахування етапів виробництва і тестування, не враховано різноманіття як споживачів, так і шляхів реалізації. На основі проведених досліджень запропоновано оптимальне трактування «готової продукції» з точки зору бухгалтерського обліку для підприємств, що займаються виробництвом: готова продукція — це актив, який пройшов усі етапи виробництва, надання робіт чи послуг, тестування, та не потребує подальшого удосконалення на підприємстві — виробнику, відповідає всім вимогам, стандартам та нормам, визначених таким підприємством та/або споживачем, і є готовим для реалізації.

Література

1. Класифікація готової продукції. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/26019.pdf>: (дата звернення: 20.01.2025).
2. Спеціалізація та поділ праці, теорія Адама Сміта. URL: <https://ukrayinska.libretexts.org/%D0%A1%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%B0%> (дата звернення: 23.01.2025)
3. Рікардо Д. Вплив собівартості та продуктивності на виробництво товарів. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/econom_theory/22005/ (дата звернення: 24.01.2025).
4. Маршалл А. Вчення про попит, пропозицію та якість продукції. URL: <https://hneu.edu.ua/vydatni-ekonomisty/alfred-marshall> (дата звернення: 28.01.2025).
5. Інноваційна теорія Йозефа Шумпетера. URL: http://bulletin-econom.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2015/11/145_21.pdf (дата звернення: 28.01.2025).
6. Вальтер Шухарт — засновник статистичного контролю якості продукції. URL: <https://www.education.ua/blog/48935/> (дата звернення: 30.01.2025).
7. Концепція Едварда Демінга. URL: <https://fasadinfo.ua/articles/market/695> (дата звернення: 03.02.2025).
8. Роботи Дж. Джурана з менеджменту якості. URL: <http://www.info-library.com.ua/books-text-9640.html> (дата звернення: 07.02.2025).
9. Філіп Котлер. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2485> (дата звернення: 12.02.2025).
10. Теодор Левітт. URL: https://pidru4niki.com/82289/marketing/zhittyevyi_tsikl_produktyv (дата звернення: 15.02.2025).
11. Лука Пачолі. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/7_2014/4.pdf (дата звернення: 15.02.2025).
12. Концепція ABS. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b33a21db-31fb-4784-b57d-646cb76257ab/content> (дата звернення: 16.02.2025).
13. Сопко В. В. Бухгалтерський облік у підприємстві. К. : Техніка, 1995. 266 с.;
14. Бухгалтерський облік в управлінні підприємством [Текст] : монографія / Ю. А. Верига [та ін.]; заг. ред. О. М. Губачова; Укоопспілка, Полтавський ун-т споживчої кооперації України. Полтава : ПВВ ПУСКУ, 2009. 337 с.;
15. Костирко Р. О. Внутрішній контроль в системі управління фінансовою стійкістю господарюючих суб'єктів. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2014. № 8. С. 94–99. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSunU_2014_8_20 (дата звернення: 16.02.2025).
16. Розвиток теорії бухгалтерського обліку: інституціональний аспект. URL: <https://magazine.faaf.org.ua/rozvytok-teorii-bukhhalterskoho-obliku-institutsionalnyi-aspekt.html> (дата звернення: 19.02.2025).
17. Праці в сфері бухгалтерського обліку. URL: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=fswW2ScAAAAJ&hl=uk> (дата звернення: 19.02.2025).
18. Бутинець Ф. Ф. Бухгалтерський облік, контроль і аналіз: проблеми теорії та методології : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2013. 604 с.
19. Національні стандарти бухгалтерського обліку в Україні [Текст] : навч. посібник : Нормативно-практ. матеріали / Р. Л. Хом'як [та ін.]; ред. Р. Л. Хом'як; Національний ун-т «Львівська політехніка». Інститут підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів. Кафедра економіки, фінансів та обліку. Л. : Інтелект-Захід, 2000. 442 с.

20. Фінансовий словник [Текст] / А. Г. Загородній [та ін.]; Державний ун-т «Львівська політехніка». Львів : [б.в.], 1996. 384 с.
21. Глібко В. М. Судова бухгалтерія: [підруч. для студ. ВНЗ] / В. М. Глібко, О. П. Буцан; Нац. юрид. акад. України ім. Я. Мудрого; 2-ге вид., перероб. і доп. X. : Право, 2013. 192 с.
22. Гончарова Т. В. Облік продукції, робіт, послуг та їх реалізація. *Інноваційна економіка*. 2020. № 1–2. С. 157–163.
23. Праці вченого економіста Сук Л. К. URL: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=0PDuzz8AAAAJ&hl=> (дата звернення: 05.03.2025).
24. Ткаченко Н. М. Бухгалтерський фінансовий облік на підприємствах України : підручник. 6-ге вид. К. : АСК, 2001. С. 770, 771–783.
25. Шваб Л. І. Трансформація трудового потенціалу підприємства в інтелектуальний капітал та інноваційний продукт. *Економіка. Управління. Інновації. Серія: Економічні науки*. 2010. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eui_2010_2_51 (дата звернення: 11.03.2025).
26. Праць щодо організації обліку і контролю готової продукції на підприємстві. URL: <https://www.academia.edu/8456347/%D0%9E%D0%A0%D0%93%D0%90%D0> (дата звернення: 14.03.2025).
27. Писаренко Т. М. Характеристика діючої методики організації обліку готової продукції. *Економічні науки. Серія «Облік і фінанси»*. 2015. Вип. 12 (45). Ч. 1. С. 231–239.
28. НПсБО 9 «Запаси». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0751-99#Text> (дата звернення: 17.03.2025).
29. НПсБО 16 «Витрати». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0027-00> (дата звернення: 17.03.2025).
30. Термін «Готова продукція». URL: https://www.snauka.com/15_NPN_2009/Economics/46509.doc.htm (дата звернення: 18.03.2025).
31. Загородній А. Г. Бухгалтерський облік : підручник. Львів : 2011. 340 с.
32. Сопко В. В. Бухгалтерський облік : Навч. посібник. 3-тє вид., переробл. і доп. Київ : КНЕУ, 2000. 578 с.
33. Хом'як Р. Л. Бухгалтерський облік в Україні : навч. посіб. / [Хом'як Р. Л., Партин Г. О., Корягін М. В. та ін.]; за ред. Р. Л. Хом'яка. 2-е вид. Львів: «Інтелект-Захід», 2003. 820 с.
34. Писаренко Т. М. Характеристика діючої методики організації обліку готової продукції. *Економічні науки. Серія «Облік і фінанси»*. 2015. Вип. 12 (45). Ч. 1. С. 231–239.
35. Новий тип виробництва — штучний інтелект. URL: https://epravda.com.ua/news/2023/10/19/705625/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 31.03.2025).

References

1. Klasyfikatsiia hotovoi produktsii. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/26019.pdf>: (access date: 20.01.2025).
2. Spetsializatsiia ta podil pratsi, teoriia Adama Smita. URL: <https://ukrayinska.libretexts.org/%D0%A1%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%B0%> (access date: 23.01.2025)
3. Rikardo D. Vplyv sobivartosti ta produktyvnosti na vyrobnytstvo tovariv. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/econom_theory/22005/ (access date: 24.01.2025).
4. Marshall A. Vchennia pro popyt, propozyitsiu ta yakist produktsii. URL: <https://hneu.edu.ua/vydatni-ekonomisty/alfred-marshall> (access date: 28.01.2025).
5. Innovatsiina teoriia Yozefa Shumpetera. URL: http://bulletin-econom.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2015/11/145_21.pdf (access date: 28.01.2025).
6. Valter Shukhart — zasnovnyk statystychnoho kontroliu yakosti produktsii. URL: <https://www.education.ua/blog/48935/> (access date: 30.01.2025).
7. Kontseptsii Edvarda Deminha. URL: <https://fasadinfo.ua/articles/market/695> (access date: 03.02.2025).
8. Roboty Dzh. Dzhurana z menedzhmentu yakosti. URL: <http://www.info-library.com.ua/books-text-9640.html> (access date: 07.02.2025).
9. Filip Kotler. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2485> (access date: 12.02.2025).
10. Teodor Levitt. URL: https://pidru4niki.com/82289/marketing/zhittyeviy_tsikl_produktyv (access date: 15.02.2025).
11. Luka Pacholi. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/7_2014/4.pdf (access date: 15.02.2025).
12. Kontseptsii ABS. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b33a21db-31fb-4784-b57d-646cb76257ab/content> (access date: 16.02.2025).
13. Sopko V. V. Bukhhalterskyi oblik u pidpriemnytstvi. K.: Tekhnika, 1995. 266 s.;
14. Bukhhalterskyi oblik v upravlinni pidpriemstvom [Tekst]: monohrafiia / Yu. A. Veryha [ta in.]; zah. red. O. M. Hubachova; Ukoopspilka, Poltavskyi un-t spozhyvchoi kooperatsii Ukrainy. Poltava: RVV PUSKU, 2009. 337 s.;
15. Kostyrko R. O. Vnutrishnii kontrol v systemi upravlinnia finansovoiu stiikistiu hospodariuiuchykh subiektiv. *Visnyk Shkhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*. 2014. № 8. S. 94–99. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VISUNU_2014_8_20 (access date: 16.02.2025).
16. Rozvytok teorii bukhhalterskoho obliku: instytutsionalnyi aspekt. URL: <https://magazine.faaf.org.ua/rozvytok-teorii-bukhhalterskoho-obliku-instytutsionalnyi-aspekt.html> (access date: 19.02.2025).

17. Pratsi v sferi bukhhaltenskoho obliku. URL: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=fswW2ScAAAAJ&hl=uk> (access date: 19.02.2025).
18. Butynets F.F. Bukhhalterskyi oblik, kontrol i analiz: problemy teorii ta metodolohii: monohrafiia. Zhytomyr: ZhDTU, 2013. 604 s.
19. Natsionalni standarty bukhhaltenskoho obliku v Ukraini [Tekst]: navch. posibnyk: Normatyvno-prakt. materialy / R. L. Khomiak [ta in.]; red. R. L. Khomiak; Natsionalnyi un-t "Lvivska politekhnik". Instytut pidvyshchennia kvalifikatsii ta perepidhotovky kadriv. Kafedra ekonomiky, finansiv ta obliku. L.: Intelkt- Zakhid, 2000. 442 s.
20. Finansovyi slovnyk [Tekst] / A.H. Zahorodnii [ta in.]; Derzhavnyi un-t "Lvivska politekhnik". Lviv: [b.v.], 1996. 384 s.
21. Hlibko V.M. Sudova bukhhalteriiia: [pidruch. dlia stud. VNZ] / V.M. Hlibko, O.P. Bushchan; Nats. yuryd. akad. Ukrainy im. Ya. Mudroho; 2-he vyd., pererob. i dop. Kh.: Pravo, 2013. 192 s.
22. Honcharova T.V. Oblik produktsii, robot, posluh ta yikh realizatsiia. *Innovatsiina ekonomika*. 2020. № 1–2. С. 157–163.
23. Pratsi vchenoho ekonomista Suk L.K. URL: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=0PDuzz8AAAAJ&hl=> (access date: 05.03.2025).
24. Tkachenko N.M. Bukhhalterskyi finansovyi oblik na pidpriemstvakh Ukrainy: pidruchnyk. 6-he vyd. K.: ASK, 2001. S. 770, 771–783.
25. Shvab L.I. Transformatsiia trudovoho potentsialu pidpriemstva v intelektualnyi kapital ta innovatsiinyi produkt. *Ekonomika. Upravlinnia. Innovatsii. Serii: Ekonomichni nauky*. 2010. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eui_2010_2_51= (access date: 11.03.2025).
26. Prats shchodo orhanizatsii obliku i kontroliu hotovoi produktsii na pidpriemstvi. URL: <https://www.academia.edu/88456347/%D0%9E%D0%A0%D0%93%D0%90%D0> (access date: 14.03.2025).
27. Pysarenko T.M. Kharakterystyka diiuchoi metodyky orhanizatsii obliku hotovoi produktsii. *Ekonomichni nauky. Serii "Oblik i finansy"*. 2015. Vyp. 12 (45). Ch. 1. S. 231–239.
28. NPsBO 9 "Zapasy". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0751-99#Text> (access date: 17.03.2025).
29. NPsBO 16 "Vytraty". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0027-00> (access date: 17.03.2025).
30. Termin "Hotova produktsiia". URL: https://www.snauka.com/15_NPN_2009/Economics/46509.doc.htm (access date: 18.03.2025).
31. Zahorodnii A.H. Bukhhalterskyi oblik: pidruchnyk. Lviv: 2011. 340 s.
32. Sopko V.V. Bukhhalterskyi oblik: Navch. posibnyk. 3-tie vyd., pererobl. I dop. Kyiv: KNEU, 2000. 578 s.
33. Khomiak R.L. Bukhhalterskyi oblik v Ukraini: navch. posib. / [Khomiak R.L., Partyn H.O., Koriahin M.V. ta in.]; za red. R.L. Khomiaka. 2-e vyd. Lviv: "Intelkt-Zakhid", 2003. 820 s.
34. Pysarenko T.M. Kharakterystyka diiuchoi metodyky orhanizatsii obliku hotovoi produktsii. *Ekonomichni nauky. Serii "Oblik i finansy"*. 2015. Vyp. 12 (45). Ch. 1. S. 231–239.
35. Novyi typ vyrobnytstva — shtuchnyi intelekt. URL: https://epravda.com.ua/news/2023/10/19/705625/?utm_source=chatgpt.com (access date: 31.03.2025).

Петруня-Пилявська Наталія Анатоліївна

кандидат історичних наук,

доцент кафедри суспільних наук, магістр права

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Petrunia-Pilyavska Natalia

Candidate of Historical Sciences,

Associate Professor of the Department of Social Sciences, Master of Laws

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Устенко Андрій Олександрович

доктор економічних наук,

професор кафедри підприємництва і маркетингу

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Ustenko Andriy

Doctor of Economics,

Professor at the Department of Entrepreneurship and Marketing

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10885

ОРГАНІЗАЦІЙНА КУЛЬТУРА. ОСНОВНІ СКЛАДОВІ КУЛЬТУРИ МЕНЕДЖМЕНТА ORGANIZATIONAL CULTURE. MAIN COMPONENTS OF MANAGEMENT CULTURE

Анотація. У статті розглядаються поняття організаційної культури та її вплив на ефективність діяльності організації. Автор досліджує основні складові культури менеджменту, зокрема цінності, місію, візію, стиль лідерства, комунікацію та структуру організації. Особлива увага приділяється ролі лідерства та комунікації у формуванні сприятливого робочого середовища. Описано значення політик, процедур, мотивування та винагородження у забезпеченні продуктивності працівників. Висвітлюються аспекти навчання, розвитку та корпоративної соціальної відповідальності. Розглядаються механізми управління конфліктами та підтримки етики в організації. Стаття підкреслює важливість стратегічного планування, гнучкості та адаптивності для довгострокового успіху організації.

Ключові слова: організаційна культура, цінності, місія, візія, лідерство, комунікація, мотивація, стратегічне планування, етика.

Summary. The article examines the concept of organizational culture and its influence on the effectiveness of the organization. The author examines the main components of management culture, including values, mission, vision, leadership style, communication and organizational structure. Special attention is paid to the role of leadership and communication in the formation of a favorable working environment. The importance of policies, procedures, motivation and rewards in ensuring employee productivity is described. Aspects of training, development and corporate social responsibility are covered. The mechanisms of conflict management and support of ethics in the organization are reconsidered. The article highlights the importance of strategic planning, flexibility and adaptability for the long-term success of an organization.

Key words: organizational culture, values, mission, vision, leadership, communication, motivation, strategic planning, ethics.

Виклад основного матеріалу. Організаційна культура — це сукупність цінностей, норм, переконань і традицій, які формують поведінку співробітників у компанії. Вона визначає, як люди взаємодіють між собою, як приймаються рішення,

а також як компанія реагує на зовнішні зміни та виклики. Організаційна культура може бути як свідомо розробленою керівництвом, так і стихійно сформованою в процесі розвитку підприємства. Вона створює унікальний клімат в організації,

впливаючи на мотивацію, продуктивність та загальний успіх.

Важливим аспектом організаційної культури є місія компанії, яка надає співробітникам чітке розуміння того, чому існує організація і які цілі вона прагне досягти. Етичні стандарти відіграють ключову роль у визначенні поведінкових норм всередині компанії. Ритуали, символіка та внутрішні правила допомагають зміцнити ці стандарти та підтримувати корпоративну ідентичність.

Нагадаємо, що типи організаційних культур складаються з: культури влади (паутина); культури ролі (храм-ієрархія); культури завдання (мережа); культури особи (зоряна галактика інтелекту; «культура» безвладдя — анти-менеджменту. (Хенді) або — культури контролю, інноваційної культури, культури співпраці, ринкової культури [3, 13; 4, 10].

Лідерство є невід'ємною складовою організаційної культури. Керівники задають тон і визначають стандарти поведінки, слугуючи прикладом для інших співробітників. Ефективні лідери здатні мотивувати команду та забезпечувати досягнення стратегічних цілей. Співробітники, розуміючи і приймаючи культуру організації, працюють злагоджено та ефективно, що сприяє створенню позитивного іміджу компанії на ринку.

Позитивна організаційна культура допомагає приваблювати талановитих спеціалістів і утримувати їх на роботі. Вона впливає на процеси прийняття рішень, комунікацію та інновації. Підтримка здорового балансу між роботою та особистим життям співробітників є важливим елементом сильної культури. Крім того, культура організації сприяє розвитку корпоративної соціальної відповідальності, що позитивно відображається на репутації компанії.

Організаційна культура може змінюватися під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів. Важливо періодично проводити оцінку культури та вносити необхідні корективи. Погана культура може призвести до високої плинності кадрів і низької мотивації. На культуру впливають як індивідуальні, так і групові цінності співробітників. Співпраця та взаємодопомога є ключовими аспектами сильної культури. Культура організації може відрізнятись в залежності від галузі, регіону та розміру компанії, але вона завжди є основою для формування корпоративної ідентичності.

Культура менеджмента складається з декількох ключових елементів, кожен з яких має важливе значення для успішного керівництва та розвитку компанії.

Перший і найважливіший елемент — це лідерство. Ефективні лідери визначають напрямок розвитку організації, мотивують співробітників та забезпечують досягнення стратегічних цілей. Вони встановлюють стандарти поведінки і служать прикладом для інших [1, с. 65]. Петер Ф. Друкер описуючи основні принципи ефективного менеджменту,

підкреслює роль лідерства та важливість орієнтації на результати.

Другий елемент — це комунікація. Відкрита і чесна комунікація сприяє кращому розумінню завдань, підвищує довіру та зміцнює командний дух. Ефективна комунікація включає зворотний зв'язок, що дозволяє керівникам краще розуміти потреби та проблеми співробітників.

Третій важливий елемент — це мотивація. Система заохочень і визнання досягнень стимулює співробітників до продуктивної праці. Важливо створювати умови, в яких кожен працівник відчуває свою значущість та бачить можливості для професійного зростання.

Четвертий елемент — це управління змінами. У сучасному світі зміни відбуваються швидко і часто, тому здатність організації адаптуватися до нових умов є критично важливою. Ефективні менеджери повинні бути готовими до змін і вміти впроваджувати їх з мінімальними втратами.

П'ятий елемент — це стратегічне планування. Чітке бачення майбутнього та довгострокові цілі допомагають організації розвиватися та досягати успіху. Стратегічне планування включає аналіз ринку, вивчення конкурентів і визначення ключових напрямків розвитку.

Шостий елемент — це розвиток персоналу. Інвестиції в навчання та підвищення кваліфікації співробітників приносять великі дивіденди у вигляді підвищення їхньої ефективності та лояльності до компанії. Розвиток персоналу також включає створення умов для кар'єрного зростання та професійного розвитку.

Сьомий елемент — це організаційна структура. Вона повинна бути гнучкою та адаптивною, щоб відповідати потребам бізнесу і сприяти ефективній роботі команди. Добре розроблена структура забезпечує чіткий роз-поділ обов'язків та ефективну координацію дій.

Восьмий елемент — це управління конфліктами. Конфлікти неминучі у будь-якій організації, але ефективно їхнє вирішення може зміцнити команду і покращити робочу атмосферу. Важливо мати чіткі процедури для вирішення конфліктів та навчати співробітників конструктивним методам їхнього розв'язання.

Дев'ятий елемент — це інновації. Постійне вдосконалення процесів і продуктів є необхідним для підтримання конкурентоспроможності. Менеджери повинні заохочувати інноваційне мислення та створювати умови для генерування нових ідей.

Десятий елемент — це корпоративна соціальна відповідальність. Компанія повинна враховувати вплив своєї діяльності на суспільство і довкілля, сприяти сталому розвитку та брати участь у соціально значущих проектах. Це не тільки покращує імідж компанії, але й зміцнює її позиції на ринку.

Таким чином, культура менеджмента є комплексною системою, що включає різноманітні елементи, які разом сприяють ефективному управлінню та

розвитку компанії. Важливо, щоб всі ці елементи були взаємопов'язаними і підтримували один одного, створюючи гармонійну і продуктивну організаційну культуру.

Висновки. У статті підкреслено важливість організаційної культури як фундаменту успішної діяльності будь-якої компанії. Визначено, що основні складові культури менеджменту, такі як цінності, місія, візія, стиль лідерства та ефективна комунікація, є ключовими елементами для досягнення стратегічних цілей. Роль лідерів у формуванні сприятливого робочого середовища та мотивації працівників

не може бути переоцінена. Політики та процедури забезпечують сталість і впорядкованість у діяльності організації. Навчання та розвиток персоналу сприяють підвищенню кваліфікації та готовності до змін. Корпоративна соціальна відповідальність та дотримання етичних норм посилюють довіру до організації з боку клієнтів і партнерів. Гнучкість і адаптивність в управлінні дозволяють організації ефективно реагувати на виклики зовнішнього середовища. У підсумку, гармонійна організаційна культура є запорукою довгострокового успіху та сталого розвитку компанії.

Література

1. Аніщенко В. О. Роль корпоративної культури у прийнятті управлінських рішень. *Актуальні проблеми економіки*. 2009. № 3(93). С. 64–72.
2. Бала О. Л. Принципи корпоративної культури підприємств: сутність та види. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. *Вісн. Нац. ун-ту «Львів. Політехніка»*. Ль., 2011. № 682. С. 11–15.
3. Гайдученко С. О. Організаційна культура: конспект лекцій для студентів бакалавріату всіх форм навчання спеціальності 281 — Публічне управління та адміністрування. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. Бекетова, 2020. 75 с.
4. Крупський О. П. Організаційна культура: сутність, види та особливості імплементації в Україні. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2014. № 1 (45). С. 29–38.
5. Тімар І. В. Концептуальні підходи до формування структури іміджу підприємств сфери послуг. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія Економіка*. 2015. Вип. 9 (1). С. 90–96.
6. Устенко А. О., Малинка О. Я. Сучасні моделі і технології менеджменту (інформаційний аспект) : підручник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2019. 412 с.

УДК338.465.4:338.49:620.92

Предун Костянтин Миронович

*доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри теплогазопостачання і вентиляції
Київський національний університет будівництва і архітектури*

Predun Kostiantyn

*Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation,
Kyiv National University of Construction and Architecture
ORCID: 0000-0002-2634-9310*

Гулієв Джаміль Тахір огли

*аспірант
Київського національного університету будівництва і архітектури*

Guliyev Jamil

*PhD Student of the
Kyiv National University of Construction and Architecture
ORCID: 0000-0002-3442-0906*

Кушнір Олексій Костянтинович

*аспірант
Київського національного університету будівництва і архітектури*

Kushnir Oleksii

*PhD Student of the
Kyiv National University of Construction and Architecture
ORCID: 0000-0003-3982-0228*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10852

**КОНЦЕПТУАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ
ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В УМОВАХ
ПЕРЕХОДУ ЕКОНОМІКИ ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ
CONCEPTUAL AND THEORETICAL BASIS OF ECOLOGICAL
AND ECONOMIC OPTIMIZATION IN THE CONDITIONS OF
ECONOMIC TRANSITION TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

Анотація. Запровадження стандартів з енергоефективності та біосферної сумісності в європейських країнах довели свою дієвість щодо скорочення негативного впливу інженерної інфраструктури на довкілля. Аналіз рішень з практичної реалізації аналогічних заходів в Україні засвідчує, що механізми ціноутворення і торгівлі викидами продуктів згоряння палив в атмосферу потребують коректив. Вирішення зазначених проблем закладає основу для економічного зростання в державі, дозволяє накопичувати кошти для захисту довкілля, забезпечує соціальну стабільність тощо.

Ключові слова: клімат, парникові гази, температура довкілля, викиди в атмосферу, вуглецевий податок, природний газ, вартість палив, нормативно-правові акти.

Summary. The introduction of energy efficiency and biosphere compatibility standards in European countries has proven its effectiveness in reducing the negative impact of engineering infrastructure on the environment. Analysis of solutions for the practical implementation of similar measures in Ukraine shows that the mechanisms for pricing and trading emissions of fuel combustion products into the atmosphere need adjustments. Solving these problems lays the foundation for economic growth in the state, allows you to accumulate funds for environmental protection, ensures social stability, etc.

Key words: climate, greenhouse gases, environmental temperature, atmospheric emissions, carbon tax, natural gas, fuel costs, regulatory legal acts.

Постановка проблеми. Концентрації основних парникових газів: діоксиду вуглецю CO_2 , метану CH_4 та оксиду діазоту N_2O наразі значно перевищують діапазон концентрацій, зафіксованих у кернах льоду за останні 800000 років, а темпи їх зростання є безпрецедентними останні 20000 років. З початку систематичних метеорологічних спостережень у 1958 р. концентрація вуглекислого газу — найбільш важливого антропогенного серед інших — в атмосфері підвищилася більше, ніж на 20% і приблизно на 40% — з 1750 р. Концентрація метану в атмосфері збільшилася на 150% у порівнянні з доіндустріальним періодом, а концентрація оксиду діазоту — на 20%. Основними причинами їх збільшення є безпосередньо діяльність людини, забруднення довкілля внаслідок видобутку, транспортування та використання органічних палив, зростання площі сміттєзвалищ, масова вирубка лісів, викиди у сільському господарстві тощо.

Результати досліджень свідчать про те, що теперішній ріст середньої температури на планеті не є унікальним у історії людства. В епоху динозаврів, наприклад, було приблизно на 70°C тепліше, ніж тепер. Проте виник новий кліматичний фактор — досі небачене збільшення концентрації парникових газів, завдяки чому й підвищується температура. Навіть зростання на один градус відіграє певну роль: якщо температура людини $36,6^\circ\text{C}$ — вона здорова, а якщо $37,6^\circ\text{C}$ — вже хвора. І оскільки викиди неможливо скоротити одразу, це означає, що нас очікує чимдалі, тим більше зростання температури. Відповідно, непокоїть передусім не теперішня ситуація, а майбутнє. Але найбільше непокоїть зовсім не потепління, бо якщо воно повільне та м'яке, то не становить якоїсь загрози. На жаль, ми маємо справу зі зміною всієї кліматичної системи. Головне лихо — збільшення частоти та потужності небезпечних кліматичних явищ, що підтверджується прямими спостереженнями останніх десятиріч [1–3]. І цього цілком достатньо для запровадження заходів з енергоефективності та енергозбереження, розвитку відновлюваних джерел енергії, модернізації транспорту, що наразі є вкрай необхідним й без «зміни клімату».

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Зміни, що відбуваються в сучасному світі, зумовлюють необхідність критичного переосмислення не тільки багатьох існуючих теорій та історичних поглядів, але і пошуку своєрідних концептуальних підходів розробки нової парадигми суспільного розвитку. Глобальне потепління і зміна клімату вже не розглядаються, як суто екологічна проблема, а більше — як економічна і соціальна. І якщо людство не буде вживати заходів зі зниження викидів парникових газів вже сьогодні — згодом втрачатиме 5–20% валового внутрішнього продукту (ВВП) щорічно внаслідок втрат у сільському господарстві, збитків від ще більшої кількості потужніших стихійних лих,

нестачі питної води і водночас підвищення рівня світового океану тощо.

В історії людської культури багато сказано про гармонію в природі. Творець вчення про біосферу В. І. Вернадський [4] вважав, що у біосфері все враховується й все пристосовується за тим же підпорядкуванням мірі та гармонії, яку ми бачимо у струнких рухах небесних світил і починаємо бачити в системах атомів речовини й атомів енергії. За теорією В. І. Вернадського біосфера — це глобальна єдина система Землі, де існує або коли-небудь існувало життя і весь основний хід геохімічних та енергетичних перетворень визначається життям.

Людина небувало прискорила колообіг деяких речовин — родовища корисних копалин, які природа накопичувала мільйони років, швидко вичерпуються. Людина швидкими темпами використовує сонячну енергію «минулих біосфер», накопичену у традиційних паливах: вугіллі, нафті, природному газі тощо, вона вивільняє енергію, що міститься в урані. Все це збільшує нерівноваженість біосфери. В. І. Вернадський [4] підрахував, що в античні часи люди використовували лише 18 хімічних елементів, у XVIII ст. — 29, у XIX ст. — 62, на початку XX ст. — уже 89 елементів, що є в земній корі. Окрім того, людина навчилася отримувати такі інгредієнти, яких у природі зовсім немає (наприклад, радіоактивні плутоній, технецій тощо).

Метою статті є вирішення проблеми раціонального використання в Україні наявних енергетичних ресурсів, зокрема природного газу, підвищення рівня енергетичної ефективності та екологічної безпеки, що неможливо без реформування податкового законодавства.

Виклад основного матеріалу. Рамкова конвенція зі зміни клімату була прийнята ще у 1994 р. Кіотський протокол є міжнародною угодою до Рамкової конвенції ООН і встановлює обов'язки на зниження викидів парникових газів для розвинених країн та країн з перехідною економікою [5]. Він набув чинності у 2004 р. і його основною метою є саме стабілізація концентрації парникових газів на такому рівні, який би попередив небезпечний вплив діяльності людини на кліматичну систему. Протягом 2008–2012 рр. усі країни повинні були б знизити викиди парникових газів на 5% від рівня викидів в 1990 р.

Україна підписала Рамкову Конвенцію ООН зі зміни клімату і ратифікувала Кіотський протокол, так як входила до двадцятки найбільших забруднювачів планети викидами CO_2 (станом на початок 1990 р.), і тому також несе відповідальність за наслідки глобальної зміни клімату.

Механізми реалізації Кіотського протоколу достатньо гнучкі:

- 1) безпосередньо вуглецевий податок: прямий податок на вміст вуглецю у викопному паливі (встановлює чітку ціну на вуглець, заохочуючи зменшувати викиди в атмосферу);

- 2) так звані «механізми чистого розвитку» — проекти «спільного впровадження» виконуються в країнах, що розвиваються та/або в інших країнах, які також взяли зобов'язання щодо зменшення викидів парникових газів (проекти є економічно вигідними обом партнерам: підприємства/країни, які приймають проекти, отримують часткове фінансування за рахунок продажу знижень викидів, а країни/підприємства, які купують, мають економічну вигоду, бо на досягнення ще більшої енергоефективності на їх підприємствах потрібно докласти більших фінансових витрат);
- 3) міжнародна торгівля квотами (якщо країна перевиконала свої зобов'язання за Кіотським протоколом і досягла більшого, чим 5%, зниження викидів, то вона може продати різницю іншій країні).

Останнім механізмом і скористалась Україна. Правда, отримала квоти не за рахунок цілеспрямованої політики уряду, а внаслідок спаду та подальшої реструктуризації економіки після набуття незалежності у 1991 р. З 2009 по 2012 р. держава змогла продати квот на викиди парникових газів на 470 млн. євро. Найбільшим покупцем українських квот стала Японія. З цих коштів було заплановано витратити 380 млн. євро на скорочення викидів парникових газів і, відповідно, отримати 120 тис. т CO_2 скорочень. Це становило частку близько 0,03% від загального обсягу викидів парникових газів в Україні. Для порівняння, в Чехії на проекти енергоефективності в житловому секторі державою було виділено близько 1 млрд. євро, що дозволило отримати 1млн. т скорочення викидів CO_2 . Більш детальний огляд щодо використання коштів, отриманих у рамках міжнародної торгівлі квотами протягом першого періоду дії Кіотського протоколу в Україні, вказано у [6].

Проекти «спільного впровадження» також активно реалізовувалися в державі у цей час. Всього успішних проектів було 276, випущено більше 431 млн. т CO_2 — екв. одиниць скорочення викидів та залучено інвестицій на 920 млн. євро (для порівняння у 2011 р. загальні викиди CO_2 в Україні становили 401 млн. т). Серед проектів були такі: утилізація шахтного метану, комбіноване виробництво тепла та електроенергії, енергозбереження, збір та утилізація метану з полігонів твердих побутових відходів, відновлення систем теплопостачання тощо.

Щодо регулювання цін на забруднення довкілля викидами парникових газів, то слід вказати, що податкові зобов'язання, наприклад, на викиди вуглекислого газу в атмосферу залишалися чи не найменшими у світі — лише 0,33 грн./т.

Кіотський протокол у ті часи був єдиною міжнародною угодою, що змушувала країни вкладати кошти в політику та заходи зі зниження викидів парникових газів. За допомогою гнучких механізмів (чистий розвиток та спільне впровадження) було

зарєєстровано проектів з обсягом знижень викидів парникових газів більше, ніж на 1 млрд. т CO_2 .

З часом Кіотський протокол перетворився на звичайний механізм для отримання прибутків від торгівлі квотами — такий собі бізнес на екології. При підготовці у 1997 р. основних положень Кіотського протоколу першочерговим було завдання просто розпочати щось робити. І поставлена мета щодо 5%-го зниження викидів парникових газів розвиненими країнами в цілому виконана, але домовитись про більшу частку тоді було нереальним, так як рівень знань та усвідомлення проблеми «теплого» забруднення довкілля були зовсім інакшими. Але протокол зробив набагато більше — він підняв кліматичний рух на новий рівень. Мільярди доларів було виділено на кліматичну науку та освіту. Наразі у світі проводиться велика кількість заходів, зокрема, й з ринкового врегулювання викидів — торгівлі.

У 2012 р. розпочалось обговорення нової кліматичної угоди, яка діятиме по закінченню Кіотського протоколу, тобто після 2020 р. Вона спрямована на досягнення глобальної мети — двократного зниження викидів до 2050 р. Світові лідери мають єдину думку, що клімат змінюється завдяки людині й слід знизити викиди таким чином, аби глобальна температура не піднялася більш, ніж на 2 °C, а ще краще, більш радикальніше — не 2, а на 1,5 °C. Це й стало основним завданням Паризької кліматичної угоди, прийнятої консенсусом 12 грудня 2015 р. Окрім цього, необхідно адаптуватися до зміни клімату, підвищуючи стійкість; і привести фінансові потоки у відповідність до «траєкторії низьких викидів парникових газів і стійкого до зміни клімату розвитку». На відміну від Кіотського протоколу Паризька хартія передбачає, що зобов'язання зі скорочення шкідливих викидів в атмосферу беруть на себе усі без винятку держави, незалежно від рівня їх економічного розвитку. Україна підписала Угоду 22 квітня 2016 р., а Верховна Рада ратифікувала її 14 липня 2016 р. [7].

Чинності Угода набула 4 листопада 2016 р. після її ратифікації 55 сторонами Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, на частку яких припадало на той час не менше 55% обсягів глобальної емісії парникових газів. Країни-підписанти зобов'язались знижувати викиди парникових газів по відношенню до показника за 1990 р. шляхом запровадження так званих Національно визначених внесків (НВВ). НВВ приймає кожна країна добровільно на термін 5 років, після чого відбувається їх перегляд та прийняття нових зобов'язань.

У 2019 р. в Європарламенті був представлений Європейський Зелений Курс (ЄЗК), який затвердив рух до кліматично нейтрального європейського континенту у 2050 р. [8, 9]. Основною його метою є перетворення Європи до 2050 р. на перший кліматично-нейтральний континент, тобто місце, де усі викиди парникових газів, спричинені людською діяльністю,

поглинатимуться екосистемами та технологіями уловлювання і зберігання вуглецю.

Відповідно до Другого національно-визначеного внеску (НВВ2), Україна націлена знизити викиди CO₂ на 35% до 2030 р. від рівня 1990 р. [10]. Це не досить амбітна ціль і вона ставить під сумнів можливість досягнення кліматичної нейтральності до 2060 р. Початковий НВВ передбачав скорочення Україною викидів CO₂ на 40% до 2030 р. без урахування агросектору та лісового господарства.

Щорічна конференція Організації Об'єднаних Націй (ООН) з питань зміни клімату, відома як «Конференція Сторін» або «COP», збирає світових лідерів, делегатів країн, громадськість та медіа для досягнення консенсусу щодо вирішення проблеми зміни клімату [11]. Починаючи з COP21 у 2015 р., основна увага COP зосереджена на виконанні положень Паризької угоди.

Враховуючи, що викиди від спалювання вугілля, нафти і газу є основною причиною кліматичної кризи, вражає той факт, що вперше лише на COP26 текст заключного рішення (cover decision) містив згадку про викопне паливо, а сторони домовилися прискорити «зусилля, спрямовані на поступове скорочення некомпенсованого використання вугільної енергетики та поступову відмову від неефективних субсидій на викопне паливо».

Поступова відмова від викопного палива обговорюється як частина ширшого енергетичного пакету, який також включає цілі щодо розширення використання відновлюваних джерел енергії та підвищення енергоефективності. Досягнення домовленості щодо цілі з відновлюваної енергетики стало важливим кроком вперед на Саміті лідерів G20 у вересні 2023 р., де члени G20 домовилися «продовжувати і заохочувати зусилля, спрямовані на потроєння потужностей відновлюваної енергетики в усьому світі».

Невідривно від питання втрат та збитків, а також фінансової допомоги, на щорічних конференціях з питань зміни клімату обговорюються проблеми щодо адаптації до таких змін. Для переважної більшості країн Глобального Півдня вразливість до кліматичної кризи — це вже реальність.

Постійний комітет з фінансів (ПКФ) наразі готує звіт про зобов'язання розвинених країн подвоїти фінансування адаптації з рівня 2019 р. до 2025 р., як було погоджено на COP26. Фінансування адаптації значно відстає від необхідних обсягів і є мізерним порівняно з майбутніми потребами. Наприклад, у 2022 р. Програма ООН з навколишнього середовища оцінила щорічні адаптаційні потреби країн, що розвиваються, у 160–340 млрд. \$US до 2030 року і 315–565 млрд. \$US — до 2050 р. Для порівняння: Міжнародний валютний фонд оцінює субсидії на викопне паливо у світі в розмірі 7 трлн. \$US у 2022 р.

Повномасштабна війна Росії проти України теж має вплив на клімат, але ці викиди зазвичай залишаються поза рамками національних звітів країн.

За 12 місяців викиди парникових газів, пов'язані з війною, оцінюються у 120 млн. т CO₂ еквіваленту. Це приблизно відповідає загальному річному обсягу викидів у такій країні, як, наприклад, Бельгія. Країна-агресор повинна понести відповідальність за ці викиди, а також за майбутні викиди, які пов'язані з відновленням об'єктів на території України, які були пошкоджені військовими діями — приблизно 50 млн. т CO₂ еквіваленту. Загалом викиди від воєнних дій, включаючи воєнні конфлікти, можуть становити значну частку глобальних викидів парникових газів, досягаючи близько 5,5%.

У 2021 р. більш ніж 100 країн, включно з Україною, долучилися до ініціативи Global Methane Pledge, яка передбачає скорочення викидів метану (як одного з групи парникових газів) на 30% до 2030 р. від рівня 2020 р. Для України скорочення викидів метану можливе через впровадження кліматичних заходів у нафтогазовому та вугільному секторах, сільському господарстві, а також налагодження системи поводження з відходами.

У червні 2023 р. Міністерство енергетики України підтвердило наміри закрити всі державні вугільні електростанції до 2035 р. Вперше про такі наміри Україна оголосила наприкінці 2021 р. на COP26 у Великобританії. Розроблений план дій передбачає поетапне закриття вугільних підприємств, розробку освітніх програм й навчання з можливостями працевлаштування, соціальні гарантії для працівників вугільної галузі, а також диверсифікацію економіки шахтарських громад.

В останні роки ціноутворення на викиди вуглецю стало ключовим політичним інструментом у боротьбі зі зміною клімату для урядів багатьох країн. Нещодавно опублікований звіт Світового банку «Стані тенденції ціноутворення на викиди вуглецю у 2024 р.» [12] містить вичерпний огляд поточного стану та тенденцій щодо інструментів ціноутворення на викиди вуглецю в усьому світі, які можна розділити на основних два типи:

- вуглецевий податок: прямий податок на вміст вуглецю у викопному паливі. Він встановлює чітку ціну на вуглець, заохочуючи зменшувати викиди;
- системи торгівлі викидами (СТВ): також відомі як системи обмеження та торгівлі, де встановлюються обмеження (ліміт) на викиди, і дозволяється суб'єктам господарювання купувати та продавати дозволи на викиди, створюючи ринкову ціну на викиди парникових газів.

Країни із середнім рівнем доходу та субнаціональні уряди все частіше розглядають та впроваджують податки на викиди вуглецю та СТВ. Зараз діє дещо більше вуглецевих податків, ніж СТВ (39 податків проти 36 СТВ). Станом на 1 квітня 2024 р. вони разом охоплювали майже 13 Гт CO₂ еквівалент, що становило приблизно 24% світових викидів парникових газів. За останні 12 місяців було досягнуто прогресу в галузевих багатосторонніх ініціативах

щодо авіаційних і морських викидів, а також запровадив механізм регулювання викидів вуглецю на кордоні (СВАМ). Незважаючи на цей прогрес, рівень глобальних викидів, які покриваються тарифами на вуглець, навряд чи досягне 30% у короткостроковій перспективі.

Відповідно, наявні ціни на викиди вуглецю в атмосферу залишаються невідповідними амбітним кліматичним цілям, встановленим Паризькою угодою. Щоб досягти суттєвих змін, необхідно покращити як покриття вуглецевих викидів, так і підвищити рівень їх ціни. Оціночні значення ціни вуглецевих викидів для досягнення цілей щодо обмеження підвищення глобальної температури до 1,5 °C становлять 226–385 \$US/т CO₂, а обмеження до 2 °C — 63–127 \$US/т CO₂. У 2024 р. лише сім країн, на частку яких припадає менше 1% світових викидів парникових газів, досягли ціни на рівні або вище мінімального значення з поправкою на інфляцію, яка становить в 63 \$US/т CO₂. Нідерланди одна із таких країн, в якій ціноутворення на викиди діоксиду вуглецю в атмосферне повітря дещо перевищує зазначену вище мінімальну величину. У Швеції, в якій основний вид генерації електроенергії — атомна промисловість, аналогічний показник становить 127, а у Норвегії — потужній нафтогазовидобувній державі — знаходиться в межах 90, а у Німеччині — наближається до 50 \$US/т CO₂. Загалом в країнах Євросоюзу наразі середня плата за вуглецеві викиди у докільця дещо перевищує 48 \$US/т. В Україні, для порівняння [13], на 2025 р. податкові зобов'язання за викиди діоксиду вуглецю в атмосферу складають 0,77 \$US (30 грн.)/т CO₂, що є однією із найнижчих ціну світі.

Уряди, особливо в країнах із середнім рівнем доходу, дедалі частіше включають системи вуглецевого кредитування в свою політику з метою підтримки як дотримання законодавства, так і добровільних ринків. Попит на вуглецеві кредити продовжує збільшуватися, хоча з'являється попит на дотримання нормативних вимог. Зараз у світі існує 35 державних механізмів вуглецевого кредитування і з'являються нові пропозиції та попит на таке кредитування.

Світовий банк прагне підтримувати уряди та приватний сектор у їхніх зусиллях щодо скорочення викидів за допомогою ціноутворення на вуглець та створення вуглецевих ринків. У міру того, як змінюється роль ціноутворення на викиди вуглецю у вирішенні проблеми зміни клімату, зростає й потенційна складність розробки політики як з боку внутрішнього, так і глобального контексту. Це підвищує потребу у співпраці, прозорості та наданні точно їй своєчасної інформації та аналізу.

Згідно з положеннями Енергетичної стратегії [14] природний газ є і залишатиметься надалі головним енергоносієм/паливом в Україні. Його частка складає майже третину від усього первинного енергоспоживання. Водночас це найбільш екологічне паливо у порівнянні з іншими традиційними, у т.ч. і альтернативними [15]. В державі наявні власні ресурси природного газу (сьогодні за їх рахунок задовольняється майже вся потреба економіки) та розвинуті газотранспортна і газорозподільні мережі населених пунктів сприяють пріоритетному використанню блакитного палива, яке в перспективі може бути гарантовано замінене (повністю або частково) біогазами.

Таблиця 1

Викиди в атмосферу продуктів спалювання природного газу [13; 15; 16]

Паливо	Інгредієнт	Показник емісії, г/ГДж	Викид		Податкові зобов'язання		
			т	%	грн./т	грн.	%
Газ природний, 1000 м ³	Оксиди азоту	48,85	1,73 · 10 ⁻³	0,09	2574,43	4,46	7,03
	Оксид вуглецю	17,0	0,6 · 10 ⁻³	0,03	96,99	0,06	0,1
	Діоксид вуглецю	55442	1,936	99,88	30,00	58,89	92,84
	Метан	1,0	3,54 · 10 ⁻⁵	0,002	145,5	0,005	0,01
	Діазоту оксид	0,1	3,54 · 10 ⁻⁶	0,0002	4216,92	0,015	0,02
	Разом		1,9384	100,0	Разом	63,43	100,0

Таблиця 2

Податкові зобов'язання за викиди діоксиду вуглецю в атмосферу при згорянні 1000 м³ природного газу у вартості палива [12; 13; 17]

Країна	Вартість палива, євро			Податок за викиди CO ₂			Податкова складова у вартості палива, %	
	МВт	1000 м ³	%	\$US/т	\$US	%		
Нідерланди, TTF	52,00	511,42	100,0	63,00	121,97	100,0	23,84	100,00
Україна, УЕБ	41,86	411,69	80,5	0,77	1,491	1,2	0,36	1,59

Примітки:

1. Співвідношення валют: 1 євро = 1,049 \$US.
2. 1000 м³ = 9,835 МВт.

Таблиця 3

Частка податкових зобов'язань за викиди CO₂ у вартості природного газу при виконанні цілей Паризької кліматичної угоди

Країна	Вартість палива, евро/1000 м ³	Податок за викиди CO ₂		Податкова складова у вартості палива, %
		\$US/т	\$US	
Обмеження підвищення глобальної температури на 2 °C				
Нідерланди, TTF	511,42	63–127	121,97–245,88	23,84–48,06
Обмеження підвищення глобальної температури на 1,5 °C				
Нідерланди, TTF	511,42	226–385	437,54–745,36	85,55–145,74

Вартість природного газу на єврохабі TTF (Нідерланди) (Day-Ahead) з транспортуванням до кордону України (точки входу) і замовленням потужності в газотранспортній системі України 31 січня 2025 р. дорівнювала 52,00 евро/МВт-год. (512 евро/1000 м³). В Україні (за даними Української енергетичної біржі [17]) котирувальна ціна на природний газ на умовах поставки «комерційний вузол обліку природного газу (ВОГ)» 31 січня 2025 р. становила 18028 грн./1000 м³ (без ПДВ) на умовах «після сплати» або 41,86 евро/МВт.

Аналіз представлених у табл. 2 результатів розрахунків показує, що при практично однаковій і ринковій ціні палива в обох державах в Україні податкові зобов'язання за викиди в атмосферу продуктів згоряння майже у 80 разів менше у порівнянні з аналогічними показниками у Нідерландах. Подібне співвідношення зберігається і при визначенні частки податкової складової за забруднення довкілля — майже у 60 разів менша.

Для запобігання подальшого «теплого забруднення» встановлені оціночні показники плати за викиди в атмосферу продуктів згоряння можуть перевищувати і безпосередньо вартість самого палива (див. табл. 3). Правда, слід відзначити, що вартість

палива навряд чи буде зафіксована на поточному рівні і залишатиметься сталою протягом тривалого періоду. Окрім того, це стимул для розвитку відновлюваних джерел енергії.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Наразі Україна реалізує свій стратегічний курс — набуття повноправного членства у Європейському Союзі, що окрім іншого передбачає декарбонізацію економіки (підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії й циркулярної економіки та синхронізацію із ініціативою «Європейський Зелений Курс»). Водночас критичною перепорою для розвитку економіки держави є зростання податкового навантаження. Проте, на наш погляд, чинна податкова система України є надто дискреційною і зумовлює тінізацію та офшоризацію економіки.

Розробка заходів щодо податкових пільг для компаній, які запроваджують високотехнологічні рішення, що допомагають робити виробництво більш екологічним, дозволить компенсувати неминуче зростання податкових зобов'язань за забруднення довкілля з доведенням їх хоча б до середньоєвропейського рівня. Отримані таким чином кошти сприятимуть реалізації принципів «сталого розвитку» та поступового переходу до «зеленої економіки».

Література

1. Ще раз про глобальне потепління. 15 країн, що викидають в атмосферу найбільшу кількість метану, не борються з цим. URL: <https://techno.nv.ua/ukr/popscience/15-kraj-in-shcho-vikidayut-v-atmosferu-naybilshu-kilkist-metanu-ne-boryutsya-z-cim-50448453.html> (дата звернення: 20.03.2025).
2. Температура повітря в Україні зростає вдвічі швидше за середньоєвропейську: як попередити посухи. URL: <https://rubryka.com/2024/08/20/temperatura-povitrya-v-ukrayini-zrostaye-vidvichi-shvydshe-za-serednoyevropejsku-yak-poperedyty-posuhu/> (дата звернення: 20.03.2025).
3. Світовий рекорд стрибка температури зафіксували в Антарктиді. URL: <https://rubryka.com/2024/04/08/svitovyj-rekord-strybka-temperatury-zafiksuvaly-v-antarktydi/> (дата звернення: 20.03.2025).
4. Володимир Іванович Вернадський і Україна. Т. 1, кн. 1: Володимир Іванович Вернадський. Науково-організаційна діяльність (1918–1921) / НАН України, Коміс. НАН України з наук. спадщини акад. В.І. Вернадського, Нац. б-ка України імені В.І. Вернадського, Ін-т історії України; ред. кол.: А.Г. Загородній, О.С. Онищенко (голова), В.А. Смолій [та ін.]; уклад.: О.С. Онищенко, Л.А. Дубровіна, С.М. Кіржаєв [та ін.]. К., 2011. 699 с.
5. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату: ратифіковано Законом України № 1430-IV(1430-15) від 04.02.2004. Документ 995_801, чинний, поточна редакція. Редакція від 17.11.2006, підстава — 995_h96. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801#Text (дата звернення: 20.03.2025).
6. Огляд використання коштів, отриманих у рамках міжнародної торгівлі квотами в Україні. URL: https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2013/02/analysis-of-GIS-in-Ukraine_2012_ukr.pdf (дата звернення: 20.03.2025).

7. Паризька угода. Документ 995_l61, чинний, поточна редакція. Редакція від 14.07.2016, підстава — 1469-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_l61#Text (дата звернення: 20.03.2025).
8. Європейський Зелений Курс. URL: <https://ecoaction.org.ua/ievropejskuj-zelenyj-kurs.html> (дата звернення: 20.03.2025).
9. The European Green Deal. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640> (дата звернення: 20.03.2025).
10. Паризька кліматична угода для України. URL: <https://globalcompact.org.ua/news/parizka-klimatichna-ugoda-dlja-ukraini/>(дата звернення: 20.03.2025).
11. Кліматична конференція COP28 в Дубаї та роль України в ній. URL: <https://ua.boell.org/uk/2023/11/23/klimatychna-konferentsiya-cop28-v-dubayi-ta-rol-ukrayiny-v-niy> (дата звернення: 20.03.2025).
12. Огляд ціноутворення на викиди вуглецю. URL: <https://saf.org.ua/news/1974/> (дата звернення: 20.03.2025).
13. Податковий кодекс України : Закон України. Документ 2755-VI, чинний, поточна редакція. Редакція від 01.04.2025, підстава — 4014-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> (дата звернення: 20.03.2025).
14. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. № 605-р. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085(дата звернення: 20.03.2025).
15. Предун К. М. Застосування методології екологічної діагностики в проблематиці безпеки складних природно-технічних систем. *Інфраструктура ринку*. 2020. Вип. 42.С. 253–258. URL: www.market-infr.od/uk/42-2020 (дата звернення: 20.03.2025). DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastructure42-43>.
16. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. Київ : Видавництво «КВІЦ», 2002.
17. Ціна газу: Україна та Європа. Огляд ринку. URL: <https://ueex.com.ua.pdf> (дата звернення: 20.03.2025).

Рогоман Дар'я Сергіївна

здобувач другого рівня вищої освіти ОНП «Маркетинг»

Національного університету «Києво-Могилянська академія»

Rohoman Daria

Applicant for the second Level of higher Education

ONP «Marketing»

National University «Kyiv-Mohyla Academy»

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10878

ФОРМУВАННЯ БРЕНД-СТРАТЕГІЇ ДЛЯ БІЗНЕСУ ЯК ФАКТОР ПОСИЛЕННЯ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ

FORMATION OF A BRAND STRATEGY FOR BUSINESS AS A FACTOR IN STRENGTHENING COMPETITIVE ADVANTAGES

Анотація. Бренд-стратегія є важливою складовою успішного бізнесу. У сучасному ринковому середовищі, де є безліч конкурентів у компанії повинна бути чітка бренд-стратегія, яка буде створювати зв'язок з аудиторією та виділяти себе на фоні конкурентів для збільшення продажів. Бренд-стратегією є комплексний план, що визначає місію бренду, його цінності, цільову аудиторію, унікальність, комунікацію та візуальну ідентичність для досягнення успіху на ринку.

Ключові слова: бренд-стратегія, маркетингова-стратегія, позиціонування бренду, конкурентні переваги, цифрові технології, лояльність споживачів, конкурентоспроможність.

Summary. Brand strategy is an important component of a successful business. In the modern market environment, where there are many competitors, companies must have a clear brand strategy that will create a connection with the audience and stand out from competitors to increase sales. Brand strategy is a comprehensive plan that defines the brand's mission, its values, target audience, uniqueness, communication and visual identity to achieve success in the market.

The article aims to reveal the importance of brand strategy as a key element for the growth and survival of companies in the modern competitive market, emphasizing its role in forming long-term relationships with customers.

The sources of the study are scientific and practical works and statistical sources of information in the field of marketing activities and brand strategy of well-known companies, both domestic and foreign. The article analyzes the latest data from brands that actively use brand strategy to strengthen their competitive advantages.

The main results of this article are the conclusions that brand strategy provides competitive advantages, increases customer loyalty, promotes the integration of corporate social responsibility, and also helps businesses achieve financial stability and long-term success. Attention was focused on important aspects of the formation and implementation of brand strategy in the marketing processes of companies.

Key words: brand strategy, marketing strategy, brand positioning, competitive advantages, digital technologies, consumer loyalty, competitiveness.

Постановка проблеми. Більшість бізнесів-початківців пропускають етап створення бренд-стратегії, одразу переходячи до реалізації інших складових маркетингової стратегії і через короткий проміжок часу закриваються, даючи місце на ринку конкурентам, у яких чітко прописана бренд-стратегія. Це стало підґрунтям для аналізу та визначення етапів формування бренд-стратегії для бізнесу як

фактору посилення конкурентних переваг, що допоможе розвиватися в умовах ринку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

На сьогоднішній день існує значна кількість досліджень та публікацій, присвячених темі бренд-стратегії. У вітчизняній науковій літературі можна виділити дослідження таких авторів, як Білик І. І., Погиба А. А., Маргіта М. В. в їх спільній праці

«Важливість брендингу для підприємств та його вплив на створення споживчої лояльності», де розглянута головна мета брендингу — створення образу бренда, що повинен відповідати потребам цільової аудиторії та виділятися серед подібних товарів [1].

У дослідженнях закордонної компанії Linearty «100 branding statistics, global impact, and consumer perception» наведено статистичні дані, де зазначено, який відсоток людей вважають за краще купувати нові товари знайомих брендів за рахунок ефективної інтеграції корпоративної соціальної відповідальності та маркетингових заходів у загальну бренд-стратегію [2].

Останніми роками спостерігається зростання інтересу маркетологів компаній до штучного інтелекту. Наприклад, у дослідженні «100+ Important Stats to Know About AI in Marketing» за рахунок якого маркетологи трансформують підходи до брендингу, що дозволяє компаніям створювати персоналізовані та ефективні стратегії у взаємодії з клієнтами [3].

Завдяки ІІІ персоналізація та автоматизація маркетингових комунікацій підвищують ефективність взаємодії з аудиторією. Аналіз поведінки користувачів дозволяє створювати персоналізований контент, який збільшує конверсію та залученість, а автоматизація за допомогою чат-ботів, email-розсилок та тригерних механізмів оптимізує роботу з аудиторією, зменшуючи навантаження на команду та забезпечуючи постійну комунікацію, що сприяє зростанню продажів і формуванню довгострокових відносин із брендом.

Отже, аналіз останніх публікацій свідчить про значний інтерес до цієї теми.

Основною метою статті є дослідження підходів до формування бренд-стратегії, оцінку її впливу на конкурентоспроможність підприємств, а також визначення її складових. Значну увагу приділено впливу цифрових технологій та трендів у сфері маркетингових комунікацій.

Виклад основного матеріалу дослідження. На даний момент український та закордонний ринок характеризується високим рівнем конкуренції, де виживання та зростання компаній залежать не тільки від якості їх продукції або послуг, а ще й від ефективності їх бренд-стратегії. Бренд-стратегія — це план формування бізнесу та його просування: закріплення на ринку, підвищення впізнаваності, робота на позитивний імідж. Вона визначає, куди і як рухатиметься бренд протягом декількох років [4].

Такий вид стратегії спрямований на створення конкурентних переваг на ринку, що є необхідним у контексті глобалізації та цифрової трансформації бізнесу. Сучасне бізнес-середовище вимагає від компаній постійного удосконалення та інтеграції інноваційних підходів, адже навіть найкраща продукція може залишитись без уваги без правильно сформульованої стратегії.

Зараз у світі конкуренція не лише щільна, але й швидкоплинна. Щодня з'являються нові бренди,

але одночасно з цим — щодня закриваються десятки бізнесів. Справа не завжди у фінансовій частині, або у якості продукції або послуг. Зазвичай причина глибша — відсутність бренд-стратегії.

За даними дослідження StartUp Mindset, близько 45% стартапів закриваються у перші 5 років саме через відсутність стійкої бренд-стратегії, що призводить до проблем із залученням та утриманням клієнтів [5].

Без прописаної бренд-стратегії неможливо будувати міцний місток з цільовою аудиторією. Вона створює глибинний зв'язок — не тільки через вигоду, а через емоцію, історію та значення. Коли у бренду є стратегія, кожна дія, кожна реклама, кожна візуальна деталь має сенс. Це стає не набором випадкових дій, а цілісною системою, яка працює на побудову довіри й лояльності.

Завдяки стратегії бренд може не лише виживати, а й бути улюбленим людьми. Саме тому великі компанії інвестують у стратегічне бачення, бо розуміють: у світі, де все змінюється, потрібна внутрішня стабільність, ясність і напрям.

Це підґрунтя для аналізу та визначення етапів формування бренд-стратегії як фактора посилення конкурентних переваг, що допоможе розвиватися в умовах ринку.

Головною метою брендингу виступає створення образу бренда, що повинен відповідати потребам цільової аудиторії та виділятися серед подібних товарів. Унікальна корисність є однією з ключових характеристик бренда, і чим більша кількість покупців знають та довіряють бренду, тим більше вони стають його вірними прихильниками та майбутніми покупцями [1].

Сучасний ринок характеризується високим рівнем конкуренції, що вимагає від компаній постійного вдосконалення та диференціації. Ефективна бренд-стратегія дозволяє підприємствам виділитися серед конкурентів, підвищити лояльність клієнтів та забезпечити стабільний розвиток, оскільки:

- правильне позиціонування та чітко сформульовані цінності бренду створюють довіру, яка веде до повторних покупок і рекомендацій серед цільової аудиторії;
- стратегічний підхід до комунікації з аудиторією за допомогою інтегрованих маркетингових кампаній (соціальні медіа, контент-маркетинг, партнерські проекти) сприяє постійному зростанню впізнаваності бренду. Чітке визначення цільової аудиторії та персоналізація повідомлень дозволяють бренду стати більш запам'ятовуваним та впливовим на ринку;
- сильний бренд, який здатен ефективно передавати свої цінності і обіцянки, створює додатковий нематеріальний актив — брендову вартість. Це дозволяє компаніям встановлювати вищі ціни, оскільки споживачі готові платити за гарантію якості, інноваційність і стабільність, що забезпечує високий рівень лояльності [6].

Бренд-стратегія — невід’ємна частина маркетингової стратегії, вона створює фундамент для всіх маркетингових комунікацій, сприяє підвищенню довіри споживачів і, як наслідок, зростанню вартості компанії.

Інтегроване управління брендом передбачає узгодження бренд-стратегії з маркетинговими заходами та загальною бізнес-стратегією. Коли всі рівні стратегії — від корпоративної місії до конкретних маркетингових активностей — гармонійно узгоджені, підприємство отримує можливість створити сильний, впізнаваний бренд. Це дозволяє досягати довгострокових фінансових результатів та підвищувати лояльність клієнтів.

Бренд стратегія — це про сенс, сутність, ідентичність. Вона формує «хто бренд є», яку цінність несе, яку позицію займає на ринку. Це фундамент, на якому будується все інше. Бренд-стратегія відповідає за внутрішній стрижень бізнесу.

Маркетингова стратегія — це вже інструмент, який допомагає донести цей сенс до світу. Вона визначає канали комунікації, просування, рекламні кампанії, плани росту і залучення. Без чіткого бачення бренду, маркетинг легко може перетворитись на хаотичні, поверхневі дії — знижки, акції, пости «на обум», які не створюють глибокого зв’язку з аудиторією.

Коли маркетинг і бренд-стратегія працюють разом, виникає злагода. Маркетинг перестає бути просто набором технік — він стає послідовним, емоційно наповненим і цільовим. Усі дії починають працювати на довгострокову репутацію, а не на короткотермінову вигоду.

Коли ці дві стратегії роз’єднані, бізнес виглядає непослідовно. Люди відчувають дисонанс між тим, що бренд «говорить про себе», і тим, як він поводить ся на ринку. Це підриває довіру.

Сьогодні, коли існує безліч товарів та послуг, лояльність клієнтів — головна конкурентна перевага. Люди обирають не тільки продукт, а й відчуття причетності до бренду. І саме так на перший план виходить інтеграція бренд-стратегії у загальну бізнес-стратегію.

Інтеграція бренд-стратегії в бізнес-стратегію позитивно позначається на лояльності клієнтів. Дослідження, проведене компанією *Linearity*, показує, що 59% споживачів вважають за краще купувати нові товари знайомих брендів. Це є результатом ефектної інтеграції корпоративної соціальної відповідальності та маркетингових заходів у загальну бренд-стратегію [2].

Ключовим фактором такої довіри людей також є інтеграція корпоративної соціальної відповідальності (CSR) у бренд-стратегію. Сучасний споживач хоче знати, що бренд поділяє його цінності: турбується про довкілля, підтримує громади, прозорий у своїй діяльності. CSR перестав бути «благородним бонусом» — це вже очікування, норма. І коли бізнес враховує ці аспекти у своїй загальній стратегії,

споживач не просто купує — він відчуває приналежність до чогось більшого.

Коли бренд-стратегія проникає у всі процеси бізнесу — від розробки продукту до клієнтського сервісу — бренд перетворюється з красивою обгортки на справжню живу систему. Така система викликає не просто інтерес, а емоційне з’єднання. І саме воно лежить в основі лояльності.

Лояльність — це не лише повторні покупки. Це готовність споживача захищати бренд, рекомендувати його друзям, прощати дрібні помилки й підтримувати у складні часи. І вона не виникає випадково — вона є прямим результатом стратегічної узгодженості між тим, що бренд обіцяє, і тим, як бізнес діє.

Інтеграція бренд-стратегії з бізнес-стратегією забезпечує синергію, завдяки якій всі підрозділи працюють єдиним механізмом для досягнення фінансової стабільності [7].

Справжня синергія досягається лише тоді, коли всі підрозділи організації працюють єдиним механізмом. Це дозволяє кожному департаменту (маркетинг, продажі, HR, продуктова команда) діяти відповідно до загальних цілей компанії, що зміцнює позиції на ринку та забезпечує фінансову стабільність. Відповідно до дослідження *Bain & Company*, компанії, які розвивають синергію між своїми підрозділами, досягають на 20% кращих результатів в довгостроковій перспективі порівняно з тими, що мають розрізнені стратегії в різних функціях [8].

Кожна бренд-стратегія складається із таких етапів:

- дослідження та аналітика — аналіз ринку, конкурентів, цільової аудиторії;
- формування місії, бачення та цінностей — визначення основної ідеї бренду;
- позиціонування бренду — виділення унікальних переваг і конкурентних відмінностей;
- розробка візуальної ідентичності — логотип, кольори, стиль, айдентика;
- визначення тональності комунікації (Tone of Voice) — стиль спілкування бренду;
- створення контент-стратегії — планування контенту та каналів взаємодії;
- вибір маркетингових інструментів — реклама, соціальні мережі, PR-кампанії;
- розробка стратегії взаємодії з клієнтами — підтримка, лояльність, ком’юніті;
- моніторинг та коригування — аналіз результатів і вдосконалення стратегії.

Розглянемо ключові етапи формування бренд-стратегії та приклади їх ефектної реалізації.

Дослідження та аналітика — перший етап у формуванні, адже дозволяє визначити ключові тренди та поведінку споживачів. Для цього аналізують цільову аудиторію: демографічні, характеристики, проблеми та болі, потреби та мотивація покупки. Також здійснюється дослідження конкурентів, щоб зрозуміти їхні сильні та слабкі сторони, позиціонування та маркетингові інструменти.



Рис. 1. Інтереси авторів, які згадували бренд Nike у соціальних мережах за останній місяць [9]

Наприклад, бренд Nike раніше зосереджувався суто на професійних атлетах. Але згодом компанія переосмислила свою стратегію і врахувала потреби людей з ширшим колом інтересів. Правильне визначення цільової аудиторії збільшило базу клієнтів, позитивно вплинуло на прибутки та репутацію Nike.

Місія, бачення та цінності — те, що визначить ідею бренду. Місія пояснює, чому він існує та яку проблему вирішує для споживачів. Бачення — уявлення про те, яким бренд стане у майбутньому. Цінності визначають принципи, за якими бренд взаємодіє зі своїми клієнтами.

Розробка позиціонування: потрібно поставити собі питання про те, як хочеться, щоб споживачі сприймали бренд у порівнянні з конкурентами. Враховуючи цей аспект, бренд може заповнити прогалини на ринку або пропонувати унікальний товар чи послугу [9].

Унікальна торгова пропозиція — основний елемент стратегії маркетингу, який визначає, що робить продукт або послугу унікальними та привабливими для цільової аудиторії. Це надає конкурентну перевагу, визначаючи те, що робить бренд відмінним від інших гравців на ринку.

Візуальна ідентичність має бути запам'ятовуваною та відповідати цінностям бренду. Наприклад, візуал бренду Kyivstar включає у собі кольори, які символізують надійність та енергію — синій та жовтий. Також простий та стильний дизайн бренд використовує на своїх платформах: реклама на банерах, у соцмережах та на сервісних точках, що дозволяє створити єдиний образ бренду в уяві споживачів. Візуальна айдентика бренду відображає його місію надавати високоякісні послуги та бути доступним для всіх верств населення.

Tone of voice — це стиль, у якому бренд спілкується з аудиторією через усі канали комунікації.

Правильно підібраний тон голосу допомагає створити емоційний зв'язок з аудиторією та створити враження, ніби бренд «говорить» з клієнтами як жива особистість.

Створення контент-стратегії включає у себе планування контенту та вибір каналів, куди будуть надходити публікації. Цей етап охоплює визначення цілей, форматів контенту, платформ і частоти постингу.

Маркетингові інструменти, такі як PR-кампанії, реклама, соціальні мережі — їх вибір дозволяє бренду досягти своїх цілей, залучити нових клієнтів та підтримувати взаємодію з існуючими споживачами.

Розробка стратегії взаємодії з клієнтами передбачає створення механізмів для підтримки, збереження лояльності та формування ком'юніті навколо бренду. Це включає впровадження програм лояльності, активну комунікацію з клієнтами через різні канали та залучення їх до участі в житті бренду. Наприклад, такі бренди як Starbucks використовують персоналізовані акції та програми лояльності для зміцнення зв'язку з клієнтами.

Моніторинг та коригування стратегії полягають у постійному аналізі результатів. Це дозволяє виявляти, що працює добре, а що потребує змін, і коригувати стратегію для досягнення кращих результатів.

Штучний інтелект та великі дані суттєво трансформують підходи до брендингу, що дозволяє компаніям створювати персоналізовані та ефективні стратегії у взаємодії з клієнтами. Згідно з дослідженням [10], на рис. 2, показано, яка кількість маркетологів використовує ШІ.

Персоналізація та автоматизація маркетингових комунікацій допомагають робити комунікацію з аудиторією ефективнішою та результативнішою. Збір та аналіз даних про поведінку користувачів створює персоналізований контент, що підвищує конверсію та залученість.

Ця автоматизація дає брендам конкурентну перевагу, оскільки дозволяє їм оперативно реагувати на зміни в поведінці споживачів і не відставати від тенденцій ринку. Відтак компанії, які використовують ШІ для оптимізації діяльності своїх кампаній, можуть набагато швидше адаптуватися до змін і тримати лідерство на ринку.

І це дає можливість здійснювати глибокий аналіз ринку та прогнозувати поведінку споживачів, що є важливою конкурентною перевагою. Інструменти аналітики на основі ШІ дозволяють брендам отримувати точні прогнози щодо того, як змінюватиметься попит на їхні продукти в майбутньому, що дає змогу більш точно планувати стратегії розвитку та коригувати їх на основі змін у споживчих тенденціях.

Провідні світові компанії також використовують такі підходи. Наприклад, Nike активно застосовує аналітику та штучний інтелект для персоналізації взаємодії з клієнтами. Додаток Nike Fit дозволяє користувачам сканувати свої стопи для визначення ідеального розміру взуття, використовуючи

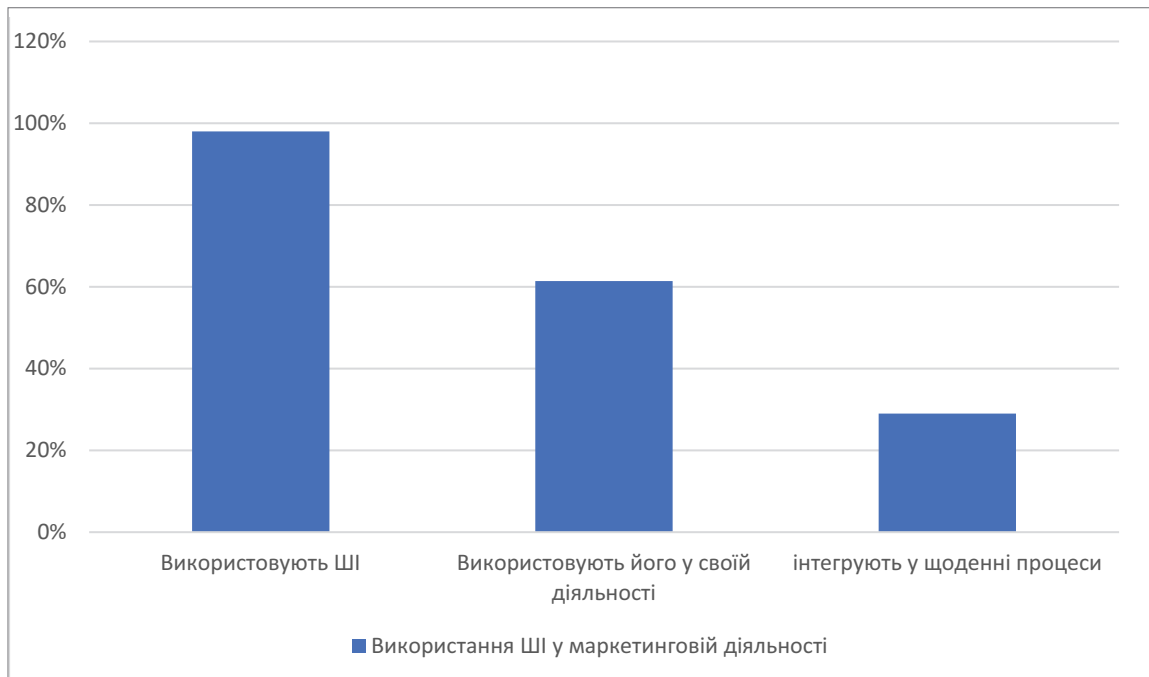


Рис. 2. Використання ШІ у маркетинговій діяльності

комп'ютерний зір та машинне навчання. Ці дані збираються в профілі Nike Plus, що спрощує майбутні покупки. Крім того, Nike використовує дані з додатків, таких як Nike Training Club, для аналізу поведінки клієнтів і прогнозування їхніх потреб, що сприяє підвищенню рівня утримання клієнтів на 40% та зростанню прямих продажів на 10% у 2020 році [3].

Також ШІ може допомогти у моніторингу конкурентів. Завдяки здатності обробляти великі обсяги даних у реальному часі, ШІ дозволяє брендам оцінювати активність конкурентів, відстежувати їхні стратегії та реакції на ринкові зміни, що дає змогу приймати обґрунтовані рішення щодо власної стратегії.

Оцінка впливу бренд-стратегії на конкурентоспроможність компанії є багатовимірним процесом, що включає аналіз фінансових показників порівняння з конкурентами та вивчення успішних прикладів брендингу.

Ключові аспекти впливу бренд-стратегії на конкурентоспроможність визначаються впливом на такі основні показники.

Вплив на фінансові показники: одним із найбільш наочних прикладів є Apple. Завдяки послідовній, добре продуманій бренд-стратегії, яка включає унікальний дизайн, емоційний зв'язок із користувачами та преміум-позиціонування, Apple змогла збільшити свою ринкову капіталізацію на 200% протягом 10 років. У 2023 році компанія досягла вражаючої оцінки у \$3 трильйони. Такий результат свідчить про глибоку довіру інвесторів та стабільну фінансову ефективність, що безпосередньо пов'язана з силою бренду [11].

Вплив на лояльність споживачів: Starbucks, наприклад, завдяки впровадженню програми лояльності як ключового елементу своєї бренд-стратегії,

змогла значно збільшити кількість повторних покупок. Статистика показує, що кількість таких покупок зросла на 26%, що вказує на глибоку емоційну прив'язаність клієнтів до бренду та створення довгострокових відносин. Це також сприяє стабільному доходу та зменшенню витрат на залучення нових клієнтів [12].

Вплив на ринкове позиціонування: ще один важливий аспект, що визначає здатність бренд-стратегії змінити конкурентну карту ринку. Tesla — яскравий приклад того, як інноваційна бренд-стратегія може створити новий преміальний сегмент у вже сформованому ринку. Завдяки фокусу на екологічності, технологічності та візіонерському підходу, Tesla змогла не лише виділитися серед конкурентів, але й залучити 72% нових клієнтів у 2022 році. Це демонструє, як бренд-стратегія може бути рушієм радикальних змін у ринковому позиціонуванні [13].

Компанії з високим рівнем впізнаваності та лояльності до бренду мають кращі фінансові результати. Зокрема, зростання переваги бренду на 1% може призвести до збільшення продажів на 0,5% [14].

Це підкреслює важливість інвестування в бренд-стратегію для підвищення прибутку та ринкової капіталізації. Компанії, які активно інвестують у розвиток свого бренду, часто перевершують конкурентів. Розглянемо це у порівняльній табл. 2:

Дані свідчать, що компанії з продуманою бренд-стратегією, в яку інвестують, мають суттєво вищу капіталізацію та рівень лояльності клієнтів, що підтверджує їх конкурентну перевагу.

Багато компаній, особливо на ранніх етапах розвитку, сприймають бренд як другорядне. Вони зосереджуються на продажах, технічних характеристиках

Таблиця 2

Порівняльний аналіз компаній із сильною та слабкою бренд- стратегією

Компанія	Чітка бренд-стратегія	Ринкова капіталізація	Споживча лояльність
Apple	Так	\$3 трлн	87%
Tesla	Так	\$900 млрд	72%
Nokia	Ні	\$18 млрд	30%
Sears	Ні	Збанкрутувала у 2018 р.	12%

Джерело: сформовано автором на основі [14; 15; 16]

продукту, оперативних задачах, відкладаючи роботу над брендом на «потім». Проте історія показує, що саме ті гравці, які інвестували у стратегічне формування бренду, здобували довготривалу конкурентну перевагу. Apple, Tesla — це не просто компанії, це бренди зі змістом, стилем і послідовною комунікацією, які формують культуру споживання.

Інвестуючи в бренд, компанія вкладає в те, що не піддається швидкому копіюванню: у відчуття, образи, асоціації, довіру. Це створює «бар'єр входу» для конкурентів. Продукт можна скопіювати. Ціни — знизити. Але бренд — це цілісна емоційна і культурна система, яка формується роками.

Чому бренд це важливо так само як інвестиція? Це має довготривалий ефект. Наприклад, рекламна кампанія триває тиждень, бренд — роками; зменшення витрат на маркетинг у довгостроковій перспективі — сильний бренд не потребує «гнати» трафік через знижки. Клієнти приходять самі — через довіру, рекомендації; стійкість до ринку — компанії з сильною бренд-стратегією легше переживають кризи. Коли падають продажі, рятує не реклама, а лояльність аудиторії. Люди готові залишатись із брендом, який вони люблять і в якому впевнені; вища маржинальність — люди готові платити більше за те, що має бренд. Вони купують не просто кросівки, а Nike. Не просто телефон, а iPhone. Це ефект доданої цінності бренду.

Інвестування у бренд-стратегію — це стратегічне рішення, яке визначає не лише як вас бачать сьогодні, а ким ви станете завтра. Це капітал, який працює незалежно від криз, змін ринку чи нових конкурентів. Це ваша репутація, впізнаваність, довіра і сила. І це одна з найрозумніших інвестицій, які може зробити будь-який бізнес.

Ще один показник — додатковий аналіз впливу бренд-стратегії на ринкові позиції компаній. Бренд-стратегія безпосередньо впливає на здатність компанії утримувати ринкові позиції в умовах конкуренції. За даними щорічного звіту Edelman Trust Barometer 2023, 59% споживачів готові зробити покупку саме тому, що довіряють бренду, що підкреслює важливість довіри у споживчому виборі [17].

Це призводить до збільшення конверсії продажів, а також створення довгострокових відносин із клієнтами. Наприклад, компанія Nike завдяки своїй бренд-стратегії зросла на 15% за рік, тоді як її конкурент Adidas — лише на 5% [18].

Це свідчить про безпосередній вплив бренд-стратегії на ринковий успіх.

Висновки з проведеного дослідження. На основі проведеного дослідження було зроблено такі висновки: бренд-стратегія є невід'ємною частиною успішного бізнесу, особливо для початківців. Ключові елементи такої стратегії включають концепцію бренду, визначення цілей, аналіз конкурентів, позиціонування, унікальну торгову пропозицію, створення ідентичності та визначення цільової аудиторії. Ефективна стратегія допомагає бренду виділитися, комунікувати з аудиторією та створювати легко впізнаваний образ, що підвищує його конкурентоспроможність та привабливість на ринку. Тому ретельне впровадження бренд-стратегії є ключовим для успіху бізнесу.

Формування ефективної бренд-стратегії є ключовим фактором успішного розвитку бізнесу в умовах високої конкуренції. Чітке позиціонування, унікальна ціннісна пропозиція та узгодженість усіх маркетингових комунікацій дозволяють підвищити впізнаваність бренду, зміцнити довіру споживачів і забезпечити довгострокову лояльність клієнтів. Провідні компанії, такі як Nike та McDonald's, демонструють, що інвестування у брендинг сприяє зростанню продажів і конкурентних переваг.

Для українського бізнесу важливо враховувати локальні особливості ринку, адаптувати бренд-стратегію до змін у споживчій поведінці та активно використовувати цифрові інструменти. Поєднання персоналізації, автоматизації маркетингових комунікацій та інтеграції штучного інтелекту дозволяє ефективніше взаємодіяти з аудиторією. Крім того, стратегічна узгодженість між бізнес-цілями та маркетинговими активностями підвищує фінансову стійкість компаній.

Перспективи розвитку брендингу пов'язані з подальшим впровадженням технологій, зокрема великих даних та штучного інтелекту, які сприяють глибшому аналізу поведінки клієнтів і створенню персоналізованих пропозицій. Компаніям варто приділяти увагу інтеграції омніканальних стратегій, взаємодії з ком'юніті та використанню нових форматів контенту для залучення аудиторії. Інноваційний підхід до брендингу дозволить підприємствам не лише зберегти свої позиції, а й посилити конкурентні переваги.

Література

1. Білик І. І., Погиба А. А., Маргіта М. В. Важливість брендингу для підприємств та його вплив на створення споживчої лояльності. URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/aprde/article/view/8171/8270> (дата звернення: 01.04.2025).
2. 100 branding statistics, global impact, and consumer perception. URL: <https://www.linearity.io/blog/branding-statistics/#global-branding-industry-overview> (дата звернення: 02.04.2025).
3. 100+ Important Stats to Know About AI in Marketing. URL: https://www.andava.com/learn/ai-in-marketing-statistics/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 02.04.2025).
4. Стратегія бренду: особливості, сходінки, сегменти: веб-сайт. URL: <https://fractus.com.ua/uk/blog/strategiya-brendu-osoblivosti-shodinki-segmenti/> (дата звернення: 12.03.2024).
5. 45% of New Businesses Fail Within 5 Years: Here Are the 7 Reasons Why. URL: https://startupmindset.com/50-of-new-businesses-fail-here-are-the-7-reasons-why/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 02.04.2025).
6. Кітченко О. М. Формування стратегії бренда за допомогою новітніх технологій маркетингу. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/download/3816/4596/10488> (дата звернення: 01.04.2025).
7. Назарчук Т., Ковальчук В. Бренд-стратегія як ключовий фактор розвитку компанії на ринку. URL: <https://dsim.khmn.edu.ua/index.php/dsim/article/view/305> (дата звернення: 01.04.2025).
8. Why Some Merging Companies Become Synergy Overachievers. URL: <https://www.bain.com/insights/why-some-merging-companies-become-synergy-overachievers/> (дата звернення: 02.04.2025).
9. Цільова аудиторія: як її визначити й аналізувати? URL: https://youscan.io/ua/blog/target-audience-analysis-aim-accurately/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 01.04.2025).
10. Бренд стратегія: веб-сайт. URL: <https://ghack.agency/brend-stratehiia1/> (дата звернення: 12.03.2024).
11. Apple's Market Cap Hits \$3 Trillion, Again. URL: https://www.investopedia.com/apple-hits-usd3-trillion-market-cap-7556023?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 02.04.2025).
12. Starbucks Fiscal 2022 Annual Report. URL: https://s203.q4cdn.com/326826266/files/doc_financials/2022/ar/Starbucks-FY22-Annual-Report.pdf (дата звернення: 02.04.2025).
13. Stay up-to-date with the latest Tesla statistics. From production to revenue, gain insights into the company leading the EV revolution. URL: <https://www.buyacar.co.uk/the-latest-tesla-statistics/#:~:text=Tesla's%20GAAP%20income%20for%202023,was%20the%20Tesla%20Model%20Y.> (дата звернення: 02.04.2025).
14. Brand preference secret weapon for growth. URL: https://www.theaustralian.com.au/subscribe/news/1/?sourceCode=TAWEB_WRE170_a&dest=https%3A%2F%2Fwww.theaustralian.com.au%2Fbusiness%2Fgrowth-agenda%2Fbrand-preference-is-the-secret-weapon-for-growth%2Fnews-story%2F585039464314248ffb34b8d9373dac52&memtype=anonymous&mode=premium&v21=GROUPB-Segment-2-NOSCORE&V21spcbehaviour=append&nk=b791a80d841b810eec-27cd0abb9b4169-1743604992 (дата звернення: 02.04.2025).
15. Market capitalization of Nokia (NOK). URL: https://companiesmarketcap.com/nokia/marketcap?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 02.04.2025).
16. The Collapse of the Purchase Funnel. URL: <https://www.edelman.com/sites/g/files/aatuss191/files/2023-06/2023%20Edelman%20Trust%20Barometer%20Special%20Report%20The%20Collapse%20of%20the%20Purchase%20Funnel%20FINAL.pdf> (дата звернення: 02.04.2025).
17. The Collapse of the Purchase Funnel. URL: <https://www.edelman.com/sites/g/files/aatuss191/files/2023-06/2023%20Edelman%20Trust%20Barometer%20Special%20Report%20The%20Collapse%20of%20the%20Purchase%20Funnel%20FINAL.pdf> (дата звернення: 02.04.2025).
18. Adidas targets larger US market share as Nike struggles. URL: <https://www.reuters.com/business/retail-consumer/adidas-targets-larger-us-market-share-nike-struggles-2025-02-28/#:~:text=Nike's%20share%20of%20the%20global,%2C%20On%20Running%2C%20and%20Hoka.> (дата звернення: 02.04.2025).

References

1. Bilyk I.I., Pohyba A.A., Marhita M.V. Vazhlyvist brendynhu dlia pidprijemstv ta yoho vplyv na stvorennia spozhyvchoi loialnosti. URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/aprde/article/view/8171/8270>.
2. 100 branding statistics, global impact, and consumer perception. URL: <https://www.linearity.io/blog/branding-statistics/#global-branding-industry-overview>.
3. 100+ Important Stats to Know About AI in Marketing. URL: https://www.andava.com/learn/ai-in-marketing-statistics/?utm_source=chatgpt.com.
4. Stratehiia brendu: osoblyvosti, shodinyky, sehmenty: veb-sait. URL: <https://fractus.com.ua/uk/blog/strategiya-brendu-osoblivosti-shodinki-segmenti/>
5. 45% of New Businesses Fail Within 5 Years: Here Are the 7 Reasons Why. URL: https://startupmindset.com/50-of-new-businesses-fail-here-are-the-7-reasons-why/?utm_source=chatgpt.com.
6. Kitchenko O. M. Formuvannia stratehii brenda za dopomohoiu novitnikh tekhnolohii marketynhu. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/download/3816/4596/10488>.

7. Nazarchuk T., Kovalchuk V., Brend-stratehiia yak kliuchovyi faktor rozvytku kompanii na rynku. URL: <https://dsim.khmn.edu.ua/index.php/dsim/article/view/305>.
8. Why Some Merging Companies Become Synergy Overachievers. URL: <https://www.bain.com/insights/why-some-merging-companies-become-synergy-overachievers/>.
9. Tsilova audytorii: yak yii vyznachyty y analizuvaty? URL: https://youscan.io/ua/blog/target-audience-analysis-aim-accurately/?utm_source=chatgpt.com.
10. *Brend stratehiia: veb-sait*. URL: <https://ghack.agency/brend-stratehiia1/>.
11. Apple's Market Cap Hits \$3 Trillion, Again. URL: https://www.investopedia.com/apple-hits-usd3-trillion-market-cap-7556023?utm_source=chatgpt.com.
12. Starbucks Fiscal 2022 Annual Report. URL: https://s203.q4cdn.com/326826266/files/doc_financials/2022/ar/Starbucks-FY22-Annual-Report.pdf.
13. Stay up-to-date with the latest Tesla statistics. From production to revenue, gain insights into the company leading the EV revolution. URL: <https://www.buyacar.co.uk/the-latest-tesla-statistics/#:~:text=Tesla's%20GAAP%20income%20for%202023,was%20the%20Tesla%20Model%20Y>.
14. Brand preference secret weapon for growth. URL: https://www.theaustralian.com.au/subscribe/news/1/?sourceCode=TAWEB_WRE170_a&dest=https%3A%2F%2Fwww.theaustralian.com.au%2Fbusiness%2Fgrowth-agenda%2Fbrand-preference-is-the-secret-weapon-for-growth%2Fnews-story%2F585039464314248ffb34b8d9373dac52&memtype=anonymous&mode=premium&v21=GROUPB-Segment-2-NOSCORE&V21spcbehaviour=append&nk=b791a80d841b810eec-27cd0abb9b4169-1743604992.
15. Market capitalization of Nokia (NOK). URL: https://companiesmarketcap.com/nokia/marketcap?utm_source=chatgpt.com.
16. The Collapse of the Purchase Funnel. URL: <https://www.edelman.com/sites/g/files/aatuss191/files/2023-06/2023%20Edelman%20Trust%20Barometer%20Special%20Report%20The%20Collapse%20of%20the%20Purchase%20Funnel%20FINAL.pdf>.
17. The Collapse of the Purchase Funnel. URL: <https://www.edelman.com/sites/g/files/aatuss191/files/2023-06/2023%20Edelman%20Trust%20Barometer%20Special%20Report%20The%20Collapse%20of%20the%20Purchase%20Funnel%20FINAL.pdf>.
18. Adidas targets larger US market share as Nike struggles. URL: <https://www.reuters.com/business/retail-consumer/adidas-targets-larger-us-market-share-nike-struggles-2025-02-28/#:~:text=Nike's%20share%20of%20the%20global,%2C%20On%20Running%2C%20and%20Hoka>.

УДК 94:[323.3:66-051](477)»16/17»

Муляр Анатолій Миколайович*кандидат історичних наук,
доцент кафедри суспільно-гуманітарних дисциплін
Університет економіки і підприємництва***Mulyar Anatoly***Candidate of Historical Sciences,
Associate Professor of the Department of Social and Humanities
University of Economics and Entrepreneurship
ORCID: 0000-0002-7629-301X*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10921

ДОРЕВОЛЮЦІЙНА ІСТОРІОГРАФІЯ ПОДІЛЛЯ СЕРЕДИНИ ХІХ СТОЛІТТЯ: ОСНОВНІ ПОСТАТІ ТА НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

PRE-REVOLUTIONARY HISTORIOGRAPHY OF PODILLIA IN THE MID-NINETEENTH CENTURY: KEY FIGURES AND RESEARCH AREAS

Анотація. Стаття присвячена комплексному аналізу дореволюційної історіографії Поділля середини ХІХ століття, розглядаючи її як важливий етап у формуванні знань про історію, етнографію, археологію, статистику та культуру регіону. Метою роботи є систематизація та критична оцінка дослідницької спадщини ключових постатей, що вивчали Подільську губернію в зазначений період, а також визначення основних напрямів їхніх наукових пошуків.

На основі критичного огляду праць провідних українських, польських та російських дослідників (зокрема, Ю. Сіцінського, М. Яворовського, М. Орловського, В. Антоновича, П. Чубинського, К. Михальчука, М. Іванишева, К. Шейковського, П. Гліщинського, В. Побуг-Гурського, О. Пшездзецького, Е. Руліковського, Ю. Ролле, М. Драгоманова, М. Довнар-Запольського, О. Кольберга, П. Батюшкова та ін.) проаналізовано їхній внесок у вивчення різних аспектів життя Поділля. Розглянуто основні напрями досліджень: церковна історія та статистика (Ю. Сіцінський, М. Яворовський), історико-статистичні та географічні описи (М. Орловський), публікація джерел та формування української історичної концепції (В. Антонович), масштабні етнографічно-статистичні експедиції та фіксація народної культури (П. Чубинський, О. Кольберг), лінгвістичні студії (К. Михальчук), вивчення правових аспектів (М. Іванишев), соціально-економічний аналіз (М. Драгоманов, П. Гліщинський), дослідження з польської перспективи з акцентом на історії шляхти, архітектури та локальних наративів (О. Пшездзецький, Е. Руліковський, Ю. Ролле), а також узагальнюючі праці в рамках офіційної російсько-імперської парадигми (П. Батюшков).

Водночас у статті висвітлено методологічні особливості, сильні сторони (деталізація, польові дослідження, використання архівів, міждисциплінарність) та обмеження тогочасної науки. Проаналізовано вплив ідеологічних чинників (російська імперська політика, польські національні інтереси, зародження українського руху), особистих позицій авторів та їхньої соціальної приналежності на інтерпретацію історичних процесів, вибір джерел та фокус досліджень. Визначено типові для епохи риси, такі як описовість, недостатній рівень критики джерел за сучасними мірками, романтизація минулого, зосередженість на певних соціальних верствах чи аспектах життя.

Наголошено, що дореволюційна історіографія, попри свої обмеження та упередження, заклала фундамент для подальшого вивчення Поділля, зібравши величезний масив фактичного матеріалу, значна частина якого є унікальною. Підкреслено необхідність критичного підходу до використання цієї спадщини сучасними дослідниками, врахування контексту створення праць та особистостей авторів. Стаття систематизує інформацію про ключових дослідників та їхній доробок, пропонуючи цілісний погляд на стан вивчення Поділля середини ХІХ століття в дореволюційну добу.

Ключові слова: історіографія, Поділля, Подільська губернія, середина ХІХ століття, дореволюційний період, українська історіографія, польська історіографія, російська історіографія, краєзнавство, етнографія, статистика, Юхим Сіцінський, Володимир Антонович, Павло Чубинський, Юзеф Ролле.

Summary. The article is dedicated to a comprehensive analysis of the pre-revolutionary historiography of Podillia in the mid-19th century, viewing it as a crucial stage in the formation of knowledge about the region's history, ethnography, archaeology, statistics, and culture. The aim of the work is the systematization and critical assessment of the research heritage of key figures who studied the Podillian Governorate during the specified period, as well as the identification of the main directions of their scholarly research.

Based on a critical review of the works of leading Ukrainian, Polish, and Russian researchers (including Yukhym Sitsynskyi, Mykola Yavorovskiy, Mykhailo Orlovskiy, Volodymyr Antonovych, Pavlo Chubynskiy, Kostiantyn Mykhalyuk, Mykola Ivanyshev, Kostiantyn Sheikovskiy, Pavlo Hlishchynskiy, Władysław Pobóg-Górski, Aleksander Przeździecki, Edward Rulikowski, Józef Rolle, Mykhailo Drahomanov, Mytrofan Dovnar-Zapolskyi, Oskar Kolberg, Pavel Batiushkov, et al.), their contribution to the study of various aspects of life in Podillia is analyzed. The main research areas are examined: church history and statistics (Yu. Sitsynskyi, M. Yavorovskiy); historical-statistical and geographical descriptions (M. Orlovskiy); source publication and the formation of the Ukrainian historical concept (V. Antonovych); large-scale ethnographic-statistical expeditions and the documentation of folk culture (P. Chubynskiy, O. Kolberg); linguistic studies (K. Mykhalyuk); study of legal aspects (M. Ivanyshev); socio-economic analysis (M. Drahomanov, P. Hlishchynskiy); research from a Polish perspective with an emphasis on the history of the nobility (szlachta), architecture, and local narratives (A. Przeździecki, E. Rulikowski, J. Rolle); as well as generalizing works within the framework of the official Russian imperial paradigm (P. Batiushkov).

Simultaneously, the article highlights the methodological features, strengths (detail, fieldwork, use of archives, interdisciplinarity), and limitations of the scholarship of that time. The influence of ideological factors (Russian imperial policy, Polish national interests, the emergence of the Ukrainian movement), the authors' personal positions and social backgrounds on the interpretation of historical processes, the selection of sources, and the focus of research is analyzed. Typical features of the era are identified, such as descriptiveness, an insufficient level of source criticism by modern standards, romanticization of the past, and concentration on specific social strata or aspects of life.

It is emphasized that pre-revolutionary historiography, despite its limitations and biases, laid the foundation for further study of Podillia, having collected a vast array of factual material, much of which is unique. The necessity of a critical approach by contemporary researchers when using this heritage is underscored, taking into account the context in which the works were created and the authors' personalities. The article systematizes information about the key researchers and their work, offering a holistic view of the state of study of Podillia in the mid-19th century during the pre-revolutionary era.

Key words: historiography, Podillia, Podillian Governorate, mid-19th century, pre-revolutionary period, Ukrainian historiography, Polish historiography, Russian historiography, local studies, ethnography, statistics, Yukhym Sitsynskyi, Volodymyr Antonovych, Pavlo Chubynskiy, Józef Rolle.

Постановка проблеми. Дослідження історії Поділля середини XIX століття значною мірою спирається на багату наукову спадщину, створену в дореволюційний період численними українськими, польськими та російськими авторами. Праці Юхима Сіцинського, Володимира Антоновича, Павла Чубинського, Юзефа Ролле, Оскара Кольберга та багатьох інших заклали фундамент для вивчення регіону, зібравши величезний масив унікального фактичного матеріалу з історії, етнографії, статистики, археології та інших галузей знань.

Однак ця історіографічна спадщина є вкрай неоднорідною і не позбавлена суттєвих проблем. Створені в умовах Російської імперії, ці праці часто несли на собі відбиток панівних ідеологій (російсько-імперської, польської національної), що впливало на вибір тем, інтерпретацію подій та добір джерел. Крім того, тогочасна наука мала свої методологічні обмеження: недостатній рівень критики джерел, поширення описовості та романтичних підходів, зосередження на певних соціальних групах (часто шляхті або селянстві) при ігноруванні інших аспектів суспільного життя. Різноманіття підходів та фрагментарність багатьох досліджень також ускладнюють формування цілісної картини минулого Подільської губернії.

Як наслідок, виникає проблема критичного осмислення та систематизації цього значного, але складного й суперечливого доробку. Сучасні дослідники потребують узагальнюючого аналізу дореволюційної історіографії Поділля середини XIX століття, який би не лише визначив ключових авторів та основні напрями їхніх досліджень, але й об'єктивно оцінив їхній внесок, методологію та виявив ідеологічні й світоглядні впливи. Відсутність такого комплексного критичного огляду ускладнює адекватне використання праць попередників та об'єктивну реконструкцію історії регіону в зазначений період. Саме на розв'язання цієї проблеми спрямована дана стаття.

Методологія дослідження базується на принципах історизму, системності та об'єктивності. Основним методом є історіографічний аналіз, що включає критичний розгляд праць дореволюційних дослідників Поділля як історичних джерел.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний етап вивчення історії та історіографії дореволюційного Поділля характеризується відходом від імперських та радянських концептуальних схем і прагненням до формування нового, об'єктивнішого погляду на минуле регіону. Дослідження спрямовані на переосмислення регіональної історії крізь призму національних інтересів України, водночас

враховуючи багатоетнічність та полікультурність Поділля. Актуальним завданням є створення цілісного наукового уявлення про історичний розвиток краю, його роль та місце в загальноукраїнському та європейському контекстах.

Значний внесок у розвиток цих досліджень на сучасному етапі здійснив Л. В. Баженов [2]. Його фундаментальні монографії та численні наукові статті охоплюють широке коло питань історії Поділля. Важливою є його організаційна діяльність зі створення наукового центру дослідження історії Поділля та формування відповідної наукової школи, що забезпечило якісно новий рівень вивчення минулого краю. Завдяки його зусиллям було значною мірою систематизовано інформацію про дослідників Поділля XIX–XX століть, введено до наукового обігу нові архівні джерела та розроблено аспекти методології регіональних історичних досліджень. Це дозволило створити більш комплексне уявлення про дореволюційну історію та історіографію Поділля.

Поряд із ним, різні аспекти історіографії та історії Подільської губернії XIX століття досліджували й інші сучасні науковці. Свої праці цій проблематиці присвятили, зокрема, С. Е. Баженова, А. Б. Задорожнюк, О. Б. Комарницький, А. Г. Філінюк, А. А. Криськов, Я. С. Галецька, С. М. Єсюнін, В. В. Кундельський, А. М. Боднар, Т. Ю. Холковська та інші дослідники.

Вивчення історіографії Поділля XIX століття сучасними науковцями має важливе значення для розвитку української історичної науки. Колективні зусилля дослідників сприяють формуванню критичного, позбавленого ідеологічних нашарувань минулого, погляду на історію регіону та його наукове осмислення попередниками.

Формулювання цілей статті полягає в систематизації та аналізі доробку ключових дослідників дореволюційної доби (українських, польських, російських), які вивчали різні аспекти історії, етнографії, статистики, археології та культури Поділля середини XIX століття. Визначенні основних тематичних та методологічних напрямів досліджень Поділля, характерних для історіографії зазначеного періоду.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Юхим Йосипович Сіцинський (1859–1937) [13] був одним із перших, хто здійснив настільки масштабне, систематичне й глибоке дослідження історії, археології, архітектури та етнографії Поділля. Його праці заклали фундамент для подальшого вивчення регіону. Він зібрав величезний масив фактичного матеріалу. «Исторические сведения о приходах и церквах...», «Археологическая карта...» вражають деталізацією та прагненням до максимальної повноти даних про окремі села, храми, монастирі, городища. Сіцинський активно працював з архівними документами (церковними метриками, візитаціями, актами), епіграфічними пам'ятками (написами на дзвонах, стінах, надгробках) і, що особливо цінно,

проводив численні польові дослідження — особисто відвідував об'єкти, проводив опитування місцевих жителів, робив замальовки, фотографував.

У його творчому доробку понад 300 наукових праць, і 150 статей-рецензій. Його внесок у дослідження Поділля середини XIX століття є надзвичайно вагомим і багатограним, навіть попри те, що не завжди виділений в окремі праці, присвячені виключно цьому періоду. Його наукова спадщина містить дослідження історії населених пунктів та окремих місцевостей. Зокрема, в 1895 р. було опубліковано дослідження «Город Каменец Подольский. Историческое описание», а в 1911 р. «Исторические местности Подолии и их достопримечательности». І хоча роботи охоплюють ширший хронологічний діапазон, але вони обов'язково містили розділи або відомості, що стосувалися розвитку цих місць під владою Російської імперії у XIX столітті, включаючи його середину (адміністративні зміни, населення, забудова, значні події). Він зберіг детальну інформацію про архітектурні особливості, стан збереження та історію церковних будівель. Він зафіксував архітектурну спадщину, що походила з середини XIX ст. або активно використовувалася. Систематизував та узагальнив знання про історію регіону, де середина XIX ст. поставала як складова частина історичного процесу.

Водночас, у час, коли домінували загальноімперські наративи, дослідник приділяв величезну увагу саме локальній історії — окремим парафіям, містечкам, монастирям, підкреслюючи їхню унікальність та значення.

Як православний священник і діяч, офіційної церковної структури (Єпархіального комітету), Сіцинський працював у межах ідеології Російської імперії та Російської православної церкви. Це могло впливати на його інтерпретацію певних подій, особливо тих, що стосувалися історії Унійної церкви, польського панування чи католицизму, які часто подавалися в негативному світлі. Акцент робився на православній історії краю, і попри величезну джерельну базу, рівень критичного аналізу джерел не завжди був достатньо глибоким за сучасними мірками. Іноді Сіцинський міг некритично сприймати місцеві легенди чи перекази, а багато його праць мають переважно описовий характер. Аналітична складова, порівняльний аналіз з іншими регіонами та глибоке теоретичне осмислення історичних процесів не завжди були його пріоритетом.

Також визначне місце в дослідженні історії церкви та населених пунктів Поділля займає Микола (Николай) Яворовський (1842–1919) [16]. Оцінюючи дослідження та його діяльність, важливо виходити з позиції довголітнього редакторства «Подольских епархиальных ведомостей» (далі — ПЄВ) та авторства праць переважно з церковної історії. Як редактор, він надавав можливість багатьом іншим дослідникам (включаючи на початковому етапі й Ю. Сіцинського) публікувати свої розвідки, джерельні

матеріали та спостереження. Це стимулювало розвиток місцевих історико-краєзнавчих студій. Завдяки ПЄВ було зібрано й опубліковано колосальний обсяг інформації про історію парафій, монастирів, духовенства, церковних шкіл, будівництва храмів, а також статистичні дані по Подільській єпархії за тривалий період. Цей масив даних, хоч і специфічний, але є цінним джерелом.

Яворовський сам був автором численних статей, оглядів та статистичних звітів, присвячених історії та сучасному (для нього) стану Подільської єпархії. Ці праці містять важливу інформацію про офіційне життя Православної церкви в регіоні. Тривале перебування Яворовського на посаді редактора забезпечило стабільний і регулярний вихід видання. Це сприяло послідовному накопиченню краєзнавчої інформації протягом другої половини XIX — початку XX століття. Однак, як офіційне видання єпархії, ПЄВ під редакцією Яворовського суворо дотримувалося ідеології Російської православної церкви та самодержавства. Він підтримував русифікацію подільського населення та займав антикатолицькі позиції при висвітленні релігійної історії.

Важливою фігурою для історіографії Поділля, оскільки його дослідження є одними із небагатьох комплексних джерел саме з середини XIX століття, є Михайло Орловський (Псель) (1807–1887) [9]. Його найвідоміші праці — це історико-статистичні та географічні нариси, що друкувалися як вступні статті або розділи в офіційних щорічних виданнях «Пам'ятних книжках Подільської губернії», «Краткого историко-статистического очерка Подольской губернии». Публікував окремі статті та матеріали в офіційній газеті «Подольские губернские ведомости».

Як співробітник губернського статистичного комітету, його головним завданням був збір та публікація статистичних даних (про населення, сільське господарство, промисли, торгівлю, освіту тощо) та географічних описів. Попри можливі неточності, ці дані є безцінним джерелом для реконструкції соціально-економічного стану Поділля того часу. Поєднуючи сухі статистичні дані з історичними нарисами та географічними описами, він намагався дати цілісне уявлення про губернію, що було прогресивним підходом для офіційних видань середини XIX століття. У своїх описах Орловський часто включав короткі відомості про населення, його звичаї та побут, збагачуючи свої праці етнографічною цінністю. Однак слід пам'ятати, що, будучи імперським чиновником, його дослідження неминуче відображали офіційну точку зору Російської імперії. Тому в ряді випадків він позитивно відображав російську адміністрацію, використовував імперську термінологію та підходи до класифікації населення, упереджено ставився до польського населення чи інших конфесій.

Постаттю першої величини в українській історіографії другої половини XIX століття є Володимир Антонович (1834–1908) [1]. І хоча він не написав

окремих монографій, присвячених виключно Поділля, його внесок у вивчення краю є величезним і багатограним, хоча й часто непрямим.

Оцінюючи його дослідження стосовно Поділля, можна виділити наступні аспекти. Він зробив доступними для науковців тисячі документів з історії Правобережної України XVI–XVIII ст., серед яких величезна кількість стосується безпосередньо Поділля (акти про землеволодіння, заселення краю, соціальну боротьбу, гайдамаччину, церковну історію тощо). Без цієї джерельної бази глибоке вивчення історії Поділля того періоду було б неможливим. Антонович послідовно обстоював окремішність української історії та культури. Його праці з історії Великого князівства Литовського та козащини давали змогу розглядати історію Поділля не лише в контексті польського чи російського панування, а як невід'ємну частину загальноукраїнського історичного процесу.

Він розумів важливість етнографічних даних для історичних реконструкцій, що розширювало предметне поле досліджень, актуальне і для Поділля. Однак Антонович не створив жодної узагальнюючої праці з історії Поділля. Інформація про регіон у його власних працях є фрагментарною, поданою в контексті ширших тем. Його суворий позитивізм та акцент на «дрібних фактах» іноді обмежували його можливості у створенні широких історичних синтезів та теоретичних узагальнень. І хоча Володимир Антонович не був спеціалізованим істориком саме Поділля, він відіграв фундаментальну роль у розвитку досліджень Подільського краю, заклавши міцні підвалини для подальших наукових пошуків.

Масштабні етнографічно-статистичні дослідження Південно-Західного краю (1869–1870), що охопили і Подільську губернію, здійснив Павло Чубинський (1839–1884) [14]. Він зібрав багатий матеріал про традиції, звичаї, обряди, пісні, казки та легенди Поділля, який опублікував в багатотомних «Трудах этнографическо-статистической экспедиции...». Це багатотомне дослідження є справжнім скарбом для вивчення етнографії та фольклору Поділля середини XIX століття.

Завдяки його записам сучасні дослідники мають змогу відтворити повсякденне життя і світогляд подолян XIX століття. Застосовуючи науковий підхід до збору та класифікації даних про населення Поділля, науковець зумів створити цілісну картину соціокультурного життя регіону.

У своїх дослідженнях він описував соціально-економічні умови життя подолян, особливо селянства. Це дало змогу глибше зрозуміти становище українського селянства в умовах кріпацтва та його довготривалих наслідків. Своїми працями він сприяв популяризації культури Подільського краю, що відіграло важливу роль у формуванні національної свідомості як серед місцевого населення, так і за його межами.

Водночас, як і будь-яка робота, його дослідження мали певні обмеження, зумовлені особливостями епохи та об'єктивними труднощами проведення масштабних польових досліджень. Зокрема, він мав обмежений доступ до окремих верств населення, через що менш поширені обряди могли залишитися поза його дослідницькою увагою. Його дослідницька увага була переважно зосереджена на селянстві, тоді як окремі аспекти життя заможних верств суспільства залишилися менш висвітленими. Крім того, політична ситуація в Російській імперії могла призводити до замовчування або викривлення деяких аспектів української культури в працях Чубинського з метою уникнення конфлікту з офіційною владою.

Значний вплив на дослідження Подільської губернії середини XIX ст. мали праці українського етнографа, історика і громадського діяча, Костянтина Яковича Терещенка (1818–1881) [13]. Його праці були присвячені побуту, культурі та соціально-економічному життю регіону. У своїх роботах він особливо відзначав виняткову родючість подільських земель, що слугували міцною основою для розвитку сільськогосподарського виробництва. Він також детально описав розвиток місцевих ярмарків і торгівлі, які процвітали майже в кожному місті та містечку губернії. У своїх працях Терещенко не оминав і важкого становища селян Подільської губернії, значна частина яких перебувала у кріпацькій залежності аж до реформи 1861 року.

Одним із перших дослідників, які систематично вивчали діалекти Поділля та активно займалися просвітницькою роботою серед селян Подільської губернії, був Костянтин Петрович Михальчук (1841–1914) [8]. Він здійснив перше системне наукове дослідження говірок Подільської губернії, задокументувавши унікальні мовні особливості різних районів регіону. Його праця «Наречия, поднаречия и говоры южнорусского языка» стала першою серйозною спробою систематизації та класифікації українських діалектів, включаючи подільські. Михальчук одним із перших почав розглядати мовні явища Поділля у тісному зв'язку з етнографією, історією та культурою регіону, що дало змогу створити цілісну картину культурно-мовного ландшафту Подільської губернії. Він розробив та застосував оригінальну методологію польових лінгвістичних досліджень, яка передбачала безпосереднє спілкування з представниками різних соціальних груп і ретельне фіксування їхнього мовлення, що забезпечило високу достовірність зібраного матеріалу.

Однак Михальчук часто розглядав мовні явища Поділля переважно статично, недостатньо враховуючи історичний розвиток діалектів та вплив мовних контактів протягом різних історичних періодів. Порівнюючи сучасні йому говірки з історичними формами мови, він спирався на обмежену кількість історичних джерел, що іноді призводило до дещо спрощених історико-лінгвістичних висновків.

Особливу увагу правовим аспектам життя Поділля приділяв видатний український історик права Микола Дмитрович Іванишев (1811–1874) [7]. Будучи ректором Київського університету Святого Володимира та активним діячем Київської археографічної комісії, він докладав значних зусиль до виявлення, збору та публікації історичних документів, що стосувалися і Поділля. Публікація джерел (грамот, актів тощо) у виданнях Комісії, зокрема в «Архиве Юго-Западной России», мала неоціненне значення, адже робила першоджерела доступними для широкого кола дослідників та забезпечувала їх збереження для майбутніх поколінь. Представляючи академічну науку свого часу, дослідник відзначався великою ретельністю у роботі з документами (наскільки це було можливо за тогочасних умов), прагненням до систематизації та аналізу фактів. Цінним внеском Іванишева було його особлива увага до правових аспектів життя Поділля, зокрема історії землеволодіння, судочинства та правових звичаїв.

До певних обмежень його досліджень, на нашу думку, слід віднести домінування офіційної російської ідеології, що неминуче впливало на інтерпретацію подій, вибір тематики та розстановку акцентів. Відповідно, історія регіону розглядалася переважно через призму російської державності, тоді як менша увага приділялася соціальній історії, економічним процесам «знизу» та повсякденному життю населення. Діяльність Археографічної комісії та наукові інтереси самого Іванишева були значною мірою зосереджені на більш ранніх періодах історії (князя та литовсько-польська доба), хоча середина XIX століття вже була для нього сучасністю.

Чималий внесок у вивчення етнографії та фольклору Поділля вніс Каленик Васильович Шейковський (1835–1903) [15]. Він став одним із піонерів систематичного збору та аналізу етнографічних матеріалів про подолян. Його праця «Побут подолян» (1860) започаткувала окремий напрям досліджень, ставши першою публікацією, спеціально присвяченою етнографії та фольклору Поділля, і таким чином стимулювала інтерес інших науковців до цього регіону. Публікуючись у періодичних виданнях, він популяризував народну культуру серед широких верств населення, роблячи її більш доступною. Важливим аспектом його діяльності було налагодження наукових зв'язків з іншими дослідниками, зокрема з Михайлом Орловським, який передав йому значну кількість матеріалів для праці «Побут подолян».

У своїх працях він переважно зосереджувався на окремих аспектах побуту та фольклору подолян, не вдаючись до комплексного аналізу соціально-економічних і політичних умов регіону. Це, своєю чергою, обмежувало повноту розуміння культурного життя Поділля того часу. Також слід зазначити, що у працях Шейковського відчувався брак критичного підходу до зібраних матеріалів, що потенційно могло

призводити до певної ідеалізації або спотворення реальної картини народного життя.

Серед дослідників Подільської губернії середини XIX століття варто згадати і Павла Гліщинського [4]. Будучи бібліотекарем і викладачем Подільської духовної семінарії, він у 1850 році за дорученням адміністрації розпочав збір матеріалів для історико-статистичного огляду Подільської єпархії. Його рукопис був опублікований у «Подільських єпархіальних відомостях» у 1862 році. Він став одним із перших, хто намагався створити комплексний опис Подільської єпархії, що стало важливим кроком у розвитку краєзнавства регіону. Однак його дослідження спиралися на досить вузьке коло джерел, що обмежувало глибину та об'єктивність аналізу. Передчасна смерть автора також призвела до того, що дослідження залишилися незавершеними, що, безумовно, вплинуло на його повноту та системність.

Значну увагу ключовим подіям та явищам середини XIX століття на Поділлі приділяв у своїх історичних дослідженнях і Михайло Драгоманов (1841–1895) [5]. Його праці містять глибокий аналіз та дослідження подій, процесів і явищ, що безпосередньо стосувалися Поділля середини XIX століття. Серед основних тем його досліджень були скасування кріпосного права, становище селянства та аграрні відносини. Особливу увагу він приділяв напруженим відносинам та формуванню українського національного руху в контексті протистояння та діалогу з польським національним рухом. Застосовуючи більш сучасну для свого часу методологію, він прагнув до об'єктивності, ретельного аналізу джерел, відходячи від романтичних узагальнень своїх попередників. Це дозволяло йому здійснювати глибший аналіз соціально-економічних та політичних процесів, що відбувалися на Поділлі.

Також він активно використовував фольклорні матеріали (пісні, перекази) для реконструкції народного світогляду, ставлення до подій, соціальної пам'яті. Це дає уявлення про настрої населення Поділля в середині XIX століття. Глибоко аналізував складні взаємини між українським населенням та польською шляхтою, культурні та політичні впливи на Поділлі, що було ключовим для розуміння регіону. Розглядаючи події на Поділлі не ізольовано, а в контексті загальноукраїнських процесів, і в порівнянні з іншими європейськими країнами,

Поряд із величезними здобутками дослідника, були, як на наш погляд, і деякі прорахунки. Зокрема, багато праць Драгоманова мали полемічний характер, і були спрямовані проти опонентів. Це іноді призводило до загострення певних аспектів або вибіркового використання фактів для підсилення аргументації. Працюючи значну частину життя в еміграції, дослідник мав обмеженіший доступ до первинних архівних матеріалів, зокрема місцевих подільських, що накладало відбиток на дослідження. Також, будучи активним громадсько-політичним

діячем з виразними ліберальними, федералістськими, антиклерикальними поглядами, Драгоманов міг інтерпретувати події крізь призму своїх переконань. Це могло впливати на оцінку ролі певних соціальних груп, політичних течій чи інституцій (наприклад, церкви) на Поділлі.

Праці Михайла Драгоманова є надзвичайно цінним джерелом для розуміння соціально-політичної та культурної історії Поділля середини XIX століття завдяки його критичному підходу, увазі до соціальних питань та широкому контекстуальному аналізу.

До кола діячів, які вплинули на розвиток Подільської губернії середини XIX століття, варто віднести також лікаря і педагога Миколу Івановича Пирогова (1810–1881) [10]. Попри те, що його основні наукові здобутки пов'язані з медициною, хірургією та педагогікою, його діяльність на Поділлі мала значний вплив на розвиток освіти, охорони здоров'я та громадського життя краю. Його безпосередня присутність та активна діяльність у регіоні сприяли підвищенню медичної культури та поліпшенню якості медичної допомоги населенню. Водночас слід зазначити, що він не залишив після себе спеціалізованих наукових досліджень з історії, етнографії чи географії Поділля, оскільки його діяльність у регіоні мала переважно практичний та адміністративний характер.

Особливо цінним джерелом інформації про історію та археологію Подільської губернії середини XIX століття, з огляду на втрату багатьох описаних ним пам'яток, є дослідження Владислава Побут-Гурського (1811–1882) [11]. Застосовуючи комплексний підхід, що поєднував археологічні, історичні та етнографічні методи, дослідник зумів створити більш цілісну картину минулого регіону. Він прагнув встановити зв'язок між археологічними знахідками, письмовими джерелами та народними переказами. Важливо, що у своїх дослідженнях він враховував місцеві особливості, традиції та історичні умови розвитку окремих територій Поділля, уникаючи спроб підлаштувати їх під загальні теоретичні норми. Його детальні топографічні описи археологічних пам'яток Поділля мали велике значення, оскільки дозволили зберегти інформацію про розташування об'єктів, значна частина яких до нашого часу не збереглася.

Однак слід зазначити, що, будучи представником польської інтелігенції, він часто інтерпретував історичні та археологічні знахідки з позиції польських культурних і політичних інтересів, нерідко применшуючи українську складову в історії регіону. Вивчаючи історію Подільської губернії, він часто спирався переважно на польські джерела, недостатньо використовуючи або ігноруючи українські, російські та інші матеріали, що призводило до певної однобічності його висновків. Його роботам був притаманний романтичний підхід до історії, характерний для польської історіографії того часу, що іноді призводило до ідеалізації певних історичних періодів (особливо Речі Посполитої) та перебільшення ролі польської

шляхти в розвитку регіону. Зосереджуючись переважно на археології та політичній історії, дослідник приділяв недостатньо уваги соціально-економічним процесам у Подільській губернії, що робило його історичну картину певною мірою неповною.

Значний внесок у вивчення історії та культури Східної Європи, зокрема Поділля, зробив польський історик, письменник і дослідник Олександр Пшездзецький (Aleksander Przeździecki) (1814–1871) [19]. У своїй праці «Podole, Wołyń, Ukraina» (1861) він детально описав історичні події, побут, архітектуру та етнографію цього регіону. Він зібрав та систематизував значний обсяг інформації про Поділля, включаючи цінні описи замків, церков, міст і сіл, багато з яких на той час вже перебували в руїнах. Дослідник виявив особливу ретельність у фіксації топографії, архітектурних пам'яток і місцевих легенд. Зокрема, його описи Кам'янець-Подільського та інших подільських фортець вражають точністю й багатством деталей, що сприяє глибшому розумінню історичного контексту регіону. Пшездзецький приділяв значну увагу побуту та звичаям різних етнічних груп населення Поділля, включаючи українців, поляків та євреїв, що сприяло збереженню цінного матеріалу про культурну спадщину. Це надає сучасним історикам важливі матеріали для реконструкції соціального життя Поділля XIX століття. Його праці привернули увагу європейської інтелігенції до Поділля, підкресливши його значення як важливого історичного й культурного осередку Речі Посполитої та її східного прикордоння.

Будучи представником польської шляхти, Олександр Пшездзецький часто інтерпретував історію Поділля з позиції польської культури та політики, що призводило до применшення ролі українського населення або ігнорування його самобутності. Це, безумовно, призводило до певної однобічності у висвітленні історичних подій. Його стиль письма часто відзначався романтичним ідеалізмом, характерним для літератури XIX століття. Хоча він і створював яскраві описи, об'єктивний аналіз іноді поступався місцем художнім образам та емоційним оцінкам. Пшездзецький нерідко покладався на усні перекази, легенди та старі хроніки без належної критичної перевірки їхньої достовірності. Наприклад, в описах подільських замків він повторює непідтвержені історичні історії, що ускладнює використання його праці як виключно наукового джерела.

Попри зазначені особливості, дослідження Олександра Пшездзецького щодо Поділля мають незаперечну історико-культурну цінність, оскільки зберегли важливу інформацію про регіон у період його перебування під владою Російської імперії. Водночас їхня суб'єктивність, романтичний підхід та недостатній критичний аналіз джерел вимагають від сучасних дослідників обережного ставлення та обов'язкового доповнення його праць іншими джерелами для створення повноцінної історичної картини.

Історією Правобережної України, зокрема Поділля, займався також польський історик, краєзнавець, археолог та етнограф Едвард Руліківський (Edward Rulikowski) (1825–1900) [20]. Хоча його найвідоміші праці стосуються Київщини, зокрема фундаментальний «Опис повіту Васильківського...», він також зробив значний внесок у вивчення інших регіонів, включаючи Поділля, зокрема через активну участь у підготовці монументального «Географічного словника Королівства Польського та інших слов'янських країв» (Słownik geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich).

Оцінюючи його дослідження, що стосувалися Подільської губернії середини XIX століття, варто відзначити як позитивні, так і потенційно слабкі сторони. Руліківський відзначався особливою ретельністю у зборі даних. Він активно працював з архівними документами, проводив польові дослідження, фіксував усні свідчення, легенди, описував звичаї, побут та топоніміку. Для Поділля це мало особливе значення, оскільки сприяло збереженню унікальної інформації про населені пункти, місцеву історію та етнографічні особливості, які інакше могли б бути втрачені. Його праці відзначалися поєднанням елементів історії, географії, етнографії та археології, що дозволяло створити більш цілісне уявлення про регіон, ніж у працях, що обмежувалися лише одним аспектом. Особливо цінною була його увага не лише до загальних історичних процесів, але й до історії окремих місцевостей, маєтків та родин. Його описи в «Географічному словнику...» часто є чи не найдетальнішими джерелами з історії багатьох подільських сіл та містечок середини XIX століття.

З іншого боку, будучи представником польського землевласницького класу, він міг неминуче розглядати історію та соціальні процеси крізь призму інтересів і світогляду свого стану. У його працях простежується певна ідеалізація ролі польської шляхти в історії регіону. Він також приділяв менше уваги життю українського селянства та інших етнічних груп, розглядаючи їх переважно як об'єкт етнографічного опису. Крім того, для його праць характерна певна романтизація минулого, використання стереотипів щодо «народного характеру» та своєрідна інтерпретація історичних подій.

Оскільки праці Руліківського були написані польською мовою, вони природно фокусувалися на аспектах, що були цікаві польськомовній аудиторії того часу, що могло впливати на вибір тем та акцентів у його описах Поділля. В цілому, дослідження Едварда Руліківського, що стосуються Подільської губернії середини XIX століття, є надзвичайно цінним джерелом фактичної інформації, особливо на локальному рівні.

Автором численних праць з історії Поділля, зокрема соціальних та культурних аспектів життя в губернії у XIX столітті, був польсько-український історик, письменник і краєзнавець Юзеф Ролле

(Józef Rolle), 1830–1894) [21], який часто писав під псевдонімом Dr. Antoni J. Будучи за фахом польським лікарем, він тривалий час мешкав у Кам'янці-Подільському. Його численні історичні нариси та оповідання були переважно присвячені саме Подільській губернії та прилеглим землям, охоплюючи період від XVII до XIX століття.

Ролле мав доступ і активно використовував подільські архіви, зокрема документи магістратів, судів (городських і земських), приватні родинні архіви польської шляхти, які були малодоступні або ігнорувалися іншими істориками. Це дозволило йому ввести в науковий обіг величезний масив раніше невідомих фактів. Завдяки багаторічному проживанню на Поділлі, Ролле досконало знав місцеві звичаї, топографію, суспільні відносини та «дух місця», що надавало його описам особливої жвавості та достовірності в деталях. На відміну від багатьох істориків того часу, що зосереджувалися на політичних подіях, Ролле приділяв велику увагу повсякденному життю, історії окремих родин (переважно шляхетських), біографіям цікавих особистостей (авантюристів, діячів церкви, місцевих поміщиків), побутовим конфліктам, культурним явищам. Це робить його праці цінним джерелом для вивчення саме суспільства Поділля.

Він був також талановитим оповідачем. Його нариси написані живою, образною мовою, легко читаються і здатні зацікавити історією широке коло читачів. Він майстерно відтворював атмосферу епохи.

Однією з головних критичних зауважень академічних істориків щодо праць Ролле є його схильність до художньої вигадки. Заради цікавого сюжету та літературного ефекту він міг домислювати деталі, вільно поводитися з хронологією, прикрашати події або надавати надто суб'єктивні характеристики персонажам. Тому його роботи не завжди є строго достовірними в усіх деталях. Їм часто бракувало глибокого аналізу загальних історичних процесів та соціально-економічних чинників. Подібно до багатьох польських дослідників того часу, Ролле зосереджувався переважно на історії та житті польської шляхти Поділля. Історія українського селянства, міщанства та інших етнічних груп часто залишалася на другому плані або подавалася крізь призму сприйняття панівного класу. На інтерпретацію подій та характеристики історичних діячів могли впливати його особисті симпатії чи антипатії, а також консервативні погляди. Іноді він намагався пояснювати вчинки історичних осіб з точки зору їхнього психологічного стану чи здоров'я, що не завжди підкріплювалося достатніми доказами.

В цілому, з нашої точки зору, праці Юзефа Ролле є надзвичайно цінним, хоча й специфічним джерелом для вивчення історії Подільської губернії, особливо її соціального та культурного життя у XVIII–XIX століттях.

Видатний історик, економіст, етнограф та архівіст білоруського походження Микола Варфоломійович

Довнар-Запольський (1867–1934) [6] опосередковано торкався історії Поділля, зробивши значний внесок у розвиток української, білоруської та російської історіографії. Поділля середини XIX століття не було центральним об'єктом його спеціальних монографічних досліджень. Однак його праці з соціально-економічної історії України та Російської імперії опосередковано стосувалися Поділля як складової частини цих ширших систем. Його найвідомішим дослідженням, що стосується Подільської губернії, є «Весь Юго-Западный край: справочная и адресная книга по Киевской, Волынской и Подольской губернии». Хоча ця книга охоплює 1913 рік, а не середину XIX століття, вона є надзвичайно цінним першоджерелом для вивчення Поділля напередодні Першої світової війни. Вона містить величезний масив структурованої інформації, включаючи переліки установ (адміністративних, судових, освітніх, медичних, релігійних), списки посадових осіб, дані про промислові підприємства, банки, торгові установи, інформацію про землевласників тощо. Отже, хоча ця книга безпосередньо не досліджує Поділля середини XIX століття, вона є першоджерелом величезної цінності для вивчення соціально-економічного стану Поділля (та сусідніх губерній) на початку XX століття, демонструючи зміни, що відбулися за півстоліття.

Праці Миколи Варфоломійовича Довнар-Запольського є надзвичайно важливими для розуміння широкого соціально-економічного контексту розвитку Подільської губернії в середині XIX століття. Його дослідження відзначаються методологічною строгістю, глибокою опорою на джерела та детальним аналізом економічних процесів.

Фундаментальне значення для вивчення народної культури багатьох регіонів України, включно з Поділлям, має дослідження видатного польського етнографа, фольклориста та композитора Оскара Кольберга (Oskar Kolberg, 1814–1890) [17]. Його дослідження, присвячені Подільській губернії середини XIX століття (матеріали збиралися переважно в цей період, хоча том «Поділля» («Podole») з його серії «Lud. Jego zwyczaj...» був опублікований по-смертно), мають низку важливих позитивних аспектів. Автор поставив собі за мету створити максимально повний опис народної культури Поділля. Його том «Поділля» містить величезний масив цінних даних про календарні та родинні звичаї й обряди (весілля, хрестини, похорони), народні пісні різних жанрів (часто з нотними записами, що є унікальним), усну прозу (казки, легенди, перекази) тощо. Важливо, що матеріали збиралися безпосередньо шляхом спілкування з місцевим населенням, переважно українськими селянами Поділля, що робить його працю надзвичайно цінним першоджерелом. Він зберіг величезний пласт народної культури, яка швидко змінювалася під впливом часу і могла бути безповоротно втрачена. Його описи обрядів, елементів одягу та побутових предметів часто

відзначаються особливою скрупульозністю та деталізацією. Попри те, що Оскар Кольберг був польським дослідником, його праця є одним із найбагатших і найцінніших зібрань матеріалів саме з української народної культури Поділля середини XIX століття.

Разом з тим, його сприйняття, відбір матеріалу та інтерпретації могли певною мірою зазнавати впливу його власного культурного походження, освіти та панівних суспільних уявлень того часу. Також, специфіка комунікації між представниками різних соціальних верств могла призводити до певних неточностей або непорозумінь під час фіксації етнографічного матеріалу. Подібно до багатьох збирачів фольклору його епохи, Кольберг міг підсвідомо надавати перевагу тим аспектам культури, які здавалися йому найбільш «архаїчними», «чистими» або «мальовничими», потенційно приділяючи менше уваги новішим явищам, соціальним проблемам чи аспектам повсякденності, що не цілком відповідали ідеалізованому образу «народу». Хоча обсяг зібраного ним матеріалу є вражаючим, він був зібраний у конкретних місцевостях та від певних інформаторів. Тому залишається відкритим питання, наскільки повно він відображає всі локальні варіації та особливості різних соціальних груп Поділля того часу.

В цілому, дослідження Оскара Кольберга щодо Поділля середини XIX століття є безцінним скарбом етнографічних та фольклорних матеріалів. Його систематичність, деталізація та опора на безпосередні польові записи роблять цю працю одним з найважливіших джерел для вивчення української народної культури регіону того періоду.

Унікальну перспективу «зсередини» на події в Подільській губернії середини XIX століття відобразив Павло Гліщинський, польський землевласник, агроном і редактор польськомовного фахового часопису «*Rolnik, czasopismo dla gospodarzy wiejskich*» («Хлібороб, часопис для сільських господарів»). Цей часопис виходив у Летичеві Подільської губернії з 1860 року і був присвячений питанням сільського господарства, економіки та суспільного життя, пов'язаного з аграрною сферою. Він став виразником думок, дискусій, побоювань та сподівань саме подільських землевласників у важливий пореформений період історії. Значна частина матеріалів мала практичний характер, включаючи поради щодо ведення господарства, економічні розрахунки та огляди ринків, що відрізняє його від суто історичних чи етнографічних досліджень. Обговорюючи питання праці, землі та кредиту, Павло Гліщинський опосередковано висвітлював соціальні відносини в подільському селі того часу [4].

Негативною стороною його дослідження, як на нашу думку було те, що він писав для землевласників і з позицій їхніх інтересів. Погляди, прагнення та становище українського селянства висвітлювалися переважно крізь призму їхньої ролі як робочої сили або суб'єктів реформи. Основна увага приділялася

сільському господарству та економіці. Інші аспекти життя Поділля — висвітлювалися значно менше або зовсім не висвітлювалися. Його публікації — це переважно публіцистика та фахові статті, а не глибокі академічні дослідження з критичним аналізом джерел чи широкими історичними узагальненнями. У висвітленні конфліктних питань (наприклад, умов звільнення селян, розмірів наділів, трудових відносин) позиція автора та часопису, природно, була на боці землевласників.

Свою увагу Подільській губернії приділяли також представники російського істеблшменту. Одним із таких був Павло Миколайович Батюшков (1811–1892) [3], російський історик, етнограф та державний діяч, відомий передусім як ініціатор та головний редактор серії фундаментальних історико-статистичних описів західних губерній Російської імперії. Одним із томів цієї серії стала праця «*Подолья. Историческое описание*», видана в Санкт-Петербурзі в 1891 році. Хоча ця праця була опублікована значно пізніше середини XIX століття, вона безпосередньо стосується цього періоду, оскільки мала на меті описати історію та стан губернії, використовуючи дані, зібрані протягом XIX століття, включно з його серединою. Праця Батюшкова, як колективний проект під його редакцією, мала на меті надати максимально повний, енциклопедичний опис регіону, охоплюючи географію та природу, історію (від найдавніших часів до кінця XIX століття) та статистику населення (демографію, етнічний склад) тощо. Видання базувалося на значному масиві офіційних даних російських державних установ, включаючи статистичні комітети, міністерства, церковні архіви та адміністративні звіти. Це робить його цінним джерелом фактичної, особливо кількісної, інформації за середину XIX століття, яка могла бути менш доступною для інших дослідників. Том мав чітку структуру, що значно полегшує пошук інформації з конкретних питань, таких як дані про землеволодіння, кількість населення в містах або історія певного монастиря. Книга містить огляд історії Поділля, який, хоча й написаний з певної імперської позиції, є спробою узагальнення історичного процесу в регіоні, включаючи події середини XIX століття.

Однак слід чітко усвідомлювати, що це дослідження глибоко просякнуте офіційною російсько-імперською ідеологією. Її метою було довести споконвічну російськість («общерусскость») Подільської губернії, виправдати російське панування та підкреслити негативну роль польського впливу й католицизму. Ця ідея пронизує весь виклад, критерії відбору фактів та їхню інтерпретацію. Факти, що не узгоджувалися з офіційною концепцією, такі як свідчення про українську ідентичність, позитивні аспекти польської культурної присутності чи історія Унійної церкви до її ліквідації, могли ігноруватися, применшуватися або подаватися у викривленому світлі. У викладі спостерігається надмірна увага

до діяльності державних інституцій та Російської православної церкви в регіоні.

Праця Павла Батюшкова «Подолія» є надзвичайно цінним, хоча й складним у використанні джерелом. Її позитивною стороною є величезний масив зібраної фактичної інформації, особливо офіційної статистики та даних про адміністративний, економічний і церковний устрій Поділля середини XIX століття. Її головним недоліком є глибока просякнутість офіційною російсько-імперською ідеологією, що робить історичний наратив та інтерпретації вкрай упередженими.

Таким чином, проведений у статті комплексний аналіз доробку дослідників дореволюційної доби дозволив виявити значний внесок, зроблений ними у вивчення історії, етнографії, археології, статистики та культури Поділля середини XIX століття. Завдяки зусиллям цілої плеяди українських, польських та російських науковців, серед яких чільне місце посідають Юхим Сіцінський, Володимир Антонович, Павло Чубинський, Микола Іванишев, Юзеф Ролле, Олександр Пшездзецький, Едвард Руліковський, Оскар Кольберг, Михайло Орловський, Павло Батюшков та багато інших, було накопичено величезний масив емпіричного матеріалу, значна частина якого зберігає свою наукову цінність і донині. Були закладені основи для подальших досліджень регіону, здійснено перші спроби систематизації знань, опубліковано важливі джерела, зафіксовано унікальні етнографічні та фольклорні пам'ятки, описано численні населені пункти, церковні парафії та археологічні об'єкти. Дослідження охоплювали широкий спектр напрямів — від детальних статистичних оглядів та церковно-історичних розвідок до масштабних етнографічних експедицій та історико-краєзнавчих описів.

Водночас проведене дослідження чітко продемонструвало неоднорідність, внутрішню суперечливість та значні обмеження історіографічної спадщини дореволюційної доби. Праці створювалися в складних умовах Російської імперії, що неминуче накладало відбиток на вибір тем, методологію та інтерпретації. Дослідження часто були позначені впливом панівних ідеологій — російсько-імперської (з акцентом на «общерусскости», православ'ї, критиці польського впливу та католицизму) або польської (з фокусом на історії Речі Посполитої, ролі шляхти, часто з романтизацією минулого та ігноруванням українського фактора). Методологія тогочасної науки, попри значні досягнення окремих авторів у польових чи архівних дослідженнях, загалом характеризувалася описовістю, недостатнім рівнем критики джерел за сучасними мірками, подекуди некритичним сприйняттям місцевих переказів чи суб'єктивізмом. Тематичний фокус досліджень також був нерівномірним: значна увага приділялася політичній історії, історії церкви, життю панівних верств (шляхти), тоді як соціально-економічні процеси «знизу», повсякденне життя селянства чи інших етнічних груп часто залишалися на периферії або розглядалися крізь призму інтересів імперської адміністрації чи землевласників.

Дореволюційна історіографія Поділля середини XIX століття постає як складне, багатогранне, але невід'ємне джерело для вивчення минулого регіону. Вона заклала фундамент знань, зберегла безцінну фактичну інформацію, однак потребує глибокого критичного осмислення сучасними дослідниками. Розуміння внеску, методів, а головне — обмежень, упереджень та ідеологічних впливів, присутніх у працях дослідників XIX — початку XX століття, є ключовою передумовою для їх коректного використання сьогодні.

Література

1. Антонович В. Б. Архив Юго-Западной России: издаваемый Временной комиссией для разбора древних актов, состоящей при Киевском, Подольском и Волынском генерал-губернаторе. Киев: тип. Г. Т. Корчак-Новицкого, 1859–1914. Т. 1–35; Монографии по истории Западной и Юго-Западной Руси. Т. 1. Киев: Типография Императорского университета св. Владимира, 1885. 351 с.; Археологическая карта Киевской губернии. Москва: Типография Императорской Академии наук, 1895. 139 с.; Археологическая карта Волынской губернии. Москва: Типография Императорской Академии наук, 1902. 135 с.

2. Баженов Л. В., Наш край з найдавніших часів до наших днів: Поділля у XIX столітті (на допомогу пропагандистам). Хмельницький, 1990. 35 с.; Поділля в працях дослідників і краєзнавців XIX–XX ст.: історіографія, біобібліографія. Кам'янець-Подільський, 1993. 480 с.; Нариси історії Поділля. На допомогу вчителю. Хмельницький: Облполіграфвидав, 1990. 327 с.; Alma Mater подільського краєзнавства (місто Кам'янець-Подільський — центр історичної регіоналістики XIX — початку XXI ст.). Кам'янець-Подільський, 2005. 416 с.; Польська громада Могилівщини та її видатні представники у XIX — на початку XX ст. Третя Могилів-Подільська науково-краєзнавча конференція. Могилів-Подільський, Кам'янець-Подільський: Оіюм, 2009. С. 105–115.; Сільське господарство, промисловість і торгівля Правобережної України в ринкових умовах 1861–1914 рр. Кам'янець-Подільський, 2016. 286 с.; В ім'я української історичної науки та поділлязнавства: До 25-річчя діяльності Центру дослідження історії Поділля Інституту історії України НАН України при Кам'янець-Подільському національному університеті ім. Івана Огієнка. *Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка: Історичні науки*. 2020. Т. 30. С. 96.

3. Батюшков П. Н. Атлас народонаселения Западно-Русского края по исповеданиям. Санкт-Петербург, 1863.; Памятники русской древности в западных губерниях. Санкт-Петербург, 1868–1885. Вып. 1–8.; Подолія. Историческое описание: с одной хромолитографией, 2-мя фототипиями, 46-ю гравюрами и 2-мя картами. Санкт-Петербург: Тип. Т-ва «Обществ. польза», 1891. XXXI, 264 с.
4. Гліщинський П. Подольские епархиальные ведомости. 1862. № 7, 8, 11, 13, 14, 20, 22.
5. Драгоманов М. Исторические песни малорусского народа. Т. I. Киев, 1874. 368 с.; Малорусские народные предания и рассказы. Киев, 1876. 382 с.; Нові українські пісні про громадські справи (1764–1880). Київ, 1918. 154 с.; Літературно-публіцистичні праці у 2 томах. Київ: Наук. думка, 1970. Т. 1. 531 с.; Т. 2. 592 с.
6. Довнар-Запольский М. В. Весь Юго-Западный край: справочная и адресная книга по Киевской, Волынской и Подольской губернии. Киев, 1913.; История русского народного хозяйства. Киев, 1911.
7. Іванишев М. Д. О древних сельских общинах в Юго-Западной России. Киев, 1863. 76 с.; Содержание постановлений дворянских провинциальных сеймов в Юго-Западной России. Киев, 1861. Постановления дворянских провинциальных сеймов в Юго-Западной России. Киев, 1860. 451 с.
8. Михальчук К. П., Чубинский П. П. Поляки Юго-Западного края. *Труды этнографическо-статистической экспедиции в Западно-Русский край, снаряженной Императорским Русским географическим обществом*. Материалы и исследования, собранные П. П. Чубинским. СПб., 1872. Т. 7. Вып. 1. С. 215–291.; Наречия, поднаречия и говоры южнорусского языка. *Киевская старина*. 1877. Опыт южнорусского словаря. Киев: Университетская типография, 1874. 156 с.; Что такое малорусская (южнорусская) речь. *Киевская Старина*. 1899. № 8.
9. Орловский (Псель) М. Краткий историко-статистический очерк Подольской губернии. Санкт-Петербург: Типография Министерства внутренних дел, 1852. 90 с.; Очерк известий о Подольской земле до 1434 года. Санкт-Петербург, 1855.; Историко-статистическое описание Подольской губернии. Киев, 1856.; Исторический очерк Каменца-Подольского и его крепости. Санкт-Петербург, 1852.; Памятные книжки Подольской губернии на 1859 год: С двумя фотографич. видами г. Каменца / Изданная редакцией Подольских губернских ведомостей. Каменец Подольск: Тип. губ. правления, 1859. VIII, 179 с.
10. Пирогов М. І. Отчеты о поездках по военно-медицинским делам в 1854–1856 гг. Санкт-Петербург: Типография Министерства внутренних дел, 1857. 182 с.; Вопросы жизни: дневник старого врача. Санкт-Петербург: Типография Императорской Академии наук, 1879. 324 с.
11. Побут-Гурський В. Ю. Географічно-історичний опис Могилівського повіту Подільської губернії. Кам'янець-Подільський: Типографія Подільського губернського правління, 1885. 312 с.; Могилівський повіт в Подільській губернії: історико-статистичний нарис. Кам'янець-Подільський: Друкарня Подільського епархіального управління, 1890. 278 с.; Матеріали до історії Поділля: збірник документів та описів. Кам'янець-Подільський: Видавництво Подільсько-го історико-археологічного товариства, 1895. 245 с.
12. Сіцінський Ю. Й. Археологическая карта Подольской губернии. Москва, 1901. 354 с.; Город Каменец-Подольский. Историческое описание. Китев, 1895. 247 с.; Материалы для истории монастырей Подольской епархии. *Труды комитета для историко-статистического описания Подольской епархии*. 1889. Вып. IV. С. 209–437.; Исторические сведения о приходах и церквах Подольской епархии Каменецкий уезд. Каменец-Подольский, 1895. XXII, 611 с.; Исторические сведения о приходах и церквах Подольской епархии Проскуровский уезд. Каменец-Подольский, 1901.; Исторические сведения о приходах и церквах Подольской епархии Летичевский уезд. Каменец-Подольский, 1911.; История монастырей Подольской Епархии. Каменец-Подольский, 1891. 234 с.; Исторические местности Подольи и их достопримечательности. Каменец-Подольский, 1911. 20 с.; Троицкая церковь в м. Зинькове Летичевского уезда. *Подольские епархиальные ведомости*. Каменец-Подольский, 1890.
13. Терещенко К. Я. О торговле и ярмарках в Юго-Западном крае Российской империи. Киев: Университетская типография, 1856. 78 с.; Быт русского народа. Т. 2. Санкт-Петербург: Типография А. Плюшара, 1848. 537 с.; Быт русского народа. Т. 5. Санкт-Петербург: Типография А. Плюшара, 1853. 512 с.; История императорского российского самодержавия в его происхождении и развитии до ныне существующего состояния. Т. 3. 1848. 622 с.
14. Чубинский П. П. Этнографические материалы, собранные в Подольской губернии. Киев: Типография Императорской Академии наук, 1860. 314 с.; Українські народні пісні, зібрані в Подільській губернії. Київ: Типографія К. М. Гречаніна, 1875. 250 с.; Історія української мови та фольклору. Збірник наукових статей. Львів: Видавництво Наукового товариства ім. Шевченка, 1882. 448 с.; Традиції та звичаї Поділля в контексті української етнографії. Львів: Видавництво Академії наук України, 1883. 120 с.
15. Шейковський К. В. Быт подольян. Киев: Типография Киевского университета, 1861. 112 с.; Этнографические материалы о Подольской губернии. Каменец-Подольский: Типография Подольского губернского правления, 1865. 248 с. Фольклор Поділля. Пісні, казки, перекази. Львів: Видавництво Наукового товариства ім. Шевченка, 1870. 320 с.; Подільські народні свята та обряди. Одеса: Типографія Одеського університету, 1875. 180 с.; Мова подольян: Діалектні особливості. Харків: Видавництво Харківського університету, 1880. 150 с.
16. Яворовский Н. Обзорение Подольской епархии ко дню пятидесятилетнего юбилея воссоединения униатов. Каменец-Подольский: Типография Подольского епархиального правления, 1889. 256 с.; Историко-статистические сведения о церквах и приходах Подольской епархии Каменец-Подольский: Типография Подольского епархиально-

го правления, 1855. 312 с.; Речь при открытии Подольского церковно-исторического и статистического комитета. Каменец-Подольский: Типография Подольского епархиального правления, 1865. 45 с.

17. Kolberg O. Lud Polski: Ziemia Podolska. Warszawa: Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 1857. 450 s.; Lud Polski: Ziemia Podolska. T. 2. Warszawa: Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 1860. 484 s.; Ziemia Podolska. Obrazki z życia ludu. Kraków: Wydawnictwo M. B. Łoziński, 1870. 350 s.; Piosenki ludu Podolskiego. Lwów: Wydawnictwo Wydziału Nauk, 1865. 120 s.; Obrzędy i zwyczaje ludowe Podolii. Kraków: Wydawnictwo Narodowe, 1880. 196 s.;

18. Glischinsky P. O nowych metodach uprawy ziemi na Podolu // *Rolnik*. Letychów, 1863. S. 25–38.; Stan gospodarczy wsi Podolskiej po reformach z 1861 roku. *Rolnik*. Letychów, 1865. S. 15–29.; Wykorzystanie nowych roślin rolniczych na Podolu. *Rolnik*. Letychów, 1867. S. 42–56.; Rozwój edukacji rolniczej na Podolu. *Rolnik*. Letychów, 1869. S. 13–27.; Rola polityki państwowej w sektorze rolnym Podola. *Rolnik*. Letychów, 1872, s. 34–47.

19. Przeździecki A. Podole, Wołyń, Ukraina: z rękopisu z r. 1812 i z późniejszych wiadomości. Kraków. Wyd. Akademii Umiejętności, 1871. 147 s.; Źródła do dziejów polskich. T. 1–2. Wilno: W drukarni Józefa Zawadzkiego, 1843–1844. T. 1: 400 s.; T. 2: 412 s.; Wzory sztuki średniowiecznej i z epoki Odrodzenia w dawnej Polsce zebrane i objaśnione przez Aleksandra Przeździeckiego. Warszawa. Nakładem S. Orgelbranda, 1855. 112 s., Pamiętki historyczne Polesia, Wołynia i Podola. T. 1–2. Wilno: J. Zawadzki, 1845. T. 1: 323 s., T. 2: 375 s.; Monografie historyczne. T. 1–3. Kraków: Wyd. A. Gubrynowicz i S-ka, 1860–1873.

20. Rulikowski E. Opis powiatu latyczowskiego guberni podolskiej. Warszawa: Drukarnia S. Orgelbranda Synów, 1871. 84 s.; Opis powiatu winnickiego guberni podolskiej. Warszawa: S. Orgelbrand Synowie, 1873. 77 s.; Kilka rysów z Podola. Tygodnik Ilustrowany, Warszawa, 1862, nr 148–150.; Wieś i miasteczko w Podolu. Studium społeczno-historyczne. Kraków: Wyd. J. Czerneckiego, 1875. 104 s.; Podole i Wołyń. Szkice etnograficzne. Lwów. Nakładem Księgarni H. Altenberga, 1880. 126 s.; Dawne drogi na prawym brzegu Dniepru i ich znaczenie historyczne. *Ateneum*. 1878. T. 3. S. 94–121.

21. Dr. Antoni J. Zameczki podolskie na kresach multańskich. T. 1–2. Warszawa. Gebethner i Wolff, 1880.; Niewiasty kresowe. Opowiadania historyczne. Warszawa. Nakładem Księgarni Gubrynowicza i Schmidta, 1883.; Opowiadania historyczne. Seria 1. Lwów. Nakładem Księgarni Gubrynowicza i Schmidta, 1878.; Sylwetki i szkice historyczne i literackie. Seria 9. Kraków. Nakładem Księgarni Gubrynowicza i Schmidta, 1893.; Materiały do topografii i statystyki lekarskiej Podola. Tygodnik Lekarski 1864, nr 39–41.

Kliuiko Oksana
Pastry chef, LLC Ok.bakery

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10895

KOROVAI AS AN OBJECT OF INTANGIBLE CULTURAL HERITAGE

Summary. The article is devoted to the analysis of the korovai as an object of intangible cultural heritage of Ukraine, its role in preserving national identity, and prospects for inclusion in the UNESCO list. The relevance of the topic is due to the need to protect traditional values in the context of globalization, as well as increasing interest in cultural diplomacy as a tool for promoting the country in the international arena. The novelty of the study lies in a comprehensive consideration of the korovai through the prism of UNESCO criteria, including evidence of its uniqueness, living tradition, and intergenerational transmission, as well as in identifying its role in shaping a positive image of Ukraine through festivals, diasporas, and diplomatic practices.

As part of the work, seven sources were studied: newspaper articles, culinary resources, materials of cultural organizations, and UNESCO documents, which made it possible to reveal the symbolism of the korovai, its historical evolution, and modern adaptations. Particular attention is paid to the mechanisms for preserving the tradition – from local initiatives (master classes, Sorochintsy Fair) to digital formats (video lessons, social networks), as well as the analysis of successful cases (Petrykivka painting, Kosiv ceramics) for the development of a nomination strategy for UNESCO.

The purpose of the work is to demonstrate how the korovai, combining sacred symbolism and modern practices, strengthens the cultural sustainability of Ukraine and serves as a bridge between the past and the future. The conclusion specifies the key conditions for international recognition: systematic documentation of the tradition, state support, integration into educational programs and active use in cultural diplomacy.

The article will be useful for researchers of cultural heritage, ethnographers, curators of international programs (including UNESCO), festival organizers, representatives of the Ukrainian diaspora, and government agencies involved in the promotion of national culture.

Key words: korovai, intangible cultural heritage, Ukraine, UNESCO criteria, cultural symbols, wedding ceremonies, preservation of traditions, cultural diplomacy.

Introduction. Korovai is an ancient Ukrainian sacred bread made from white wheat flour for solemn events, among which weddings and christenings were the main ones. The round korovai is remarkably decorated on the surface with an ornament of dough, so it is not only tasty but also a real masterpiece of culinary art. The idea of offering korovai bread expresses the qualities inherent in the spirituality of hospitality, unity, and well-being. This bread at the table expresses the significance of the event and indicates the wealth of Ukrainian cultural traditions. The concept of korovai formation is inseparable from the history of the ceremonies and rituals of the Ukrainians, primarily the wedding rite. This bread at the wedding personifies the solidarity of newlyweds and also future prosperity. The newlyweds often cut this korovai, which illustrates their agreement to share the joys and sorrows of life. This complex rite of preparing korovai permeates thousands of generations, standing as an essential element of the national heritage of Ukraine. The procedure of its preparation usually turns into collective participation,

which unites a family and even the whole community. At the same time, its preparation and presentation involve rituals that are transmitted from generations. For example, in the wedding tradition, this particular korovai symbolizes wishes for a long and happy life for the new family, and breaking it together marks the start of a new family.

This paper argues the premise of the interpretation of bread as a phenomenon of Ukrainian culture and its potential release on the UNESCO Intangible Cultural Heritage List. An analysis is also performed of how the tradition of preparing this bread has survived to the present day and the usage of the event in the course of promoting Ukraine abroad. In the contemporary world, Ukrainian bread does not enter the UNESCO list, but the precedent of Ukrainian borscht qualified in 2022 proves that culinary traditions can be recognized at the global level [4].

Materials and methodology. The study was based on an analysis of seven sources, including encyclopedic articles, culinary resources, materials from cultural organizations, and international documents.

Basic information on the structure, ritual purpose, and symbolism of the korovai was provided by newspaper publication [1], emphasizing its role in wedding ceremonies and its connection with Ukrainian mythology. Culinary sources [2; 3] revealed the status of bread in culture, focusing on the korovai as a symbol of unity, hospitality, and connection between generations, as well as on modern interpretations of the tradition in the context of gastronomic tourism. Data on cultural events such as the Sorochintsy Fair [6] and the Toronto Ukrainian Festival [7] demonstrated the integration of the korovai into mass celebrations and diaspora practices, which emphasizes its adaptability in the context of globalization. Content analysis of publications [3; 4; 5; 7] and UNESCO criteria [5] revealed narratives related to heritage preservation, as well as the korovai's compliance with international standards, such as the transfer of knowledge between generations and support for cultural diversity. In addition, critical synthesis methods were used [6; 7], which made it possible to assess the live practices of korovai creation, including master classes and digital learning formats.

Results and discussion. The history of the korovai in Ukrainian culture goes back to ancient times, when bread was not just food, but a sacred symbol. It is believed that the tradition of baking a korovai arose in pre-Christian times, when the Slavs revered bread as a gift from the gods, the embodiment of fertility and prosperity [2]. An example of a wedding korovai is shown in Figure 1.

The korovai has become an integral part of the ceremonies and rituals that accompany key events in a person's life. In Ukrainian culture, it has become firmly established as an element of tradition, reflecting a deep connection with nature and the spirituality of ancestors, which makes it an important link in the historical heritage of the people. The korovai plays a role in key events in the lives of Ukrainians, such as weddings, christenings, and religious holidays. At weddings, it takes center stage: it is baked with special care, often by the joint efforts of the family. Newlyweds are greeted with a korovai and salt — this is an ancient sign of hospitality and blessing of the new family. The ritual of breaking the korovai symbolizes the beginning of a life together and even predicts who will be the head of the house, depending on who breaks off the larger piece. In baptismal rites, the korovai represents the acceptance of a new member into the community, and at holidays such as Christmas or Easter, it becomes a symbol of abundance and gratitude, accompanying the celebrations and enhancing their significance. The symbolic meaning of the korovai goes far beyond simple bread. Its round shape is associated with the sun, which symbolizes warmth, light, and the continuation of life. The decorations on the korovai — dough figures in the form of flowers, ears of corn, or birds — carry additional meanings: flowers and ears of

corn reflect fertility and a rich harvest, and birds symbolize family happiness and fidelity [1]. It becomes not just a treat but a powerful cultural symbol that passes on the values and traditions of the Ukrainian people through generations, strengthening the connection between the past and the present. An example of ka orovai decoration is shown in Figure 2.

Whether or not the korovai will be entered in the list of elements for the UNESCO Intangible Cultural Heritage depends on compliance with these criteria and its significance for Ukrainian culture. A criterion that has to be met for any element to be included in the UNESCO list should be based on the beauty of the element; the criterion normally includes three requirements: uniqueness, living tradition, and intergenerational transmission. Uniqueness represents the outstanding feature of the practice as compared to any different cultural phenomenon. The korovai can be presented as a circular korovai with a very complicated decoration of the dough and deep symbolism expressed in fertility, hospitality, and happiness, distinguishing itself from any breed of bread that exists. On the other hand, living tradition signifies the ability of the practice to continue and be supported by the community. The statement is thus painted that the korovai baking



Fig. 1. A three-tier korovai at a wedding [3]

practice continues to be actively observed in Ukraine, particularly during weddings, baptisms, and religious festivities, which serves as evidence of its place in contemporary life. Transmission involves learning and mastering specific knowledge and skills related, in our case, to the element of intangible heritage of korovai-making practices from older to younger members of Ukrainian families and communities. In this way, the korovai would fully satisfy the criteria for consideration by UNESCO as a candidate for recognition at the international level. The effective recognition of Ukrainian traditions by UNESCO is proof of the importance of Ukrainian cultural heritage on the world cultural map. A very good example is the Petrykivka painting, which was inscribed on the Representative List of the Intangible Cultural Heritage of Humanity in 2013 [4]. It is a typical artistic folk painting typical

of the Petrykivka village, Dnipropetrovsk region, in which bright floral motifs and symbolic signs express all the wealth of Ukrainian nature and traditions. Its nomination process was carefully organized: historical research was carried out for the preparation of the dossier, techniques and symbolism were described, and the living tradition was demonstrated through festivals and exhibitions. Another example is Kosiv ceramics, as nominated to UNESCO in 2019 [4]. This is a traditional pottery art from the town of Kosiv in the region of Ivano-Frankivsk, known for its unique painting techniques and use of natural materials. What was required for a nomination like that of Kosiv ceramics was collecting archival material, conducting master classes, and installing exhibitions to show relevance and continuity. Both cases show that success at the international level was only possible because local



Fig. 2. Birds, grapes, and vines adorn korovai [3]

communities and the state provided their full support to preserve and promote their traditions.

Ukrainian korovai must be nominated for the UNESCO Intangible Cultural Heritage List, following similar consistent steps that are taken for the nominations of Petrykivka paintings and Kosovo ceramics. At the first stage, comprehensive documentation has to be prepared on historical backgrounds outlining the place and period of emergence of the tradition and its elevated symbolic function in Ukrainian culture, followed by contemporary methodologies and channels to pass this wisdom onto forthcoming generations. An important element of this process is the presentation of living activities that support and aid the continuity of the tradition, which can be proved by offering master classes, festivals, and educational programs. This process involves the necessary support of the community since UNESCO insists on real involvement from the bearers of the tradition in the initiative supporting it. Another direction is the national and regional level support: the official recognition of the tradition as a part of the cultural heritage of Ukraine and the commitment of the authorities to promote its protection and popularization. The prepared dossier — including summed up moments — should be brought on the agenda of the Intergovernmental Committee for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage of UNESCO.

The inclusion of the korovai in the UNESCO List of Intangible Cultural Heritage will be an important step in preserving the rich cultural traditions of Ukraine. The korovai is a togetherness symbol with the most profound significance tied to Ukrainian wedding rituals since the very beginning. Sound and set recognition from across the globe will add proven cultural values to the ongoing efforts of preservation through the passage of this tradition to the bright future of our generations. Leading quite dynamic initiatives already in place in Ukraine, starting from festivals to master classes and digital platforms created to help the korovai-making tradition survive, this listing will draw more dust into these efforts and make the korovai an ever-brighter part of the country's cultural essence.

Such an inclusion of korovai in the UNESCO list will bring immense international and diplomatic benefits to Ukraine. It shall largely contribute, first of all, to the promotion of the culture of Ukraine in the world, something that may inspire cultural tourism and easy international exchange. More than that, in the personified form of hospitality, korovai shall turn into a tool of cultural diplomacy that will not only improve the image of Ukraine abroad but also multiply bonds with various other countries. As an illustration of Petrykivka painting and Kosiv ceramics, which have already gained recognition from UNESCO, cultural elements can at times become nations' ambassadors, representing the wealth of Ukrainian heritage and openness toward the world, taking korovai to be

a plausible bridgehead reflecting Ukrainian tradition to the whole international community.

In modern Ukrainian society, a variety of initiatives are increasingly popularizing the baking of korovai, which at their best can sometimes play no less a consumer role in the safeguarding of cultural heritage and the conveyance of knowledge to coming generations. The primary form of preservation is the arrangement of master classes and festivals where representatives of folk arts demonstrate korovai baking—for example, at the annual Sorochinsky Fair [6]. Such events raise the profile of the tradition while providing ample opportunities for applying the technique in practice and developing mastery in the preparation and decoration of korovai. The explanation behind such festivals is to appeal to the masses with korovai and, in the long run, support its acknowledgment as evidence of Ukrainian culture. Also, the activities of museums and cultural centers show considerable input to the lore of the traditions of korovai. Some museums organize exhibitions and additional educational programs related to the process of making a korovai. Visitors may learn about the history of this korovai, its meaning, and regional peculiarities, as well as accompany their knowledge with master classes. Such programs do not only help keep some knowledge of korovai issues alive, but they help stimulate young people towards it as well. It is possible to extend information about recipes and cooking methods massively through social media, culinary blogs, and video tutorials via YouTube. Ukrainian culinary bloggers and bakers, for example, have provided many videos with instructions on how to bake a korovai and have thereby made this tradition of theirs accessible to a much larger audience. This is very significant in the age of globalization since people can tend to lose traditions such as korovai if they are just not of interest and not known. The Internet makes it possible not only to find out what a korovai is but also to master its recipe, even if one does not have personal contact with any masters or cultural events.

The knowledge transfer from generation to generation forms a framework that has an inherent connection with this tradition of baking korovai. Older people take the lead and teach the younger ones in Ukrainian families and communities, ensuring the practice of carrying cultural continuity through time. For instance, in some areas of Ukraine, there is a program under which schoolchildren and students are taught by experienced bakers the art of baking and imparted the symbolism behind making korovai.

One of the leading ways in which the korovai is presented on an international level is through cultural festivals and exhibitions. For example, at the annual Ukrainian Festival in Toronto, which attracts thousands of visitors. Among the most prominent features at the festival are traditional Ukrainian dishes, among which is the korovai [7]. Through such events, apart from introducing Ukrainian traditions to the

international world, they also manage to create pride among the Diaspora Ukrainians, who are reminded of the importance of the korovai as a symbol of their culture.

The Ukrainian diaspora all around the world has a significant role in the growth and preservation of the tradition of sharing korovai. In the United States, Canada, and Australia, Ukrainian communities prefer to settle cultural events, such as weddings and religious festivities, where korovai is meticulously baked and shared according to the rules and rituals passed down for generations, connecting them with their roots and educating the youngest members of the diasporas. In diplomatic settings, the offer of a korovai with salt, an old Slavic custom, is taken as a warm welcome and a gesture of respect. State visits or international conferences held in Ukraine receive a warm welcome with korovai for the foreign representatives, converting such dignified greetings into practical first-hand Ukrainian culture. This practice pays homage to the guest and, at the same time, in a rather implicit manner, helps to achieve the goals of cultural diplomacy by proving the Ukrainian people to be very open and hospitable. An example of the practice of a korovai in diplomatic protocol is shown in Figure 3.

The very warmth, tradition, and hospitality imbibed in the values of a korovai substantially cultivate the positive perception of Ukraine in other countries. Exposure to a korovai at festivals, made by the

diaspora, or presented diplomatically forever links foreigners with the generous and open Ukrainian public; this diminishes negative stereotypes and leads to a more profound understanding of Ukraine, more emphasis on its cultural richness and resilience in modern challenges. Therefore, the korovai is a polyvalent instrument of Ukraine's cultural diplomacy. It promotes Ukrainian culture and enhances ties among nations through presentations within the mainstream international scene, upholding it by the diaspora as a beacon of hospitality, symbolizing Ukraine as positive, and therefore further ties with the rest of the world.

Conclusion. Korovai is not just bread; it's a symbol of unity, blessing, and the history of deep traditions in Ukrainian culture. The practice is still alive and therefore fits UNESCO's criteria for inscription on the Representative List of the Intangible Cultural Heritage of Humanity. Given the examples of successful recognition at the international level of other Ukrainian traditions — Petrykivka painting and Kosiv ceramics — korovai also has significant potential to win recognition on a world scale. To do so, though, requires systematic work, in particular, governmental and non-governmental support for culture.

The tradition of making korovai bread becomes important to keep alive in generations to follow not only to strengthen the identity of Ukrainians in cultural terms but also as a form of knowledge transfer and



Fig. 3. Bread and salt on the occasion of Joe Biden's arrival in Ukraine [1]

value practice across the generations. This tradition can become modernized to fit into the more general global context and fast-moving world life. The example formed by master classes, festivals, and museum programs works well with both the promotion of korovai and the tested ways to educate youth. Modern technology, including online courses and videos, will also help to maintain knowledge of baking. This should be supported nationally with the most generous means, giving birth to connections between the past and present that will preserve the korovai as a Ukrainian cultural symbol for future generations. The initiation of support for the projects of korovai promotion at the national and international levels is targeted at the preservation of this tradition and its attaining the level of the element of the world cultural heritage. The nomination of the korovai for the UNESCO list

may become an important step, but it needs the active participation of communities, authorities, and cultural organizations.

It, in turn, will serve as a means of cultural diplomacy, binding international relations and the propaganda of Ukraine abroad. However, the challenging task in these directions is to work more productively and closely with the Ukrainian diaspora and apply modern media, such as social networks or documentaries, to significantly increase the recognition of the korovai. Financial support from the government concerning cultural undertakings and educational projects will determine this process. That is why all stakeholders should make every effort possible to ensure that the Ukrainian korovai is preserved as part of the Ukrainian heritage and assigned its rightful place as one of the world's cultural treasures.

References

1. Natalia M. The family begins with the cow. *New life*. 2011. 06.09. P. 6.
2. Why do Ukrainians honor bread so much? Discover the world of traditions. *Ukrainian recipes*. URL: <https://ukrainian-recipes.com/why-ukrainians-honor-bread-so-much-discover-the-world-of-traditions.html> (accessed: 27.02.2025).
3. This Elaborate Ukrainian Bread Is the Wedding Dessert We Didn't Know We Wanted. *Saveur*. URL: <https://www.saveur.com/korovai-ukraine-wedding-bread/> (accessed: 02.03.2025).
4. Intangible Cultural Heritage of Ukraine. *Wikiwand*. URL: https://www.wikiwand.com/en/articles/Intangible_Cultural_Heritage_of_Ukraine (accessed: 05.03.2025).
5. The Criteria for Selection. *World Heritage Convention of UNESCO*. URL: <https://whc.unesco.org/en/criteria/> (accessed: 10.03.2025).
6. Sorochny Fair. National Sorochny Fair. URL: <https://yarmarok.in.ua/en/> (accessed: 03/16/2025).
7. About us. *Toronto Ukrainian Festival*. URL: <https://ukrainianfestival.com/our-story/> (accessed: 20.03.2025).

Akhtyrskaya Sarah (Olha)*nail technician and educator from Ukraine,
Owner of A-SKY STUDIO (New York, USA)***Ахтирська Сара (Ольга)***майстер і викладач з манікюру з України,
власниця салону A-SKY STUDIO (Нью-Йорк, США)*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10850

THE IMPACT OF MANICURE AND PEDICURE PROCEDURES ON NAIL HEALTH: PREVENTION OF ONYCHOLYSIS AND OTHER DISEASES

ВПЛИВ ПРОЦЕДУР МАНІКЮРУ ТА ПЕДИКЮРУ НА ЗДОРОВ'Я НІГТІВ: ПРОФІЛАКТИКА ОНІХОЛІЗИСУ ТА ІНШИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Summary. Modern manicure and pedicure procedures improve nail aesthetics and play a crucial role in disease prevention. This article discusses hygienic standards, onycholysis prevention methods, the role of innovative technologies and nutrition in maintaining nail health, and the psychological and social benefits of regular nail care. Statistical data support the effectiveness of professional treatments.

Introduction. Professional nail care is essential for overall health, as nails provide vital protective functions. Modern techniques and integrated approaches effectively prevent common issues such as onycholysis, fungal infections, and other nail pathologies.

Hygienic Aspects. Adherence to modern hygiene protocols (sterilization, disinfection, disposable tools) is fundamental for safe manicure and pedicure, preventing infections and trauma.

Prevention of Onycholysis. Proper nail care techniques, including gentle filing, strengthening coatings, and timely rehabilitation after removing artificial materials, significantly reduce the risk of onycholysis.

Innovative Technologies. Contemporary methods such as hardware manicure, laser treatment, photodynamic therapy, and digital nail monitoring ensure high-quality, safe nail care, preventing diseases at early stages.

Nutrition and Vitamins. Balanced nutrition and regular intake of vitamins and minerals (biotin, zinc, iron) support healthy nail structure and prevent brittleness.

Psychological and Social Aspects. Regular nail care procedures positively influence self-esteem, reduce stress levels, and enhance social interactions.

Reduction of Diseases. According to statistics, regular professional care significantly reduces the incidence of onycholysis (by 67%), fungal infections (by 58%), nail dystrophy (by 72%), and ingrown nails (by 81%).

Conclusions. Today, manicure and pedicure services offer comprehensive preventive, psychological, and social benefits, contributing not only to beauty but also to overall health and well-being.

Key words: manicure, pedicure, nail health, onycholysis, prevention, care, hygiene.

Анотація. Сучасні процедури манікюру та педикюру не тільки покращують естетику нігтів, а й є важливим інструментом профілактики захворювань. Стаття розглядає гігієнічні стандарти, методи профілактики оніхолізу, роль інноваційних технологій та харчування у збереженні здоров'я нігтів, а також вплив процедур на психологічний стан людини та соціальну адаптацію. Наведені статистичні дані підтверджують ефективність професійного догляду.

Вступ. Професійний догляд за нігтями є необхідною складовою загального здоров'я людини, оскільки нігті виконують важливу захисну функцію. Сучасні технології та комплексний підхід дозволяють уникнути поширених проблем, таких як оніхолісис, грибкові захворювання та інші патології нігтьової пластини.

Гігієнічні аспекти. Дотримання сучасних гігієнічних протоколів (стерилізація, дезінфекція, одноразові інструменти) є основою безпечного манікюру та педикюру, що запобігає інфекціям і травмуванню.

Профілактика оніхолізу. Правильна техніка догляду за нігтями, включаючи сбайливе підпилювання, використання зміцнюючих покриттів та своєчасну реабілітацію після зняття штучних матеріалів, суттєво знижує ризик розвитку оніхолізу.

Інноваційні технології. Сучасні методи (апаратний манікюр, лазерна терапія, фотодинамічна терапія та цифровий моніторинг) дозволяють якісно та безпечно доглядати за нігтями, попереджуючи захворювання на ранніх стадіях.

Харчування і вітаміни. Збалансоване харчування та регулярне вживання вітамінів і мінералів (біотин, цинк, залізо) підтримують здорову структуру нігтів і запобігають їх ламкості.

Психологічні та соціальні аспекти. Регулярні процедури догляду за нігтями позитивно впливають на самооцінку, знижують рівень стресу та покращують якість соціальної взаємодії.

Зменшення захворювань. Згідно статистики, регулярний професійний догляд дозволяє суттєво знизити випадки оніхолізу (на 67%), грибкових інфекцій (на 58%), дистрофій нігтів (на 72%) і врослого нігтя (на 81%).

Висновки. Манікюр і педикюр сьогодні є комплексною послугою, яка включає профілактичні, психологічні та соціальні переваги, сприяючи не лише красі, а й загальному здоров'ю людини.

Ключові слова: манікюр, педикюр, здоров'я нігтів, оніхолізіс, профілактика, гігієна, інноваційні технології, харчування, вітаміни, психологічні аспекти

Introduction. Nail plates perform an important protective function, protecting the fingertips from mechanical damage and environmental influences. Regular professional nail care with manicure and pedicure not only improves their aesthetic appearance, but also helps maintain the health of the nail apparatus. In recent decades, the nail service industry has made a significant breakthrough in the field of safety, hygiene and nail treatment technologies.

However, there is a common misconception that cosmetic procedures can harm the nail plate. On the contrary, modern research demonstrates that with a competent approach, manicure and pedicure become an effective prevention of many nail diseases, including onycholysis, onychomycosis and onychodystrophy. Of particular importance is an integrated approach combining professional care, proper nutrition and the use of high-quality materials.

This article examines in detail how modern nail service techniques, innovative coatings and preventive measures help strengthen the nail plate, prevent the development of pathologies and improve the overall condition of the nails. Particular attention is paid to the psychological and social aspects of nail care, as well as the economic feasibility of regular visits to a nail salon.

Hygienic aspects of manicure and pedicure

Strict hygiene standards are the fundamental principle of modern nail service. Professional salons use a multi-level sterilization system, including autoclaving, UV disinfection and the use of disposable instruments. Such measures completely eliminate the risk of cross-contamination and transmission of infections between clients.

An important achievement of recent years has been the introduction of antiseptic protocols for the treatment of not only instruments, but also work surfaces. The use of bactericidal lamps and special disinfectant solutions creates a safe environment for procedures. Particular attention is paid to the treatment of the nail bed before the start of the manicure — modern antiseptics effectively eliminate pathogenic microflora without overdrying the skin.

High-quality cuticle care is another important aspect of preventing nail diseases. Professional nail technicians use gentle processing methods (hardware or non-edging technologies) that prevent the formation of microtraumas — entry points for infection. Regular use of special oils and keratolytics maintains the elasticity of the cuticle, eliminating its cracking and inflammation. Modern nail coatings are developed taking into account their physiological effect on the nail plate. Hypoallergenic formulations without formaldehyde, toluene and dibutyl phthalate (DBP) do not cause allergic reactions and do not disrupt the natural processes of nail growth. Innovative “breathing” coatings allow the nail plate to maintain normal gas exchange, which is an important prevention of onychodystrophies.

Prevention of onycholysis with proper care

Onycholysis is a common disease characterized by separation of the nail plate from the bed. Professional manicure is an effective prevention of this pathology, as it includes a set of measures to strengthen the nail plate and prevent injury. The correct filing technique (movements in one direction, use of fine-abrasive files) eliminates the formation of microcracks that can lead to delamination.

Modern strengthening systems based on calcium, keratin and silk create a protective layer that increases the resistance of the nail to mechanical damage. Hot manicure procedures using paraffin baths and nutritional cocktails are especially effective — they improve the trophism of the nail matrix and accelerate the growth of a healthy nail plate.

An important aspect of prevention is the correction of the length of the free edge. Too long nails are more often subject to injury, which can provoke onycholysis. A professional master always recommends the optimal length that matches the client's lifestyle and professional activities.

Particular attention is paid to recovery procedures after removing artificial coatings. Special rehabilitation protocols include oil baths, the use of keratin serums and medicinal varnishes. Such measures allow you to quickly restore the nail structure and prevent the development of onycholysis after long-term wearing of gel polish or acrylic systems.

Innovative technologies in nail service

The modern nail service industry offers many innovative solutions aimed at maintaining healthy nails. Hardware manicure using diamond and ceramic cutters allows for precise processing of the nail plate without the risk of injury. This technology is especially effective in correcting ingrown nails and treating hyperkeratosis.

Laser technologies have revolutionized the treatment of onychomycosis. Laser exposure allows you to destroy fungal infections without damaging surrounding tissues. For preventive purposes, many salons offer laser nail strengthening procedures that stimulate growth and improve the structure of the nail plate.

Photodynamic therapy is another promising method used in elite salons. This technology combines the use of photosensitizers and light radiation of a certain wavelength, which allows you to effectively combat bacterial and fungal nail infections.

Digital nail monitoring technologies are the latest achievement in the industry. Special scanners analyze the structure of the nail plate, the level of moisture and the presence of microcracks. Based on this data, an individual care program is created, allowing you to prevent the development of diseases at an early stage.

The Role of Nutrition and Vitamins in Nail Health

A balanced diet plays a key role in maintaining healthy nails. Proteins, especially those containing sulfur-containing amino acids (cysteine, methionine), are the building blocks of keratin, the main component

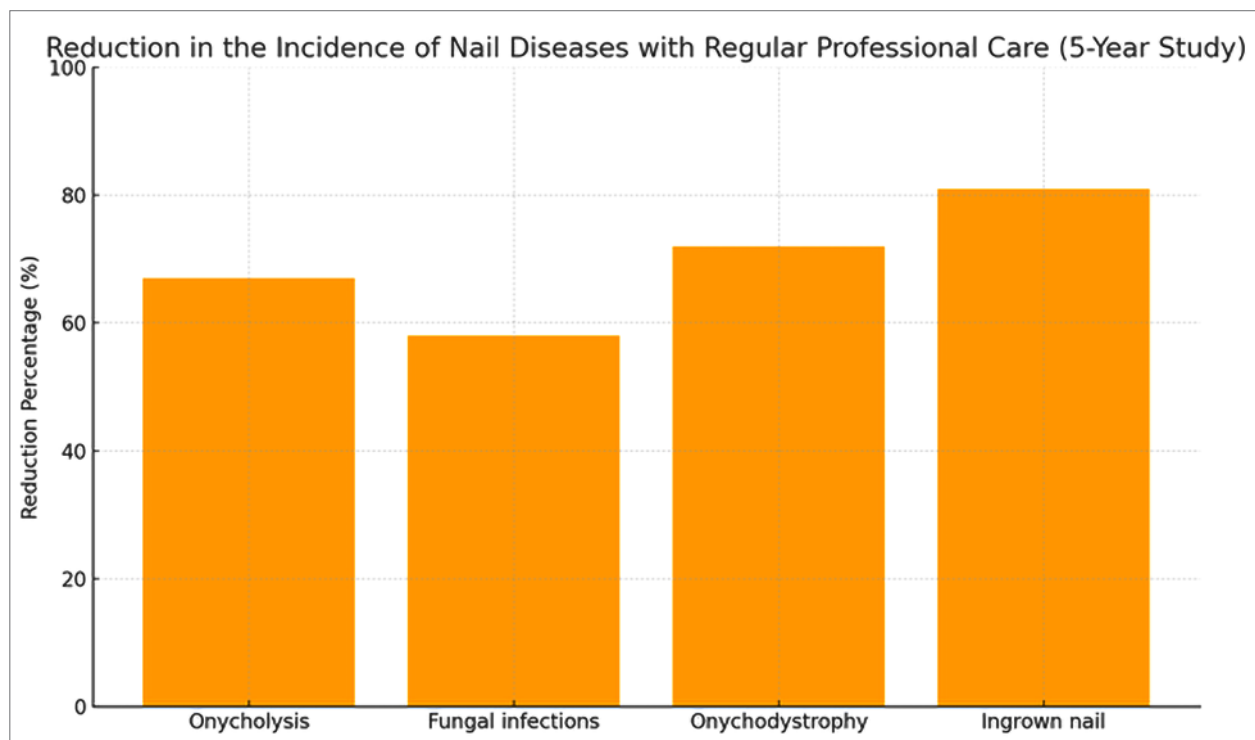
of the nail plate. Nutritionists recommend including eggs, fish, lean meat and legumes in your diet to provide your body with complete protein.

B vitamins, especially biotin (B7), significantly improve the structure of nails. Clinical studies have shown that regular intake of biotin at a dose of 2.5 mg/day reduces nail brittleness by 25–30% after 3–4 months. Vitamins A and E, being powerful antioxidants, protect nail cells from oxidative stress, and vitamin C is involved in the synthesis of collagen, which provides elasticity to the nail plate.

Mineral balance is no less important for healthy nails. Zinc is involved in the processes of matrix cell division, silicon strengthens the nail structure, and selenium protects against fungal infections. Particular attention should be paid to iron — its deficiency can lead to koilonychia (spoon-shaped deformation of the nails). Hydration of the body is a fundamental aspect of nail health. With insufficient water consumption, the nail plates become dry and brittle. Modern nutritionists recommend calculating an individual water intake rate (30 ml per 1 kg of body weight), and also including foods with a high water content (cucumbers, watermelons, citrus fruits) in the diet.

Psychological and social aspects of nail care

Regular nail care has a significant positive effect on a person's psycho-emotional state. Research in the field of psychosomatics shows that well-groomed nails help to increase self-esteem, reduce anxiety and improve social adaptation. The manicure procedure itself has a relaxing effect, comparable to an aromatherapy or



Graph 1. Reduction in the incidence of nail diseases with regular professional care

massage session. Many clients note that time spent in a nail salon helps them escape from everyday worries and restore mental balance.

From the point of view of social interaction, well-groomed nails are an important element of non-verbal communication. They create the impression of neatness, attention to detail and respect for others. In a professional environment, this can have a positive effect on business contacts and career prospects. This is especially true for representatives of professions where visual contact with clients is important — teachers, doctors, service workers.

It is interesting to note that the color scheme of the manicure also has a psychological effect. Warm shades (peach, soft pink) create a feeling of comfort and coziness, while bright colors (red, burgundy) are associated with confidence and determination. Many salons today offer art therapy services through nail design, helping clients express their emotional state through artistic images on their nails. Group visits to a nail salon are becoming a popular form of leisure that promotes social adaptation. Joint visits to procedures strengthen friendly and family ties, creating a space for casual communication. For older people, regular visits to the salon often become an important element of social activity, helping to maintain a sense of involvement in public life.

The diagram shows comparative data for a 5-year period among two groups of women (25–45 years old). The group that regularly visited a nail salon (at least once every 3 weeks) showed a reduction in the incidence of:

Onycholysis by 67%
Fungal infections by 58%
Onychodystrophy by 72%
Ingrown nail by 81%

Conclusion. Modern manicure and pedicure procedures are a harmonious combination of aesthetics and health care. As the study showed, professional nail care is not just a cosmetic service, but a comprehensive disease prevention system that combines advanced technologies, dermatological knowledge and an individual approach. Regular visits to the salon allow you not only to maintain an attractive appearance, but also to prevent serious pathologies of the nail apparatus.

The multifactorial benefits of professional manicure deserve special attention, including:

- Medical aspects — prevention of onycholysis, fungal infections and other diseases;
- Psychological benefits — increased self-esteem, reduced stress;
- Social benefits — improved communication and professional prospects;
- Economic efficiency — reduced treatment costs and optimization of time costs.

Prospects for the development of the industry are associated with the further integration of medical technologies into cosmetic procedures, the creation of personalized care programs and the expansion of the range of therapeutic possibilities of nail services. Even today, professional manicure can be considered an important element of preventive medicine and a healthy lifestyle.

References

1. Cohen, P. R., & Scher, R. K. (2020). Geriatric nail disorders: Diagnosis and treatment. *Journal of the American Academy of Dermatology*.
2. Daniel, C. R., Tosti, A., & Iorizzo, M. (2021). The disappearing nail bed: A revision of onycholysis management.
3. Elewski, B. E., & Rich, P. (2022). Onychomycosis: Current and emerging therapies. *Skin Appendage Disorders*.
4. Iorizzo, M., Starace, M., & Pasch, M. C. (2023). Nail cosmetics and their impact on nail health.

УДК 616.33-006-036-07-091.8

Білецький Володимир Євгенович*асистент кафедри онкології, променевої терапії, онкохірургії та паліативної допомоги
Харківський національний медичний університет***Biletskyi Volodymyr***Assistant Professor, Department of Oncology, Radiation Therapy, Oncosurgery and Palliative Care
Kharkiv National Medical University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10946

КОМУНІКАЦІЇ В ДИТЯЧІЙ ОНКОЛОГІЇ

HEALTH COMMUNICATION IN PEDIATRIC ONCOLOGY

Анотація. Процесу комунікації між лікарями та пацієнтами з онкологічною патологією притаманні специфічні характеристики. В статті розглядаються основні параметри, які впливають на відносини між хворою дитиною її батьками та лікарем фахівцем дитячим онкологом; відносини між пацієнтом та лікарем; робота з медичною інформацією; управління емоціями пацієнтів та їх батьків; освітні заходи, які направлені на пацієнтів з метою покращення комунікації. Ефективна комунікація може допомогти пацієнтам, їх родинам та лікарям в прийнятті сумісних рішень для підвищення можливостей лікування та покращення якості життя пацієнта.

Ключові слова: дитячий онколог, лікування, комунікація, онкохворі, батьки.

Summary. The health communication process between medical specialists and oncological patients is a quite specific one. This article reviews the major parameters affecting the relations between patients, and pediatric oncology specialists such as: patient – doctor relationship; handling medical information; coping with different patient's emotions; educational interventions targeted at patients and designed to enhance communication. Good communication may help patients, their families and doctors to make joint decisions aimed at improving patients' well.

Key words: pediatric oncologist, treatment, communication, cancer patients, parents.

Дитяча онкологія — один з найдраматичніших розділів науки онкології, де в коло за для надання професійної допомоги включено багато людей. Після визначення та оголошення діагнозу «рак» пацієнти та їх родини стикаються з багатьма проблемами. Однак, незважаючи на значні позитивні результати у лікуванні, якість життя дітей з онкологічними захворюваннями та їх родин зазвичай погіршується з моменту встановлення діагнозу. Слід зазначити, що всі вони зазнають ще більших фізичних та моральних страждань під час перебігу та лікуванні хвороби: змінюється звичний розклад життя від того, що виникає необхідність в доволі частих медичних візитах до амбулаторій та стаціонарів з подальшою госпіталізацією та перебуванням в незвичних умовах, виникають нові прояви хвороби, що пов'язані з лікуванням та особливостями перебігу захворювання в конкретному випадку; сім'я потерпає від фінансового обтяження (обстеження в приватних лабораторіях, лікування в інших містах, смачна їжа для дитини та ін.), посилюється відчуття тривоги через невизначеність перспективи подальшого життя з онкологічним діагнозом [1].

І в цьому випадку до кола зацікавлених в лікуванні доєднуються лікарі — спеціалісти та люди, які інколи не мають до медицини безпосереднього відношення — волонтери, які намагаються надати потрібну допомогу в організації важкого лікування. І тому вибудовування ефективної комунікації на всіх рівнях спілкування набуває особливого значення, бо без порозуміння між лікарем та маленьким пацієнтом, довірою між лікарем та батьками, фахівцями між собою та іншими учасниками того процесу не буде створено єдиної правильної стратегії діагностики та лікування, що, в свою чергу, приведе до незадовільних результатів сумісної праці та мета лікування не буде досягнута.

В основі створення правильної та якісної комунікації, фахового підходу лежить, перш за все, професійна позиція лікаря. Вона визначається у відношенні лікаря до своєї професії, до себе, як до спеціаліста, дає стійкість в роботі, в спілкуванні з пацієнтами та їх батьками.

Принцип ефективної взаємодії лікаря та пацієнта полягає в тому, що його професійну позицію можна визначити таким чином: «Бути, перш ніж говорити та діяти».

«Бути» — це означає знаходитись разом з пацієнтом, знаходитись в професійній позиції, бути спокійним, впевненим, доброзичливим, готовим поділитися своїми знаннями та досвідом. Все це можливо тільки тоді, коли лікар є в контакт з самим собою і дійсно опанував емоційні основи професії. Якщо лікар знаходиться в статусі «Бути» — він знає що потрібно робити.

«Робити» — означає розуміти почуття пацієнта, але не залучатися до них, розподіляючи свої почуття та почуття хворого. Не засуджувати хворого та його батьків за їх реакції, а визнавати їх нормальність в даному конкретному випадку. Дати можливість батькам мати свою точку зору на стратегію лікування. Дозволити пацієнту помилятися, інформувати його в тій мірі, в якій він хоче бути інформованим. Виказувати постійну емоційну підтримку пацієнтам та їх батькам. Коли лікар знає, що робити, йому легко знаходитись в позиції «Говорити». Для емоційної підтримки батьків хворої дитини не виникає складнощів підібрати потрібні слова, які відповідають тій чи іншій ситуації.

Процесу комунікації між дитячим онкологом та батьками пацієнтів притаманні специфічні особливості та емоційна наповненість. Це обумовлено тим, що діагноз «злоякісна пухлина» по відношенню до власної дитини провокує відчуття страху, невпевненості, самотності, інформаційного вакууму, безпорадності. Лікування онкохворих дітей залучає навіть підготовлений медперсонал в сильні, нищівні емоції [2].

При наявності такої проблеми зі здоров'ям у власної дитини, у більшості дорослих виникають специфічні, загальні риси на поведінковому рівні та емоційні реакції. Саме ці характеристики на поведінковому, емоційному та когнітивному рівні повинні бути відомі лікарю-клініцисту для здійснення ефективної комунікації з хворим та батьками з метою підтримання та покращення процесу лікування.

Методи, результати та обговорення. При написанні статті були проаналізовані сучасні тенденції реабілітаційних заходів в доступній науково-практичній літературі за 15 років та особистий досвід на протязі 30 років.

Основні «стовпи», що впливають на відношення між пацієнтом та дитячим онкологом наступні: відносини між пацієнтом та лікарем; відносини між лікарем та батьками пацієнта; можливість протидіяти негативним емоціям пацієнта; освітні заходи, спрямовані на пацієнта з метою покращення комунікації.

Навички комунікації спираються на когнітивні та емоційні здібності, які використовує дитячий онколог, для того, щоб дати можливість пацієнтам та членам їх родин дізнатися про природу та характер захворювання, що може призвести до взаємодії між лікарем та батьками пацієнта під час лікувального та реабілітаційного процесів.

Відношення між пацієнтом та лікарем поділяються на дві основні групи: по-перше, «лікар в центрі»: в цій моделі відносин лікар зосереджується на медичних параметрах захворювання. Зустріч з лікарем проходить по-батьківськи. Лікар, як наставник, намагається встановити контроль за поведінкою батьків та пацієнта. В цій групі відношень участь пацієнта зводиться до мінімуму. Лікар не виражає емоцій і сам приймає рішення відносно лікування на основі особистих знань, досвіду та Протоколів надання медичної допомоги. По-друге — «пацієнт в центрі». Ця модель передбачає більше співпричетності лікуючого онколога з пацієнтом та батьками. При комунікації з ними виникає більше відкритих питань та частіше відбувається відверта розмова з батьками. Ставляться різні питання і батьки повною мірою мають залучитися до боротьби з хворобою. При прийнятті рішення щодо стратегії та тактики лікування приймається до уваги і думка родичів пацієнта.

Дані літератури свідчать про те, що пацієнти та члени їх родин віддають перевагу саме такому підходу. Важливим аспектом так званого «Patientcentered» — підходу є спосіб прийняття рішень. Дослідження, які проведені серед онкологічних хворих довели, що існує широкий діапазон бажань пацієнта відносно рівня участі, якої вони хотіли б мати в процесі прийняття рішень.

Наприклад, одне з досліджень серед пацієнтів з онкогематологічними захворюваннями, які перенесли трансплантацію стовбурових клітин, показало, що більшість батьків цих хворих (44%) віддають перевагу загальній моделі прийняття рішень, в якій лікар та пацієнт (батьки) приймають рішення разом. Менша кількість хворих — надають перевагу можливості повністю самостійно вирішувати плани проведення того чи іншого лікування (25%). Інша частина хворих — повністю довіряє лікарю (31%). Дані цього дослідження свідчать що «patientcentered» підхід потребує передчасного уточнення з хворим (якщо це можливо за віком) його намірів та бажань [3; 4; 5].

Велика кількість досліджень серед онкологічних хворих з літературних джерел та особистого досвіду свідчать про те, що в цілому їх задоволення зв'язком з медичним персоналом достатньо високе. Це пов'язано як з активною співпрацею з лікарями, так і з відносно малим досвідом пацієнтів оцінювання комунікативних навичок лікарів, тому, що хворі в більшості випадків щільно пов'язані з одним лікарем — онкологом. Від того більш ніж 90% пацієнтів хочуть мати «всю інформацію» щодо свого захворювання. Лише приблизно 10% кажуть, що вони хотіли б отримувати лише «гарні новини» [6].

Повідомлення так званих «поганих новин» є найбільш вивченим складним моментом спілкування в практиці дитячої онкології [7; 8; 9]. На повідомлення про онкологічний діагноз батьки пацієнтів реагують по-різному. Найчастіше їх реакції — шок,

страх сум, відчай та ін. [10; 11]. Ще одним важливим моментом в спілкуванні є інформація про прогноз захворювання. Досить важко передбачити строки прогресування хвороби у конкретного пацієнта. Та й більшість фахівців в дитячій онкології зберігають надію на одужання того чи іншого пацієнта, хочуть максимально мотивувати хворого та батьків до наполегливої боротьби з хворобою [12; 13; 14].

Навички, які необхідні клініцисту для ефективного контролю над негативними емоціями пацієнтів та їх близьких, зокрема дистресу, включають визначення їх емоційних особливостей та відгук на ці емоційні почуття з емпатією, а в деяких випадках — проведення додаткового медичного обстеження з метою поліпшення психічного стану людини [15; 16; 17; 18].

З метою поліпшення комунікації використовуються освітні заходи, які спрямовані на пацієнтів: написані терапевтичні плани лікування обговорюються з родиною, заповнення анонімних опитувальних листів, в стаціонарі та на домівці після візиту в лікувальний заклад, запрошення у відділення клоунів з Асоціації лікарняних клоунів, арт терапія, організація свят з залученням акторів-волонтерів, виступи відомих людей тощо.

Висновки. У Національній стратегії контролю онкологічних захворювань до 2030 року зазначено, що розвиток та покращення якості надання допомоги дітям з онкологічними захворюваннями відповідно до світових стандартів є одним із пріоритетних завдань системи охорони здоров'я та громадського здоров'я України. Така допомога є комплексом медичних, соціальних, психологічних заходів, спрямованих на покращення якості життя онкохворих дітей [19]. Однак на сьогодні майже немає праць, у яких би досліджувалися конкретні формати психосоціальної допомоги та реабілітації і пропонувалася для впровадження програма такої реабілітації, як на базі державних закладів, так і деяких приватних ініціатив. Так само всі фахівці, що займаються лікуванням і реабілітацією онкохворої дитини, можуть керуватися тільки загальними принципами свого фаху, особистою ініціативою та досвідом, оскільки вкрай мало чітких вузькоспеціалізованих інструкцій, протоколів, що мають стандартизований характер [20]. Правильно побудована комунікація може суттєво допомогти пацієнтам, родинам та лікарям в прийнятті сумісних правильних рішень з метою покращення лікування та якості подальшого життя хворої дитини.

Література

1. Про схвалення Національної стратегії контролю злоякісних новоутворень на період до 2030 року та затвердження плану дій з її реалізації на період до 2025 року. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/730-2024-p#n17> (дата звернення: 30.04.2025).
2. Савова З. *Медицинская психология*. София: МУ-София, 2015. 256 с.
3. Zeiger R., Frydman G. Patient-Centered Approaches to Improving Clinical Trials for Cancer. *Oncology Informatics*. 2016. P. 331–341. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802115-6.00017-3>.
4. Measuring patient-centered communication in cancer care: A literature review and the development of a systematic approach / L. A. McCormack et al. *Social Science & Medicine*. 2011. Vol. 72, no. 7. P. 1085–1095. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2011.01.020>.
5. Porensky E. K., Carpenter B. D. Breaking bad news: Effects of forecasting diagnosis and framing prognosis. *Patient Education and Counseling*. 2016. Vol. 99, no. 1. P. 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2015.07.022>.
6. Measuring emotion regulation and emotional expression in breast cancer patients: A systematic review / T. Brandão et al. *Clinical Psychology Review*. 2016. Vol. 43. P. 114–127. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2015.10.002>.
7. Tumor Talk and Child Well-Being: Perceptions of “Good” and “Bad” News Among Parents of Children With Advanced Cancer / A. M. Feraco et al. *Journal of Pain and Symptom Management*. 2017. Vol. 53, no. 5. P. 833–841. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2016.11.013>.
8. Responding empathically to patients: Development, implementation, and evaluation of a communication skills training module for oncology nurses / C. Pehrson et al. *Patient Education and Counseling*. 2016. Vol. 99, no. 4. P. 610–616. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2015.11.021>.
9. Comparative Effectiveness of a Patient Centered Pathology Report for Bladder Cancer Care / M. Mossanen et al. *Journal of Urology*. 2016. Vol. 196, no. 5. P. 1383–1389. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2016.05.083>.
10. Maguire P. Breaking bad news: talking about death and dying. *Medicine*. 2005. Vol. 33, no. 2. P. 29–31. <https://doi.org/10.1383/medc.33.2.29.58387>.
11. Patient-centered communication in the era of electronic health records: What does the evidence say? / C. Rathert et al. *Patient Education and Counseling*. 2017. Vol. 100, no. 1. P. 50–64. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2016.07.031>.
12. We Have to Talk: Results of an Interprofessional Clinical Simulation for Delivering Bad Health News in Palliative Care / D. K. Pastor et al. *Clinical Simulation in Nursing*. 2016. Vol. 12, no. 8. P. 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2016.03.005>.
13. Дудніченко О., Климнюк Г. *Дитяча онкологія : підручник*. Харків : Факт, 2013. 400 с.

14. Lacy A. Patient Emotions and Patient Education Technology. *Emotions, Technology, and Health*. 2016. P. 23–39. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801737-1.00002-0>.
15. Breaking bad news to patients with cancer: A randomized control trial of a brief communication skills training module incorporating the stories and preferences of actual patients / J. Gorniewicz et al. *Patient Education and Counseling*. 2017. Vol. 100, no. 4. P. 655–666. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2016.11.008>.
16. Nurse responsiveness to cancer patient expressions of emotion / L. K. Sheldon et al. *Patient Education and Counseling*. 2009. Vol. 76, no. 1. P. 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2008.11.010>.
17. Brand P. L. P., Stiggelbout A. M. Effective follow-up consultations: the importance of patient-centered communication and shared decision making. *Paediatric Respiratory Reviews*. 2013. Vol. 14, no. 4. P. 224–228. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2013.01.002>.
18. Are we there yet? The state of the evidence base for guidelines on breaking bad news to cancer patients / C. L. Paul et al. *European Journal of Cancer*. 2009. Vol. 45, no. 17. P. 2960–2966. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2009.08.013>.
19. Сучасні аспекти організації паліативної та хоспісної допомоги в Україні за умов реформування медичної галузі / Г. С. Сатурська та ін. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2021. № 1. С. 33–39. <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2021.1.12140>.
20. Selby J. V., Whicher D. M. The Patient-Centered Outcomes Research Institute. *Clinical and Translational Science*. 2017. P. 71–89. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802101-9.00005-3>.
21. Коучинг у дитячій онкології: навчання навикам копінгу в реабілітаційному процесі / О. Горленко та ін. *Проблеми клінічної педіатрії*. 2021. Т. 53, № 3. С. 42–29.

Horodetska Natella*Master of Pedagogy**Director, Neuro Mental Math LLC**Leading Expert in Mental Arithmetic*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10811

DEVELOPMENT OF ANALYTICAL AND SYNTHETIC ACTIVITIES IN CHILDREN WITH MENTAL RETARDATION USING MENTAL ARITHMETIC

Summary. The article is devoted to the identification and analysis of the features of the development of analytical and synthetic activity in children with mental retardation (MR) in the course of systematic practice of mental arithmetic. The relevance of the work is due to the need to support the cognitive development of children with MR who have difficulties in flexible and conscious manipulation of numbers. The novelty of the study lies in the fact that various strategies of oral calculations and their relationship with the basic mental operations of analysis and synthesis are considered. The work describes the characteristic manifestations of children with MR when performing arithmetic problems: differences in tempo and accuracy, as well as the influence of exercises with elements of mental arithmetic on the solution process are revealed. Attention is paid to the analysis of practical experiments using virtual and physical means for training counting skills. The work aims to expand the understanding of the mechanisms of formation of analytical and synthetic operations in this category of children. The findings can be useful for teachers, defectologists and psychologists in developing correctional programs.

Key words: analytical and synthetic activity, children with developmental delay, mental arithmetic, oral arithmetic, didactic games, flexibility of strategies, short-term memory, estimation of magnitude, neurocognitive model, correctional programs.

Introduction. Modern research highlights the importance of analytical and synthetic cognitive activity in the successful acquisition of arithmetic skills among children with intellectual development delays (IDD). The relevance of this area is determined by the fact that the development of cognitive operations such as analysis, synthesis, and comparison largely influences a child's ability to perform quick and conscious calculations, as well as the capacity to apply different computational strategies. At the same time, recent findings suggest that mental arithmetic can support the development of these cognitive functions by enhancing the ability to retain and transform numerical information.

The aim of this study is to identify and describe the specific characteristics of analytical and synthetic cognitive development in children with IDD through mental arithmetic exercises.

To achieve this goal, the following objectives were set:

- Identify existing challenges in the formation of analytical and synthetic cognitive activity in children with IDD and analyze potential solutions.
- Examine the impact of mental arithmetic on mastering mental calculation techniques and estimating approximate results.

- Assess the effectiveness of combined approaches (didactic games, alternating between exact and approximate calculations) in fostering cognitive flexibility and analytical-synthetic operations.

The novelty of this study lies in integrating findings from various fields, including didactic, psychological, and neurocognitive approaches, while also addressing the practical application of mental arithmetic specifically for children with IDD, a topic that has been insufficiently explored in previous literature.

Materials and Methods. This study considers findings from research on the education of children with IDD and the development of mathematical skills. The work of M.-S. Chen, T.-C. Wang, and C.-N. Wang [1] presents the effects of mental arithmetic training with an abacus on children's working memory. The authors found that regular practice improves both visual and auditory memory, which served as the basis for evaluating the effectiveness of such exercises in this study. A. Di Nuovo and T. Jay [2] analyzed the mechanisms of numerical skill development in children, exploring the potential of didactic game-based approaches. The study by D. Jolles and E. Crone [3] focuses on the neurocognitive principles underlying the development of cognitive operations in children.

J.S. Jones et al. [4] examined the impact of metacognitive strategies and working memory training on children's academic performance. D. Karch and colleagues [5] conducted a meta-analysis evaluating the effectiveness of various cognitive training programs for children and adolescents. G. Kulnazarova, Z. Namazbaeva, and others [6] analyzed the application of cognitive therapy for children with intellectual disabilities. T.B. Lima-Silva et al. [7] reviewed studies on cognitive training with the use of an abacus, demonstrating its benefits across different age groups. Y. Pavlou, Z.C. Zacharia, and M. Papaevripidou [8] compared the effectiveness of physical and virtual manipulative tools in preschool education, emphasizing the importance of visual methods. L. Rousselle and M.-P. Noel [9] investigated the adaptive use of approximate calculations in children with mathematical difficulties. A. Veloso, S.G. Vicente, and M.G. Filipe [10] studied the effectiveness of cognitive training in children with attention deficit hyperactivity disorder, emphasizing the importance of alternating strategies and a systematic approach to training.

The study employed a comparative method to analyze different types of exercises and calculation strategies, a source analysis method to identify general patterns in the development of analytical and synthetic cognitive functions, and a synthesis of experimental data to formulate conclusions on the specifics of teaching children with IDD.

Results. The analytical examination of the available data identified specific characteristics reflecting the nature of analytical and synthetic cognitive activity in children with intellectual development delays (IDD) when performing mental arithmetic tasks. Procedures based on verbal calculations and visual representation of numerical structures were studied, considering the complexity of operations and the presumed level of cognitive skill development. Research [1] indicates that regular mental arithmetic practice enhances short-term auditory and visual memory, which was considered in assessing the potential benefits of this method. According to [6], mastering elementary mathematical concepts contributes to the development of specific cognitive skills in preschool children with developmental delays, aligning with initial observations on the positive influence of oral numerical exercises on individual cognitive operations.

Analysis of the results showed that children who were given mental arithmetic exercises demonstrated noticeable improvements in retaining information when performing arithmetic operations of varying complexity. However, difficulties were observed when synthesizing multiple numerical components. As noted in [3], IDD is associated with challenges in developing cognitive operations, particularly in synthesis and analysis, a pattern observed in participants who took longer to master computational strategies. Simultaneously, some students employed approximate estimates of final sums when rapid result verification was

required. Studies [2] suggest that didactic games with a mathematical focus create a foundation for analytical and synthetic reasoning about quantity in younger students. The practical findings indicate that incorporating such games into mental arithmetic sessions facilitates the transition to flexible numerical operations. Publication [9] highlights that modeling numerical skills using humanoid robots promotes a deeper understanding of arithmetic learning, though direct experiments involving robotics for children with IDD remain limited.

According to [8], training in cognitive strategies can enhance cognitive flexibility and establish a foundation for more complex computational tasks. This is partially reflected in the findings: participants alternating between formula-based calculations and approximate estimation made fewer errors in their final results. However, variability in applied strategies was observed even within the same group, indicating the need for further research to clarify the determinants of mental arithmetic effectiveness in fostering analytical and synthetic cognitive activity in primary school children with IDD.

Observations on the specifics of cognitive operations revealed that children with developmental delays do not always retain intermediate results during mental calculations and struggle with breaking down tasks into sequential steps. At the same time, some participants demonstrated an ability to quickly transition from using reference materials to mentally manipulating numbers, suggesting variability in the individual pace of mastering mental procedures. In response, a generalized list of components influencing task performance success has been compiled. This list reflects current requirements for structuring the educational environment and provides a more detailed perspective on directions for future corrective interventions (see Table 1).

Breaking down computational actions into these components allows educators to assess the level of skill development in a child and select appropriate exercises. Considering the characteristics of oral and visual information processing helps adjust the cognitive load and prevent overload. Alternating between auditory and visual formats often improves overall accuracy and speeds up problem-solving. Some studies suggest that the effectiveness of this approach increases with regular repetition of similar exercises.

Before the next table, it is essential to highlight key observations regarding strategy selection among children facing different types of tasks (see Table 2). Some children immediately prefer mental calculations, while others rely on visual aids such as tokens or other symbolic objects. Others aim to transition to mental number manipulation without external material support. A mixed model was also frequently observed, where a child initially retained numbers mentally and later referred to abacus elements or recalled familiar computational patterns from memory [6].

Table 1

Composition of elements related to analytical and synthetic operations in children with Intellectual Development Delays (IDD)

Component name	Brief description	Example of practical manifestation
Auditory retention of intermediate results	Ability to reproduce part of numerical data without visual cues	Repeating two to three digits required for calculations
Visual support for computational process	Using mental imagery during addition or subtraction	Imagining an abacus or placing dots in front of the eyes
Logical segmented analysis	Recognizing the logical sequence of steps	Breaking a problem into elements: “first subtract, then add”
Integration of partial answers	Synthesizing intermediate values into a final sum	Final calculation after a series of sequential operations
Flexible use of oral and visual techniques	Switching between internal verbalization and visual schemes	Using “imaginary fingers” instead of real ones

When categorizing children based on strategy types, some participants were observed transitioning from one group to another. In some cases, a child initially relied on concrete actions but gradually shifted to mental calculations, indicating increased independence. Verbalization was more frequently used at the beginning of learning and was later replaced by internal counting. The combined method often led to better final results, as it allowed adaptation to individual information processing styles.

The following table presents a set of training exercises used in remedial mental arithmetic sessions, focusing on developing analytical and synthetic techniques (see Table 3). The exercises are arranged in increasing order of complexity. The recommended sequence may be adjusted based on the child’s age and individual characteristics.

Each exercise block was designed based on preliminary diagnostics, identifying which processes posed the greatest difficulty for the child in mental calculations. The sequence of tasks introduced a gradual progression from basic numerical analysis to flexible synthesis of intermediate results. Special attention was given to participants who quickly lost track of the computational process or struggled to understand their own actions. This approach demonstrated positive dynamics, as regular repetition of exercises and

a gradual increase in difficulty contributed to a meaningful strengthening of analytical and synthetic thinking in children with intellectual development delays.

Discussion. The successful acquisition of arithmetic skills can be enhanced through the targeted development of analytical and synthetic techniques. The obtained data confirm that training in the format of mental arithmetic fosters more effective application of oral computational strategies and strengthens cognitive processes associated with integrating disparate numerical elements.

When analyzing different forms of training, a tendency toward a mixed use of both oral and visual tools is observed. Some children attempt to retain numbers mentally, while others prefer to rely on tokens or an abacus. Literature [1; 2; 3; 6] supports the value of a gradual transition from physical manipulation of objects to the imagined construction of computational schemes.

Variations in the mastery of calculation approaches can be explained by differences in the maturation rates of cognitive mechanisms required for analysis and synthesis. Some children exhibit a fragmented approach, calculating each addend separately and then struggling to consolidate intermediate results. This observation aligns with the findings of [3], which indicate that students with developmental delays often

Table 2

Classification of arithmetic problem-solving strategies in mental calculation

Strategy type	Method description	Possible learning advantages
Predominantly mental calculation	Verbalizing the sequence of actions aloud or mentally	Stimulates auditory memory and step-by-step planning
Use of auxiliary objects	Employing tokens, pencils, fingers, or an abacus	Makes the process more visually comprehensible
Imaginary visualization of numbers	Mentally representing number sequences and arithmetic operations	Enhances overall comprehension and facilitates self-checking
Combined approach	Alternating between verbalization and visual or symbolic elements	Accommodates individual learning preferences
Transition to approximate estimation	Conditional calculations without precise intermediate steps	Reduces processing time and enhances numerical fluency

Table 3

Approximate system of exercises for correcting analytical and synthetic thinking

Exercise	Brief description	Expected effect
“Steps with numbers”	Naming a series of digits and summing them while moving along an imaginary line	Training auditory retention and gradual complexity increase
“Grouping tokens”	Dividing a set of objects into parts and subsequently combining them	Developing the ability to structure objects
“Example chain”	Performing sequential tasks where the result of one step becomes the starting point for the next	Enhancing the ability to retain intermediate results
“Verbal constructor”	Creating arithmetic constructions from given addends or subtrahends	Stimulating a creative approach to problem-solving
“Hidden numbers”	Memorizing numbers that are not explicitly stated but implied in calculations	Strengthening visual representation and outcome prediction

face difficulties in forming a holistic problem-solving strategy. At the same time, several students actively transition to approximate estimation, which facilitates verification and increases confidence when assessing final sums.

Exercises focusing on auditory retention of sequences (“Steps with Numbers,” “Hidden Numbers”) and various methods of transitioning from segmented analysis to an integrated response (“Grouping Tokens,” “Example Chain,” “Verbal Constructor”) collectively improve computational accuracy. Here, repeated practice with a gradual increase in complexity proves particularly beneficial, aligning with a theoretical and applied approach.

It is evident that children experiencing pronounced difficulties in retaining numerical sequences perform more effectively when combining verbal articulation with visual representation [4; 5]. Findings support the idea that mental arithmetic provides an additional resource that strengthens cognitive flexibility while simultaneously training auditory and visual memory. However, the observed heterogeneity in strategies within the same group highlights the need for further refinement of methodological solutions for different levels of preparedness. Recurring errors related to confusion in intermediate answers suggest the importance of maintaining a balance between introducing new tasks and reinforcing established concepts.

The presented conclusions clarify the psychological and pedagogical aspects of developing analytical and synthetic thinking through mental arithmetic. Practical experience indicates that a combination of

oral techniques, visual aids, and game-based methods enhances children’s engagement in computational procedures while fostering a more meaningful understanding of numbers.

Conclusion. Based on the conducted study, the following conclusions can be drawn in accordance with the stated objectives:

Children with developmental delays exhibit difficulties in forming analytical and synthetic thinking, particularly when solving arithmetic problems without relying on familiar computational templates.

The integration of mental arithmetic, which actively involves oral exercises and estimation strategies, contributes to the development of more effective approximate calculation techniques among some students and facilitates the verification of final results through “rapid filtering” of evidently incorrect answers.

An approach that incorporates didactic games, regular “formula-based” counting, and elements of estimation strategies enhances motivation and cognitive flexibility, creating conditions for further correction of cognitive difficulties and more successful mastery of educational material.

Thus, the study demonstrates the potential of mental arithmetic and associated didactic methods in developing analytical and synthetic thinking in children with developmental delays. The results can be utilized by educators, psychologists, and special education specialists in designing programs to support mathematical development, including the broader implementation of variable tasks and techniques aimed at enhancing computational flexibility and visualization.

References

1. Chen, Min-Sheng & Wang, Tzu-Chang & Wang, Chih-Nan. (2011). Effect of mental abacus training on working memory for children. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*. 28. 450–457. 10.1080/10170669.2011.610365.
2. Di Nuovo, A., & Jay, T. (2019). The development of numerical cognition in children and artificial systems: a review of the current knowledge and proposals for multi-disciplinary research. *Cognitive Computation and Systems*. Vol. 1. DOI: 10.1049/ccs.2018.0004.
3. Jolles, D., & Crone, E. (2012). Training the developing brain: a neurocognitive perspective. *Frontiers in Human Neuroscience*. Vol. 6. Article 76. DOI: 10.3389/fnhum.2012.00076.
4. Jones, J.S, Milton, F., Mostazir, M., & Adlam, A.R. The academic outcomes of working memory and metacognitive strategy training in children: A double-blind randomized controlled trial. *Dev Sci*. 2020 Jul. 23(4). e12870. doi: 10.1111/desc.12870.
5. Karch, D., Albers, L., Renner, G., Lichtenauer, N., & Kries, R. (2013). The Efficacy of Cognitive Training Programs in Children and Adolescents a Meta-analysis. *Deutsches Ärzteblatt international*. 110. P. 643–52. 10.3238/arztebl.2013.0643.
6. Kulnazarova, G., Namazbaeva, Z., Butabayeva, L., & Tulepova, L. (2023). Cognitive Therapy for Children with Intellectual Disabilities: A New Look at Social Adaptation Skills and Interpersonal Relationships. *Occup Ther Int*. 6466836. doi: 10.1155/2023/6466836.
7. Lima-Silva, T.B., Barbosa, M.E.C., Zumkeller, M.G., Verga, C.E.R., Prata, P.L., Cardoso, N.P., de Moraes, L.C., & Brucki, S.M.D. (2021). Cognitive training using the abacus: a literature review study on the benefits for different age groups. *Dement Neuropsychol*. 15(2). P. 256–266. doi: 10.1590/1980-57642021dn15-020014.
8. Pavlou, Y., Zacharia, Z. C., & Papaevripidou, M. (2024). Comparing the impact of physical and virtual manipulatives in different science domains among preschoolers. *Science Education*. Vol. 108. P. 1162–1190. DOI: 10.1002/sce.21869.
9. Rousselle, L., & Noel, M.-P. (2008). Mental Arithmetic in Children with Mathematics Learning Disabilities: The Adaptive Use of Approximate Calculation in an Addition Verification Task. *Journal of Learning Disabilities*. Vol. 41. P. 498–513. DOI: 10.1177/0022219408315638.
10. Veloso, A., Vicente, S.G., & Filipe, M.G. (2020). Effectiveness of Cognitive Training for School-Aged Children and Adolescents with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review. *Front. Psychol*. 10. 2983. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02983.

Клименко Світлана Іванівна

*кандидат педагогічних наук,
вчитель української мови та літератури*

Школа № 306

Klymenko Svitlana

*Candidate of Pedagogical Sciences, Teacher
Secondary School number 306*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10848

ФОРМУВАННЯ ЧИТАЦЬКОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ СЕМИКЛАСНИКІВ ЗАСОБАМИ УКРАЇНСЬКОЇ ФРАЗЕОЛОГІЇ

FORMATION OF READING COMPETENCE OF SEVENTH-GRADER STUDENTS USING UKRAINIAN PHRASEOLOGY

Анотація. У даній статті піднімаються питання щодо удосконалення методики викладання літератури в школі, зокрема формування читачьких, комунікативних умінь шляхом використання творчих завдань з фразеології.

Ключові слова: методика викладання, читачькі уміння, творчі завдання, фразеологія.

Summary. This article raises questions about improving the methodology of teaching literature at school, in particular the formation of reading and communication skills through the use of creative tasks on phraseology.

Key words: teaching methods, reading skills, creative tasks, phraseology.

*Без пристрасті до книжки людині недо-
ступні культура сучасного світу, інтелек-
туальне і емоційне вдосконалення.*

В. Сухомлинський

Постановка проблеми. Сьогоднішні зміни — це не лише орієнтація на національне відродження українців, а й нові вимоги до викладання літератури та мови в школі.

Оскільки в Національній доктрині розвитку освіти особлива увага приділяється формуванню світогляду, розвитку творчих здібностей, читачьких умінь і навичок учнів, у зв'язку з цим виховання особистості засобами української фразеології можуть значно підвищити інтерес як до вивчення мови, так і до друкованого слова.

Тож враховуючи сказане вище, згідно нових Державних стандартів про базову середню освіту (2020) у 2024/2025 навчальному році вивчення української літератури в 7 класі повинно перейти у цикл базового предметного навчання (7–9 класи), а відтак розглядатися у контексті сучасних освітніх пріоритетів, де мета навчання української літератури в 7 класі

має покладатися на розвиток компетентних читачів, національно свідомих громадян і патріотів України з гуманістичним світоглядом, здатних висловлювати власну критичну думку про прочитане, усвідомлювати національні та загальнолюдські цінності, застосовуючи здобуті предметні знання та вміння в нових навчальних і життєвих ситуаціях [2; 6; 7].

Хоча читачька компетентність не входить до переліку ключових, визначених Законом України «Про освіту», вона є важливим складником інших ключових компетентностей, таких як: «вільне володіння українською мовою», «спілкування рідною та іноземними мовами», «навчання впродовж життя», де взаємодія з текстовим матеріалом є критично необхідною та важливою ланкою. Крім того, читачьку компетентність у системі навчання доцільно розглядати і як важливу предметну компоненту [3].

Іншими словами, якщо учень оволодів технікою читання, усною та писемною мовою і полюбив уроки літературного читання, він успішно засвоюватиме й інші шкільні дисципліни [1].

Адже згідно з проведеними дослідженнями в межах Міжнародної програми з оцінки освітніх

досягнень учнів (PISA) та Міжнародного дослідження якості читання та розуміння тексту (PIRLS), сучасні школярі відчувають значні труднощі в розумінні прочитаного, а це потребує негайних коректив [8].

Мета статті — полягає в доцільності використання фразеологізмів; формуванні читацьких умінь і навичок учнів на уроках літератури.

Актуальність питання. Актуальність проблеми зумовлена запитом на високоосвічену, ініціативну молодь, яка здатна не лише творчо мислити, а й відновлювати духовний потенціал країни.

На жаль, проблема читання є однією з найважливіших у сучасному світі. І треба бути відвертими, що не всі учні сьогодні виявляють інтерес до книжок. Більшість з них надають перевагу комп'ютерним іграм.

Зрозуміло, що формуючи активного читача, учитель має застосовувати більш широкий спектр методів, при цьому добре пам'ятаючи, що дітям до вподоби ігрові форми роботи.

Іншими словами, він має мотивувати, пробуджувати цікавість, робити читання своєрідною творчістю, що могла б стати самостійною діяльністю учня у світі книжок, а не читанням заради читання. Для цього йому потрібно відповідати усім сучасним викликам, а саме: володіти мистецтвом слова, цікавитись провідним досвідом колег, робити власні спостереження, щоб потім їх втілювати в життя.

Недарма в останні десятиріччя особливої уваги набула проблема лінгводидактичного забезпечення змісту і форм роботи з фразеологізмами, що мала б підвищити інтерес як до навчання, так і виховання молоді. Згадаймо лиш праці О. Потєбні, Ф. Буслаєва, І. Срезневського, К. Ушинського, Л. Скрипника, Н. Бабич, М. Демського, І. Гнатюк Л. Кожуховської, М. Греб, О. Мазур чи то імена провідних науковців, які зробили значний внесок у дослідженні механізмів читання, методів і засобів навчання, як-от: О. Вашуленко, В. Мартиненко, Р. Солсо, Т. Єгоров, Є. Пасічник, Н. Скрипченко, Є. Соботович, І. Федоренко, О. Фенцик та ін.

Тож з огляду на це, можна сказати, що використання нестандартних підходів, до викладання літератури в школі може стати одним із засобів мотиваційно-спонукального етапу в навчанні, що не тільки по-новому дозволить подавати навчальний матеріал, а й залишить більше місця для вироблення практичних умінь і навичок учнів, сприятиме їхній самостійності, креативності, розвитку критичного мислення.

І справді, література — це невід'ємна складова нашої національної культури, що як і інші види мистецтва, здатна збагачувати внутрішній світ особистості, формувати її цінності, суспільні орієнтири, розвивати естетичні смаки, інтелект.

Оскільки основна мета сучасної літературної освіти — це формування уважного читача з добре розвиненими творчими, розумовими здібностями,

у зв'язку з цим корисною буде порада вчителям щодо застосовування на уроках вправ, мета яких полягає у збагаченні словникового запасу учнів. Йдеться про фразеологізми, що є не лише окрасою мови та мовлення, а й тим могутнім стилістичним засобом, що здатний нести неабияке емоційне навантаження, як-от у наступних завданнях:

Знайдіть фразеологізми в тексті А. Чайковського

«Павлусь зціпив зуби й не говорив більше нічого». «Яке мені діло до нього! Добре, що живе; тепер хай і зараз здохне за ту кривду, яку нам заподіяв. Чорт їх бери, усіх татар. Маму вбили, дідуся... нас замучили... Заждіть, чортові сини! Вернусь я ще сюди, може, і не раз, та не на сторонку, як невільник, а з козацтвом, як лицар! Заждіть, я ще вашого дідьчого хана за бороду скубну, не те що...». «Бач, який тепер бадьорий! А на аркані у Непорядного, то скривився, начеб кислещу вкусив. А що, смакував козацький аркан? Ах, ви, чортові сини! Колись я з вами стрінуся. А особливо з цим паничем Сулеймановим. Ми собі ще поговоримо, і я тобі нагайки-дротянки пригадаю!». «Тут б'ють хоч і нема за що». «Поки добіжиш до Перекопу, то п'ять разів зловлять. А коли зловлять, то або повісять, або в неволю до турків продадуть. А все випарять так, що душа вилазить». «Як хлопець з цього вийде цілий, то знайте, що з нього кошовий буде» («За сестрою») [4, с.154–177].

Поясніть назву повісті А. Дімарова «На коні і під конем», використавши вирази: «пройшов решето і сито — пройшов вогонь і воду, і мідні труби» [5, с. 40–51].

Назва твору «На коні й під конем» має символічний зміст адже відображає два протилежних стани: з одного боку, головний герой демонструє силу та впевненість, ніби «на коні», що означає успіх, з іншого — відчуває себе пригніченим, безпорадним, «під конем», що говорить про його невдачу.

З'ясуйте історію походження фразеологізму «дістатися на горіхи» з розділу «Блакитна дитина»: « — Попаде ж тобі на горіхи! — журився разом зі мною Ванько. — Він тебе до смерті занукає» [5, с. 49].

Раніше горіхи були найпоширенішим ласощами. Батько, який повертався із заробітків часто привозив дітям горіхи. Якщо ж діти пустували та дуріли, то матір, щоб утихомирити їх погрожувала — «Ось приїде батько й дістанеться вам на горіхи».

Яке з тлумачень найбільш вдало передає зміст виразу?

«... мені здавалося, що дядько Матвій причаївся по той бік і, як тільки я виставлю голову, так і **скрутить мені в'язи!**» [5, с. 43].

Варіанти: 1) покалічтисся, загинути; 2) зазнати поразки, не справитися з роботою.

Випишіть фразеологізми з твору «Вітька + Галя» В. Чемериса. Назвіть ті, що є засобами творення комічного. Дайте коротке пояснення

Галя — дівчина смілива та відважна, в свисті Галька могла заткнути за пояс будь-якого чаплівського хлопця! Важкі коси й довгі, примхливо вигнуті брови, тоненька, немов вирізьблена, фігурка та чарівна усмішка, що вона вся струнка, весела й швидка, як вогонь на сухій соломі. — Та чого це ти швендяєш по хаті, як на цвіту прибитий? — кричить батько. — Ось не метеляй та не затуляй мені лампи! Вітька не хотів пасти задніх. — Напишемо, — коротко мовив Федько. — Серенада — це вірш. Не ликом же ми шиті. Зокрема — ти. Ти й мусиш створити вірша про кохання. Ти зобов'язаний їй обіцяти золоті гори, а там що буде. — Тю! — здивувався Федько. — Та це ж простіше простого. Ти мусиш її проспівати. На даному етапі! І діло в шляпі, як казав наш завмаг, коли продав з-під прилавка фетрові капелюхи. — Та хто ж знав, що ти не тямши співати! — виправдовувався Федько. — Тобі ведмідь на вухо наступив, а я винен. — Та заради тебе я готовий на все! Навчуся! Не святі горшки ліплять... Що, в мене рота немає? Та я... — Федько не на жарт розійшовся. — Коли хочеш, як Карузо, заспіваю! Авторитетно клянусь сирію землею! — Дідька лисого на такому дощі заспіваєш серенаду, — бурчав Федько. Дід Свирид, накинувши на голову й плечі мішок замість плаща, ходив по селу й питався, чи ніхто не бачив, яка це трясяця потягла з опудала бриля, котрого він виплів ще в молодечі роки, коли підбивав клинці до своєї баби Параски. — Да-а... Техніка в нас ще відстає, — по-діловому сказав Федько і підсмикнув штани. — Доведеться чекати в моря погоди. Прожогом кинувся собака і зайшовся таким несамовитим гарчанням, що Вітьку й Федька наче вітром здуло. — Що з воза впало, те пропало, — махнув Федько рукою. — Добре, хоч гітари не загубили... Жаль, звичайно, серенади, та, як каже голова колгоспу, на помилках ми всі вчимося. — Під лежачий камінь і вода не тече. Треба вже від слів активно переходити до діла, як каже голова колгоспу. Давай атакуємо Гальку з усіх боків, вкрутимо її добряче й підсунемо ультиматум! Будь спокійний, вона викине білий прапор. Федько вмів тримати язик за зубами. — Вітька задумується. — Тоді для тебе все найгірше вже буде позаду, — зітхає в темряві секунданта. — Тільки носа не вішай. Он дід Свирид каже, що двічі не вмирати, а раз — не минувати. Робити було нічого, і Вітька понуро поплівся до хати. Ех, — думав він, — яке безкультур'я! Людина, можна сказати, смерті в вічі дивиться, а їм — чого виєш? — Іди молока вип'єш, — зустрічає мати. Візьми себе в руки, ти ж справжній мужчина, Вітько!.. Ну що з того, що Галька хитро поводи́ла тебе за носа, а тоді безжалісно відхилила твоє перше кохання, ... [5, с. 201–218].

Словникова робота: Заткнути за пояс — перевершувати кого-небудь у чомусь. **Швидка, як вогонь на сухій соломі** — дуже спритна людина. **Як на цвіту прибитий** — хто-небудь недорозвинений, дурний від природи. **Пасти задніх** — відставати,

запізнюватися, бути позаду всіх, останнім, відставати або поступатися у чому-небудь. **Не ликом шиті** — про кого-небудь здібного, освіченого; такого, що уміє тримати себе де-небудь або розібратися в чомусь. **Обіцяти золоті гори** — знаджувати неймовірними обіцянками. **Діло в шляпі** — усе гаразд, як слід; все йде успішно. **Ведмідь на вухо наступив** — про тих, хто не має музичного слуху. **Не святі горшки ліплять** — при бажанні можна навчитися багато чого. **Дідька лисого** — вживається для позначення рішучого заперечення чогось; виражає незгоду з ким-небудь. **Подбивав клинці** — залицятися до кого-небудь. **Чекати в моря погоди** — даремно надіятися на кого-, що-небудь, чекати чогось, залишаючись пасивним. **Наче вітром здуло** — хтось або щось несподівано або безслідно зник чи зникло. **Що з воза впало, те пропало** — безповоротно. **Під лежачий камінь вода не тече** — той, хто нічого не робить, нічого й не здобуде. **Тримати язик за зубами** — мовчати, дотримувати таємниці. **Не вішай носа, двічі не вмирати, а раз — не минувати** — не журись, людина неминуче вмирає один раз. **Людина смерті в вічі дивиться** — не відчувати страху перед чим-небудь, не боятися чогось. **Водити за носа** — обдурювати кого-небудь, не виконуючи обіцяного або приховуючи щось.

Впізнайте героя за реплікою повісті Оксани Радушинської «Метелики в крижаних панцирах»:

«**Мокрий як хлюц, заскочений на гарячому, він безпорадно витріщився на неї, ніби побачив не дівчину, а дядька з автоматом**» [4, с. 252].

Мова йде про ...

А) Сашка; Б) Санька; В) Артема; Г) Стовпню.

«**Обдерли нас, як липку! Шукай вітра в полі! Навколо ж самі чужі!**» [4, с. 253]. Поскаржився ...

А) дядько Павло; Б) сусід; В) сільський голова.

«**— Отож така справа: за нашими сільськими вже давно виправна колонія плаче, а міський, як то кажуть, потрапив під негативний вплив**» [4, с. 254]. **Промовив...**

А) дільничий; Б) продавець з крамнички; В) Градовий.

«**— Але сісти доведеться, якщо ви зацікавлені з'ясувати, у яку халепу вскочив ваш син**» [4, с. 255].

Спокійно сказав...

А) поліціант; Б) Яринчин дядько; В) нічний свідок.

«**Припекло лізти в чужу хату... а чого ще ступив у сусідню кімнату — аби потрапитися на очі тій дівчині?**» [4, с. 256].

А) Артемові; Б) Санькові; В) Стовпні; Г) Сашкові.

«**Дарма що дільничий встав і тепер хоч-не-хоч височів над нею — вона примудрилася і в цій ситуації бути на висоті**» [4, с. 256].

Йдеться про ...

А) Яринку; Б) тітку дівчинки; В) Артемову маму.
«Його вона бачила вночі! Злодій! Хлопець зрозумів — вона впізнала. **Захотілося хоч крізь землю провалитися, аби не відчувати ганьби й приниження — тут, при всіх ...**» [4, с. 256].

Стояв похиливши голову...

А) Артема Кожедуб; Б) Стовпня; В) Градовий; Г) Сашко.

Назвіть риси, які мав головний герой твору В. Винниченка «Віють вітри, віють буйні». Проаналізуйте зміни в поведінці Гриня. Відповідь обґрунтуйте цитатами з тексту. Дайте письмове тлумачення виразу

«...він владика, **цар і бог** над речами й людьми, де слово та плач його — закон для мами, тата, Гаврика, Рябухи-Саньки, кішки Рудьки, собаки Жульки, для всіх стільців, скриньок, щіток, словом, усього, що там є внизу» [4, с. 202].

«А все ж таки **сьогодні цар і бог в її руках**. А все ж таки сьогодні він — покірний, плохенький, запобігливий перед нею. І їй хочеться натішитися з своєї влади ...». [4, с. 205].

Цар і Бог — хто-небудь, хто має необмежені права: все вирішує, за все відповідає, всім управляє і користується довір'ям та повагою.

Висновок. Отже, у даній роботі ми розкрили проблему формування культури читання засобами української фразеології. Розглянули методи підвищення рівня читацької компетентності, висвітлили умови щодо використання творчих завдань.

Дійшли висновку, що застосування нестандартних підходів, до викладання літератури в школі може стати одним із засобів мотиваційно-спонукального етапу в навчанні, що не тільки по-новому дозволить подавати навчальний матеріал, а й залишить більше місця для вироблення практичних умінь і навичок учнів, сприятиме їхній самостійності, креативності, розвитку критичного мислення.

З'ясували, що універсальних форм роботи як і методів не існує. Тож, щоб урок не був тягарем ні для вчителя, ні для учнів, його потрібно наповнювати різними емоційними й інтелектуальними компонентами. Це сформує не лише стійку читацьку увагу, а й посилений інтерес до навчання.

Література

1. Боряк О. В. Теорія і практика формування мовленнєвої діяльності дітей молодшого шкільного віку: дис. на здобуття наук. ступеня докт. пед. наук. К., 2019. 567 с.
2. Державний стандарт базової середньої освіти. URL: https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/76886/ (дата звернення: 01.04.2025).
3. Про освіту : Закон України від 2017 року № 2145-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 01.04.2025).
4. Література (українська та зарубіжна): підруч. інтегрованого курсу для 8 кл. закл. загальн. середн. освіти (у 2-х частинах): Частина 1 / Т. Яценко, В. Пахаренко, І. Тригуб, О. Слижук. Київ : Грамота, 2024. 272 с.
5. Література (українська та зарубіжна) : підруч. інтегрованого курсу для 8 кл. закл. загальн. середн. освіти (у 2-х частинах): Частина 2 / Т. Яценко, В. Пахаренко, І. Тригуб, О. Слижук. Київ : Грамота, 2024. 288 с.
6. Яценко Т. О. Методичні рекомендації щодо навчання української літератури в 7 класі закладів загальної середньої освіти у 2024/2025 навчальному році. 2024. 24 с.
7. Модельна навчальна програма «Українська література. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (керівник авторського колективу — Т. Яценко), що має гриф «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України» (наказ № 883 від 24.07.2023 р.). URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/736211/> (дата звернення: 01.04.2025).
8. PISA: читацька грамотність / уклад. Т. С. Вакуленко, С. В. Ломакович, В. М. Терещенко. К. : УЦОЯО, 2017. 123 с.

Четверіков Олександр Феодосійович

*Засновник Української Екстремології,
аспірант*

Інституту професійної освіти НАПН України

Chetverikov Oleksandr

Founder of Ukrainian Extremology,

Postgraduate of the

Institute of Professional Education of the NAES of Ukraine,

ORCID: 0009-0000-5794-9899

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10916

УКРАЇНСЬКА ЕКСТРЕМОЛОГІЯ: СТРУКТУРНІ КОМПОНЕНТИ «A.S.U.R.» У КОНТЕКСТІ КОМПЕТЕНТІСНОГО ПІДХОДУ

UKRAINIAN EXTREMOMOLOGY: STRUCTURAL COMPONENTS OF A.S.U.R. IN THE CONTEXT OF A COMPETENCY-BASED APPROACH

Анотація. У статті розглядається модель розвитку компоненти A.S.U.R. (awareness, skills, understanding, resilience) як основи формування ключових компетентностей особистості для дій в екстремальних ситуаціях у межах української екстремології. Проаналізовано та деталізовано чотири компоненти моделі: усвідомленість, навички, розуміння та стійкість, які визначають здатність особи орієнтуватися, адаптуватися та приймати ефективні рішення в умовах невизначеності та загроз. Запропоновано математичну модель оцінювання ефективності дій залежно від вагових коефіцієнтів компонентів A.S.U.R., що забезпечує системний підхід до підготовки та навчання. Особливу увагу приділено практичним аспектам впровадження моделі в освітній процес. Підкреслено значення концепції A.S.U.R. для підвищення рівня готовності суспільства до екстремальних викликів та кризових ситуацій.

Ключові слова: українська екстремологія, компетентність, усвідомленість, навички, розуміння, стійкість.

Summary. The article examines the model of development of the A.S.U.R. (awareness, skills, understanding, resilience) component as the basis for the formation of key competencies of an individual to act in extreme situations within the framework of Ukrainian extremology. The four components of the model are analysed and detailed: awareness, skills, understanding and resilience, which determine the ability of a person to navigate, adapt and make effective decisions in the face of uncertainty and threats. A mathematical model for evaluating the effectiveness of actions depending on the weighting of the A.S.U.R. components is proposed, which provides a systematic approach to training and education. Special attention is paid to the practical aspects of implementing the model in the educational process. The importance of the A.S.U.R. concept for increasing the level of society's preparedness for extreme challenges and crisis situations is emphasised.

Key words: Ukrainian extremology, competence, awareness, skills, understanding, resilience.

Вступ. Сучасний світ характеризується високим рівнем непередбачуваності, що вимагає від людини не лише гнучкості мислення, а й здатності швидко адаптуватися до екстремальних умов. Глобальні ризики, зокрема природні катастрофи, техногенні аварії, соціальні конфлікти, військові загрози та війна в Україні створюють нові виклики для безпеки людства. Тому потрібно розробляти нові ефективні підходи для формування готовності людини до

реагувань, які поєднують теоретичну підготовку, практичні навички та психологічну стійкість.

Українська екстремологія пропонує системний екстремоцентричний підхід до формування готовності особистості, основаної на моделі розвитку компоненти «A.S.U.R.» (awareness, skills, understanding, resilience), через інтегративну психофізичну підготовку та практичне моделювання екстремальних ситуацій. «A.S.U.R.» структурно відображає ключові

елементи підготовки особистості до нестандартних та екстремальних ситуацій, забезпечує основу для їх аналізу, прогнозування та реагування. Використання моделі «A.S.U.R.» сприяє не лише підвищенню готовності до дій у нестандартних та екстремальних ситуаціях, а й формуванню та вдосконаленню загальної психофізичної стійкості і здатність приймати результативні рішення. Особливу увагу приділено математичній моделі оцінки рівня підготовленості, що дозволяє об'єктивно вимірювати ефективність навчання. Також розглянуто можливість впровадження «A.S.U.R.» у систему професійної підготовки фахівців різних сфер діяльності.

Основний текст. Українська Екстремологія, сприяє розвитку впевненості та професійності в діяльності та діях особистості. Відображаючи основні цінності та підходи для розвитку людських здібностей та навичок, для ефективних дій в нестандартних та екстремальних ситуаціях.

Використовуючи модель розвитку компоненти «A.S.U.R.», розроблену в рамках української екстремології як концептуальну основу підготовки до екстремальних ситуацій.

Принципи

A (Awareness) — Усвідомленість

Усвідомленість здатність особистості «бути тут й зараз» та розпізнавати потенційні загрози, критично оцінювати ситуацію, раціонально підходити до рішень. Цей принцип підкреслює важливість цілеспрямованого сприйняття дійсності, рефлексії щодо зовнішніх та внутрішніх сигналів, активного аналізу потенційних небезпек та екстремальних ситуацій. Усвідомленість є основою для своєчасного реагування на ризики й загрози в екстремальних ситуаціях. Особистість повинна бути підготовлена та проінформована про можливі ризики, щоб ефективно на них реагувати.

Приклад, людина яка ознайомена та знає ознаки лавинної небезпеки в горах, має більше шансів зберегти своє життя та життя інших в горах, ніж той хто не знає про них. Тому формування усвідомленості щодо потенційної небезпеки є одним із ключових етапів в підготовці до нестандартних та екстремальних ситуацій.

S (Skills) — Навички

Навички це набір практичних умінь, необхідних для виживання та ефективних дій у небезпечних ситуаціях. Цей принцип звертає увагу на формування та розвиток практичних навичок, які можливо сформувані тільки з часом, та так необхідних для активних дій у напружених ситуаціях. Вони можуть включати фізичну підготовку, надання першої допомоги, навички спілкування, самозахисту, стрільби тощо. У різних ситуаціях важливо не лише мати знання, а й уміти швидко їх застосовувати. Тренування ще раз тренування та практичний досвід, мають ключове значення у підготовці особистості та командної взаємодії.

U (Understanding) — Розуміння

Розуміння, здатність аналізувати причини та наслідки екстремальних подій, а також приймати раціональні рішення. Цей принцип вказує на важливість розуміти причини та механізми виникнення екстремальних ситуацій. Людина повинна знати, які чинники можуть вплинути на небезпеку та як краще до неї підготуватися. Створивши для цього програму підготовки та виділивши час для практичних тренувань.

Приклад, якщо людина розуміє що паніка може погіршити ситуацію, під час пожежі, вона буде діяти раціонально в ситуації маючи досвід тренувань в імітаційних тренінгах. Розуміння проблематики ризиків та механізмів виникнення загроз дозволяє не тільки реагувати в небезпечний час, а й швидко приймати результативні рішення та запобігати небезпекам.

R (Resilience) — Стійкість

Стійкість включає психологічну, фізичну та соціальну адаптацію до нестандартних та екстремальних ситуацій. Цей принцип підкреслює важливість формування та розвитку стійкості та витривалості в небезпечних умовах. Людина повинна швидко адаптуватися до небезпечних обставин та далі продовжити ефективно діяти в них.

Приклад, поліцейські проходять додаткові психологічні та фізичні тренінги, які допомагають їм не втрачати контроль над собою під час проведення довготривалих спеціальних операцій.

«A.S.U.R.» модель розвитку структурних компонентів в українській екстремології, прописує ключові компетентності для ефективних дій в екстремальних ситуаціях. Усвідомленість, практичні уміння, глибоке розуміння причин та обставин, стійкість, вони ні є компетентностями у класичному розумінні, проте становлять функціональну основу їх реалізації. Модель допомагає структурувати підходи до підготовки та реагувань в екстремальних та небезпечних умовах, звертаючи увагу на важливість досягнення цілі.

Приклад: Таблиця відповідності компонентів «A.S.U.R.» компетентностям за логікою ЄКТС (Європейська система трансферу і накопичення кредитів) та професійним стандартам у сфері безпеки, оборони та управління ризиками.

Поняття «Функція» — основне поняття в математиці та інших науках, яке описує залежність однієї змінної від іншої. Функція може бути використана для моделювання реальних явищ, аналізу даних та розв'язання задач в різних науках і галузях.

Використання математичної моделі у вигляді функції в українській екстремології створює, універсальний підхід, дає можливість застосовувати модель для різних ситуацій. Кількісна оцінка це можливість працювати з конкретними параметрами підготовки, гнучкість допомагає підлаштувати значення конкретних компонентів. «Функція» створює

Таблиця 1

Компоненти «A.S.U.R.»	Змістовна характеристика	Відповідні компетентності за ЄКТС / профстандартами	Приклади результатів навчання
A (Awareness) / Усвідомленість	Здатність бути уважним до змін, розпізнавати загрози, діяти проактивно.	<i>Загальні компетентності:</i> «здатність до критичного мислення», «усвідомлення ризиків» <i>Професійні:</i> «розпізнавання ознак небезпеки», «прогнозування загроз»	<ul style="list-style-type: none"> Визначає ознаки критичної ситуації в динаміці Прогнозує розвиток подій з огляду на ризики
S (Skills) / Навички	Практичні вміння реагувати на події, застосовувати знання в дії.	<i>Професійні:</i> «здатність до дій в умовах загроз», «виконання протоколів реагування», «тактична підготовка»	<ul style="list-style-type: none"> Демонструє техніки надання домедичної допомоги Застосовує евакуаційні дії згідно з інструкціями
U (Understanding) / Розуміння	Здатність аналізувати причинно-наслідкові зв'язки, оцінювати ситуацію системно.	<i>Загальні:</i> «аналітичне мислення», «здатність приймати рішення» <i>Професійні:</i> «оцінювання ситуацій», «інтерпретація подій»	<ul style="list-style-type: none"> Аргументує вибір стратегії реагування Визначає джерело та динаміку загрози
R (Resilience) / Стійкість	Психологічна здатність зберігати функціональність під тиском та в стресі.	<i>Загальні:</i> «емоційний інтелект», «стресостійкість» <i>Професійні:</i> «здатність діяти в екстремальних умовах»	<ul style="list-style-type: none"> Продовжує ефективні дії під час тиску чи втрати комунікацій Регулює емоційні реакції в критичних ситуаціях

міцну основу методології української екстремології та описана таким чином: $F(A, S, U, R) = E$, де E (effectiveness), ефективність дій в екстремальній ситуації.

Таким чином, згідно з авторським підходом О. Четверікова, ефективність дій в екстремальній ситуації в українській екстремології, залежить від чотирьох складників: $E = f(A, S, U, R)$.

Розглянемо логічну структуру складників позначаючи буквами:

• *Усвідомленість (awareness):* $Y = f_1(I_o, I_v, Z)$
де I_o — об'єктивна інформація ззовні, I_v — внутрішні сигнали (емоції, стани тощо), Z — потенційні загрози;

• *Навички (skills):* $H = f_2(H_n, D, K)$
де H_n — набуті навички, D — досвід їх застосування, K — контекст застосування (реальний чи тренувальний);

• *Розуміння (understanding):* $P = f_3(C, A, M)$
де C — причини ситуації, A — аналіз наслідків, M — мотиваційна складова (усвідомлення цілей та цінностей, які впливають на розуміння);

• *Стійкість (resilience):* $C = f_4(\Pi, \Phi, C_n)$
де Π — психологічна стійкість, Φ — фізична витривалість, C_n — соціальна підтримка або ресурсне середовище.

Функція використовується для оцінки ефективності підготовки та ефективності дій в екстремальних ситуаціях, також для розробки навчальних програм, тренувань та контролю результатів в рамках української екстремології.

Практичне рішення через інтегральну формулу ефективності дій в екстремальній ситуації на основі моделі A.S.U.R у реальних умовах залежать

від різності типу ситуації, тому складники функції будуть мати різну «вагу». Наприклад під час бойових дій навички (S) та стійкість (R) будуть мати більший вплив на бійця, а ніж розуміння (R).

Отримаємо через тестування значення A.S.U.R. $\in [0,10]$. Нормалізуємо: ділимо на 10 $\rightarrow A, S, U, R \in [0,1]$.

Потрібно визначити «ваговий» коефіцієнт для кожного складника функції. Він забезпечує баланс компонентів та дозволяє адаптувати модель до специфіки кожного випадку. Виглядає таким чином k_1, k_2, k_3, k_4 — «вагові» коефіцієнти, що відображають пріоритетність кожного компонента залежно від типу ситуації бойова, техногенна, психологічна тощо. Умова $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$.

$E \in [0,1]$, означає, що ефективність дій (E) може набувати значень у межах від 0 до 1, тобто:

- $E = 0$ — повна неготовність, дуже низька ефективність дій у екстремальній ситуації.
- $E = 1$ — максимальна готовність, дії максимально ефективні, ідеальний рівень реагування.
- E між 0 і 1 — проміжні рівні готовності, які можна інтерпретувати як низький, середній або високий рівень.

Підставляємо до формули

$$E = k_1A + k_2S + k_3U + k_4R,$$

- E — інтегральна ефективність або рівень адаптивної готовності до дії;
- A (Awareness) — усвідомленість;
- S (Skills) — навички;
- U (Understanding) — розуміння;
- R (Resilience) — стійкість;
- k_1, k_2, k_3, k_4 — «вагові» коефіцієнти.

Практичне застосування «A.S.U.R.»

Практичне застосування «A.S.U.R.» у системі професійної підготовки рятувальників, військових, медичних працівників, поліцейських та інших фахівців, що працюють в умовах підвищеного ризику сприяє формуванню готовності до нестандартних та екстремальних ситуацій. Завдяки моделі розвитку компетентностей та іншим методам та моделям розроблених в українській екстремології, дозволяє сформувати та розробити ефективні навчальні програми. Які допомагають не лише опанувати необхідні знання та навички, а й розвинути психологічну стійкість, певність у власні сили та здатність приймати обґрунтовані рішення в напружених ситуаціях.

Важливість «A.S.U.R.» виходить за межі професійної підготовки, вона є корисною для кожної людини, незалежно від віку чи сфери діяльності. Сучасні виклики потребують від людини швидкої адаптації до змін, здатності швидко аналізувати ситуацію, приймати ефективні рішення та діяти в умовах невизначеності. Інтеграція цієї моделі в освіту, корпоративне навчання та повсякденне життя громадян сприятиме формуванню суспільства здатного ефективно реагувати на будь-які виклики, підвищення рівня розвитку особисті, колективної безпеки та громадянської компетентності українців.

Висновки. Модель розвитку структурних компонентів «A.S.U.R.» яка розроблена О. Четверіковим в рамках української екстремології, є робочою моделлю підготовки до нестандартних та екстремальних ситуацій.

Пропонована для використання математична модель для аналізу та синтезу, охоплює чотири ключові структурні компоненти: *усвідомленість, навички, розуміння та стійкість*. Розроблена математична модель дозволяє об'єктивно оцінювати ефективність підготовки та реагування людини на надзвичайні події. Вона також сприяє підвищенню рівня готовності людини та суспільства до можливих непередбачуваних викликів. Це досягається шляхом оцінки ефективності та обов'язково використовуючи досвід практичних дій.

Українська екстремологія рекомендує оптимальний підхід для підготовки особистості до дій в нестандартних та екстремальних ситуаціях. Формуючи професійне мислення, стійкість та впевненість у власні «сили». Інтеграція моделі розвитку компетентностей в освітні процеси й професійну підготовку, дозволить створити ефективну систему поведінки людини у непередбачуваних ситуаціях. Підвищуючи рівень безпеки як окремих осіб, так і суспільства в цілому, *формуючи громадянську компетентність для захисту незалежності України*.

Література

1. Васечко О.О., Четверіков О.Ф. Екстремологія: поведінковий та кількісний аспекти. *Статистика України*. 2020. № 1. С. 24–34.
2. Четверіков О.Ф., Мотузка О.М. Огляд теоретичних і практичних підходів до екстремології. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2020. № 9. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2020-9-6097>.
3. Четверіков О.Ф. Українська екстремологія: інноваційні підходи та соціокультурний контекст. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2025. № 1. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2025-1-10670>.
4. Четверіков О.Ф. Модель «AR-SA-PA-AA»: від теорії до практики в українській екстремології. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2025. № 2. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2025-2-10729>.
5. Четверіков О.Ф. Українська екстремологія: екстремоцентричний підхід та його роль в освіті. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2025. № 3. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2025-3-10760>.

UDC 536.24:533

ТЕХНИЧНІ НАУКИ

Fialko Nataliia

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of Department of
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Abduln Mikhailo

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine; Professor
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Godunov Daniil

second (Master's) Level higher Education
Student of the National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Klishch Andrii

Junior Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10873

THE STRUCTURE OF THE FLOW IN MICROJET BURNERS WITH VARIABLE AIR-EXCESS COEFFICIENTS

Summary. Numerical studies of the flow structure in stabilizer-type burners with three-row fuel supply are performed. The influence of the design and operating parameters of the fuel supply system on the flow pattern in burner devices is analyzed.

Key words: burner devices, CFD modeling, flame stabilizer, three-row fuel supply.

This article is devoted to the consideration of flow patterns in micro-flare burner devices with a three-row fuel gas supply. These devices are intended for operation at various values of the air excess coefficient. The creation of this promising modification of burners leads to the need for comprehensive studies of their working.

The final technological result of the burners work is largely determined by the laws of the flow in them. Therefore, special attention is required by the study of the aerodynamics of these burners. For the research the computer simulation method was used, which is becoming increasingly widespread for the study of such processes [1–20].

Computer modeling was carried out using the Fluent package. At the same time, due to the geometric symmetry of the fuel module and the symmetry of physical processes regarding the axis of the interstabilizer channel, the area corresponding to half the module was subject to consideration (Fig.1).

The simulation was performed using the following initial data: $B_{st} = 0.03$ m; $B_c = 0.075$ m; $L_c = 1.3$ m;

$L_0 = 0.1$ m; $L_{st} = 0.2$ m; $d = 2.5 \cdot 10^{-3}$ m. The distance L_1 between the stabilizer tear-off edge and the first, second and third rows of gas supply holes $L_1 = 10 \cdot 10^{-3}$ m; $20 \cdot 10^{-3}$ m; $30 \cdot 10^{-3}$ m; the coefficient of blockage of the channel flow area $k_f = 0.4$ ($k_f = B_{st}/B_c$); air velocity at the channel inlet $U_{in} = 10$ m/s; turbulence intensity Tu in the channel inlet section $Tu = 3\%$. Natural gas was used as a fuel, air as an oxidizer.

The proposed burner with a three-row jet fuel supply consists of separate modules. The necessary power of such devices is ensured by recruiting a certain number of modules. In a separate module, a flat flame stabilizer 2 is placed in the channel 1 (Fig. 1). Fuel gas is brought to the flame stabilizer through one of the three separate sections I, II, III. In the first section, the gas is supplied with an excess of air α equal to 1.1, in the second section at $\alpha = 1.3$ and in the third — at $\alpha = 1.5$. Each section corresponds to the system of round gas supply holes 3 located on the side surface of the stabilizer. Through these holes, fuel gas enters to the stream of the oxidizing agent directly for burning.

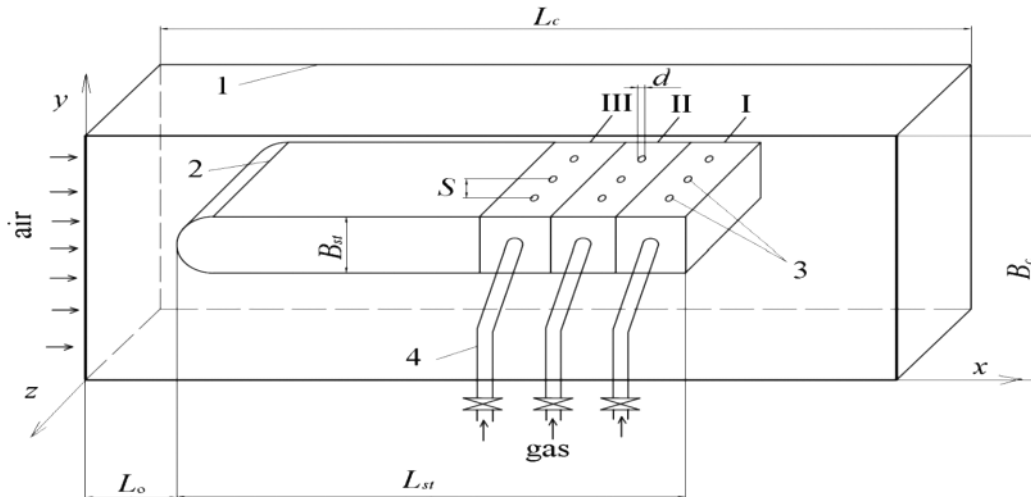


Fig. 1. Scheme of the module of the burner device of the stabilizer type with a three-row fuel gas supply:
1 — flat channel; 2 — flame stabilizer; 3 — gas supply holes; I, II, III — gas supply sections with different values of the relative pitch of the holes, corresponding to different values of the excess air coefficient

The task of the first stage of the research was to determine the rational design parameters of the fuel supply system of the proposed burners. This task was specified as follows. In area after the stern of the flame stabilizer, favorable conditions for mixture formation necessary for stabilizing the torch must be ensured. Such favorable conditions were considered to be those under which in the zone of reverse currents behind the flame stabilizer the average concentration of methane is equal to the average value between the upper and lower concentration limits of ignition.

During the research to determine the rational design parameters of the fuel supply system, the following results were obtained. The rational value of the relative pitch of the gas supply holes S/d increases with the increase of the fuel supply row number, and the diameter of these holes decreases. Thus, for $\alpha = 1.1$, the rational values of the diameter and relative pitch are $d = 4.3 \cdot 10^{-3}$ m and $S/d = 3.72$. For $\alpha = 1.3$, these are $d = 4.2 \cdot 10^{-3}$ m and $S/d = 3.81$; for $\alpha = 1.5$, these are $d = 4.1 \cdot 10^{-3}$ m and $S/d = 3.90$, respectively.

The obtained data allowed us to analyze the flow patterns in the proposed burner with rational geometric parameters of the fuel supply.

The results of CFD modeling conducted at the next stage of the research allowed us to identify the following patterns. The flow structure is qualitatively similar when fuel is supplied to different sections of the burner. In the area after the stern of the flame stabilizer, a vortex structure is formed, responsible for the stability of combustion. With distance from the end of the stabilizer, an acceleration of the flow is observed, caused by the expansion of the gas due to combustion. Downstream, the high-speed zone covers an increasingly large part of the channel cross-section. In this case, the maximum speeds in this zone increase downstream and are reached on the stabilizer axis.

The analysis of the flow pattern indicates the presence of certain quantitative differences in the fuel supply to different sections of the burner. The length of the reverse flow zone behind the stabilizer increases with the distance of the gas supply holes from the tear-off edge of the stabilizer. Thus, it is 70.2 mm, 73.0 mm and 103 mm for the first, second and third fuel supply sections, respectively. It is noteworthy that the difference in the values of the reverse flow zone length for the first and second fuel supply sections is insignificant. However the length of this zone for the third fuel supply section increases significantly.

With respect to the region located at some distance from the stabilizer end, where the flow acceleration occurs, its characteristics depend on the row number of the gas supply holes. Namely, the greater the row number, i.e. the farther the gas supply holes are located from the tear-off edge of the stabilizer, the lower the flow begins the specified acceleration. In this case, in a fixed cross-section of the flow, the highest speed corresponds to the first fuel supply section, and the lowest to the third. This circumstance for the flow speed on the stabilizer axis is illustrated in Fig. 2.

The nature of the specified speed on the stabilizer axis for different fuel supply sections also has its own characteristics. With an increase in the row number at a greater distance from the tear-off edge of the flame stabilizer, the speed values do not change.

At the same time, the differences in the values of this velocity for different fuel supply sections behind the reverse flow zone downstream first increase and then acquire an almost constant value.

Conclusion. For stabilizer-type burning devices with three -row fuel supply, focused on use at different values of the air excess coefficient, a complex of studies of the flow structure was carried out. The rational constructive parameters of the fuel supply system were

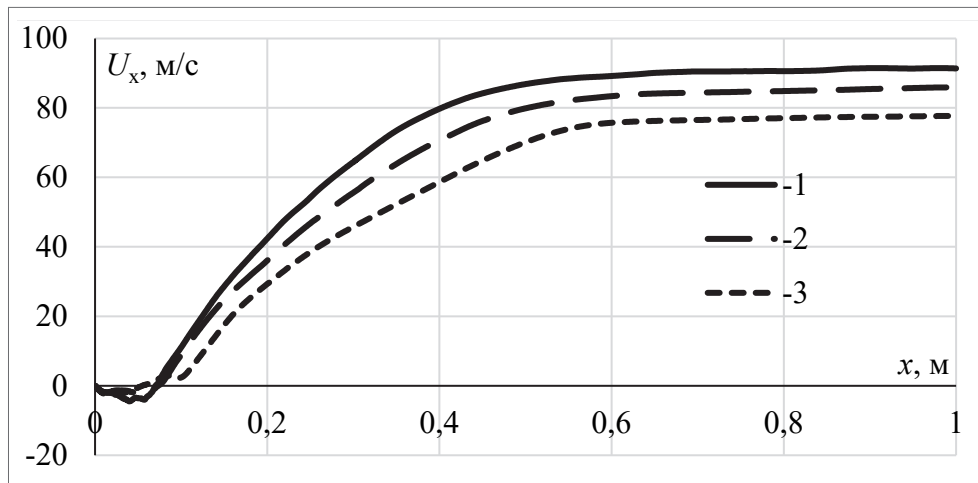


Fig. 2. Change of the speed U_x on the stabilizer axis passing through the axis of the gas supply holes for the reacting flows at: 1 – $\alpha = 1,1$; $L_1 = 40 \cdot 10^{-3}$ м, 2 – $\alpha = 1,3$; $L_1 = 50 \cdot 10^{-3}$ м, 3 – $\alpha = 1,5$; $L_1 = 60 \cdot 10^{-3}$ м

determined, in which in the area after the stern of the flame stabilizer the favorable conditions for the mixture necessary to stabilize the torch are ensured.

A comparative analysis of the characteristics of the current during the supply of fuel in different sections was carried out. It is shown that the structure of the

current is of a qualitatively similar nature for different rows of gas supply holes. However, there are certain quantitative differences. Namely, with the removal of fuel supply from the tear-off edge of the flame stabilizer, the length of the reverse flow zone behind the stabilizer increases, its acceleration begins.

References

1. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Кутняк О.М., Рокитко К.В., Малецька О.Є., Хміль Д.П., Сороковий Р.Я. Особливості аеродинаміки і змішування палива та окиснювача в пальниках з трирядною паливоподачею. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2023. № 10(144). С. 63–67. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-10-8968>.
2. Fialko N.M., Aleshko S.A., Rokitko K.V., Maletskaya O.E., Milko E.I., Kutnyak O.N., Olkhovskaya N.N., Regragui A., Donchak M.I., Evtushenko A.A. Regularities of mixture formation in the burners of the stabilizer type with one-sided fuel supply. *Технологические системы*. 2018. 3(38). С. 37–43. <https://doi.org/10.29010/084.3>.
3. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovskii Ju. V., Aleshko S.A., Meranova N.O., Yurchuk V.L., Hanzha M.V. Modeling of heat transfer processes in stabilizer burners with heat-resistant coatings. *The development of technical sciences: problems and solutions: Conference Proceedings*, April 27–28, 2018. Brno: Baltija Publishing. P. 189–192.
4. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Бутовський Л.С., Абдулін М.З., Полозенко Н.П., Клиш А.В., Стрижеус С.Н., Тимошенко А.Б. Интенсификация процессов переноса в горелочном устройстве с цилиндрическим стабилизатором пламени. *Наук. вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.5 С. 136–142. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_5/24.pdf (access date: 01.04.2025).
5. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Меранова Н.О., Рокитко К.В. CFD моделювання температурних режимів зони горіння пальників стабілізаторного типу з асиметричною подачею палива. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2019. т. 41. № 4. С. 13–18. <https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2019.2>.
6. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Майсон М.В., Абдулін. М.З., Хомук С.В., Єніна А.О., Новицький В.С., Тимошенко О.Б. Підвищення інтенсивності процесів переносу в циліндричному стабілізаторному пальнику шляхом застосування прямокутних кільцевих ніш. *Сборник трудов «Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики»*. Інститут промислової екології. К. : ИПЦ АЛКОН НАН України, 2014. С. 122–125.
7. Н.М. Фіалко, В.Г. Прокопов, Ю.В. Шеренковський, М.В. Майсон, Н.О. Меранова, Н.П. Полозенко, О.Б. Тимошенко, С.О. Альошко, М.З. Абдулін. Теплофізичні засади спалювання газу в мікрофакельних пальниках з циліндричними стабілізаторами полум'я. Інститут технічної теплофізики НАН України. Миколаїв : СПД Румянцева Г.В., 2021. 118 с.
8. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Меранова Н.О., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Кутняк О.Н. Влияние высоты пластинчатых турбулизаторов потока на характеристики течения в микрофакельных горелочных устройствах. *Енергетика і автоматика*. 2021. № 3. С. 51–61. <http://dx.doi.org/10.31548/energiya2021.03.051>.

9. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Малецька О.Е., Клищ А.В., Дашковская И.Л. Закономерности течения в микрофакельных горелочных устройствах с пластинчатыми турбулизаторами потока. *Международный научный журнал «Интернаука»*. 2021. № 9(109). С. 62–67. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-9-7407>.
10. Fialko N., Prokopov V., Sherenkovsky Yu., Meranova N. Alioshko S., Polozenko N., Maletska O., Rokytko K., Abdulin M. Basic principles of thermogasdynamics of microjet burner devices with asymmetric supply of fuel gas. *International Scientific Journal «Internauka»*. 2020. № 4 (84). P. 30–33. URL: <https://www.inter-nauka.com/issues/2020/4/5703> (access date: 01.04.2025).
11. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Рокитько К.В., Полозенко Н.П., Малецька О.Е. Юрчук В.Л. Влияние величины избытка воздуха на характеристики неизотермического течения микрофакельных горелок стабилизаторного типа. *Международный научный журнал «Интернаука»*. 2020. № 5(85). С. 55–60. URL: <https://www.inter-nauka.com/issues/2020/5/5803> (access date: 01.04.2025).
12. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О. Аеродинаміка і сумішоутворення в пальниках з багаторядною струменевою системою паливоподачі. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2023. № 2. С. 34–44. <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2023.4>.
13. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Полозенко Н.П., Чехаровська М.І., Дашковська І.Л., Хміль Д.П., Клищ А.В., Попружук І.О. Эффекты влияния номеру ряду струменевої подачі палива на характеристики течії і сумішоутворення в мікрофакельних пальникових пристроях. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2023. № 6(140). С. 65–70. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-6-8767>.
14. Фіалко Н.М., Меранова Н.О., Шеренковський Ю.В., Абдулін М.З., Альошко С.О., Рокитько К.В. Моделювання процесів горіння в мікрофакельних пальниках з асиметричним паливорозподілом, НАН України, Інститут технічної теплофізики, НАН України. Київ, Миколаїв : СПД Румянцева Г.В. 2023. 212 с.
15. Fialko N., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Aleshko S., Rokitko K. CFD modeling of microjet combustion processes with asymmetric fuel supply / Improvement of scientific approaches to the development of engineering: collective monograph / Babyak V. etc. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 2022. 562 p. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.4.6.1>.
16. Fialko N., Meranova N., Sherenkovskii Ju., Aleshko S., Prokopov V., Abdulin M., Babak V., Korzhyk V., Zhelykh V., Khaskin V. Establishment of regularities of isothermal flow and mixture formation in microjet burners with three-row jet fuel supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 6(8(120)). P. 65–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267891>.
17. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Малецька О.Е., Кутняк О.М., Бабак В.П., Щепетов В.В., Харченко С.Д. CFD моделювання температурних режимів пальникових пристроїв при використанні покриттів з різними теплопровідними властивостями. *Международный научный журнал «Интернаука»*. 2021. № 12(112). С. 25–30. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-12-7490>.
18. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Юрчук В.Л., Полозенко Н.П., Рокитько К.В., Дашковська І.Л., Ганжа М.В., Сороковий Р.Я. Особливості течії і теплообміну у внутрішній порожнині стабілізатора полум'я за наявності та відсутності ніш на його бічних поверхнях. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2021. № 16. С. 78–83. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-16-7654>.
19. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Юрчук В.Л., Полозенко Н.П., Малецька О.Е., Рокитько К.В., Ганжа М.В., Сороковий Р.Я. Тепловий стан стінок стабілізаторів полум'я з нішовими порожнинами. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2021. № 17. С. 35–41. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-17-7657>.
20. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Меранова Н.О., Рокитько К.В. Структура течії в пальникових пристроях з асиметричним паливорозподіленням для реагуючих потоків та ізотермічних умов. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2020. № 1. С. 19–26. <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2020.2>. URL: <http://ihe.nas.gov.ua/index.php/journal/article/view/376/312> (access date: 01.04.2025).

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of the Department
Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine*

Stepanova Alla

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine*

Shevchuk Svitlana

*Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine*

Sbrodova Galyna

*Candidate of Physic & Mathematic Sciences, Associate Professor,
Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Novakivskii Maksym

*Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10874

MINIMIZATION EXERGY LOSSES OF THE COMBINED HEAT RECOVERY SYSTEM OF BOILER PLANT

Summary. A complex heat recovery system designed to heat return heat-network water and boiler blown air was investigated using a comprehensive methodology based on exergy analysis methods and graph theory. The optimal parameters of the heat recovery system that provide the necessary reduction in the exhaust gases temperature with minimal exergy losses are determined.

Key words: exergy analysis, graph theory, exergy losses.

Relevance. Currently, Ukraine has a fairly high potential for implementing modern, efficient waste heat recovery technologies. Such technologies allow solving problems of saving fuel and energy resources in the field of industrial and municipal heat and power engineering and are now affecting more and more production facilities in the country. This necessitates the expansion of work aimed at improving the efficiency of heat recovery technologies and determines the importance and relevance of developments in this area.

Analysis of the latest research and publications. In Ukraine and the world, the exergy efficiency of plants is often assessed by the amount of exergy losses [1–9]. Thus, in work [1], exergy studies of individual components of a nuclear power plant

characterized by high exergy losses, were performed. The following works are devoted to the study of heat recovery technologies using complex exergy analysis methods [2–9]. These methods allow to increase the efficiency of heat recovery technologies of various power plants.

Purpose of the work and research tasks. The purpose of the work is to rationalize the parameters of heat exchangers in the combined heat recovery system of boiler plant to ensure the required values of technological and exergy parameters. The following tasks were set: — to analyze the possibility of applying a comprehensive methodology based on exergy analysis methods and graph theory to study exergy losses; to determine the optimal parameters of the

Table 1

Optimal parameters of heat recovery units

Heat recovery	Parameters	Optimal parameter values
Water heater	Fin height, <i>mm</i>	10,0 ÷ 11,0
	Fin thickness, <i>mm</i>	4,0 ÷ 6,0
	Interfin pitch, <i>mm</i>	3,0 ÷ 3,5
Contact air heater	Plate width, <i>mm</i>	1350 ÷ 1550
	Plate height, <i>mm</i>	1500 ÷ 2000
	Distance between plates, <i>mm</i>	5 ÷ 6

heat recovery system to ensure the necessary reduction in the heat-transfer agent temperature and the lowest exergy losses in the heat recovery system.

Materials and methods of research. Comprehensive studies of the combined heat recovery system of a boiler plant designed to heat return heat-network water and blown air were carried out. A complex research methodology developed on the basis of exergy analysis and graph theory was used.

Research results. Heating of several heat-transfer agents in a combined heat recovery system can provide an overall increase in the boiler plant efficiency by up to 12%. The choice of heat exchangers in a heat recovery system, their number and location in the system is determined by many factors, in particular the need to reduce the temperature of the heating heat-transfer agent to a given value by heating different heated heat-transfer agents. It seems advisable to ensure the lowest level of exergy losses in the heat recovery exchangers of the heat recovery system. The minimum level of exergy losses is possible when the heat recovery exchangers parameter values are closest to optimal. A comprehensive research methodology is proposed, developed on the basis of exergy analysis methods and graph theory. The exergy losses graph was considered using the graph theory methods. The set of vertices in the graph corresponds to the heating and heated flows. The many arcs correspond to the possible distribution of exergy losses in the respective elements of the heat recovery system. A gas heating boiler with a heating capacity of 2 MW was considered, equipped with a combined heat recovery system, which included a water-heating and air-heating heat recovery exchangers and a cooled gas heater (to prevent condensation in the exhaust gas duct) placed in series along the exhaust gas flow. The heating heat-transfer agent is the boiler exhaust gases, and the heated heat-transfer agents are the return heat-network water and blown air. The boiler's efficiency in nominal mode, calculated using the lower heat value of fuel, was 92%. The heat recovery system ensured a decrease in the exhaust gas temperature from 170–180 °C to 30–40 °C. Under

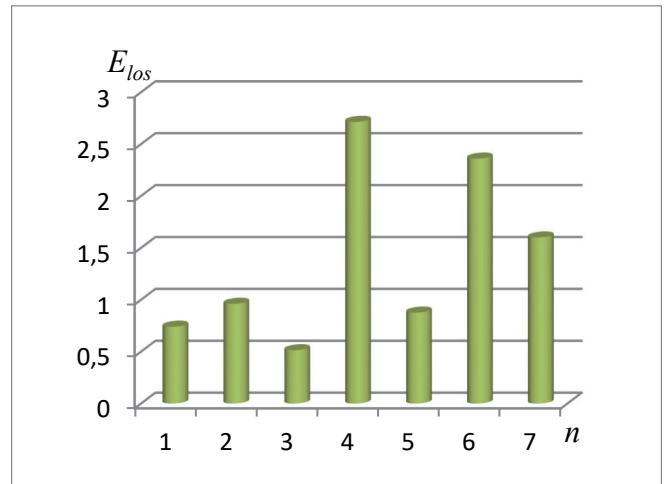


Fig. 1. Exergy losses E_{los} (kW) in the elements of the combined heat recovery system of the boiler plant: 1, 2 — water-heating and air-heating heat recovery exchangers; 3 — gas heater; 4 — smoke exhauster; 5 — fan; 6, 7 — pumps

the conditions of minimizing exergy losses, the optimal values of the geometric parameters of the water heater and air heater of the heat recovery system were calculated. In the case of optimal parameter values, the exergy losses in the system were maintained at a minimum and amounted to: for the water-heating recovery exchanger $E_{los} = 0.75$ kW, for the air-heating recovery exchanger — $E_{los} = 0.96$ kW (Table 1, Fig. 1).

Conclusions.

1. The possibility of using a comprehensive methodology based on the methods of exergy analysis and graph theory to study a combined heat recovery system designed to return heat-network water and boiler blown air is analyzed.

2. The optimal parameters of the heat recovery system were determined, ensuring the necessary reduction in the exhaust gas temperature with minimal exergy losses, which in the water-heating heat recovery exchanger were $E_{los} = 0.75$ kW, and in the air-heating heat recovery exchanger — $E_{los} = 0.96$ kW.

References

1. Yuan Yuan Jian, Shao Xiang Zhou. Exergy Analysis of Boiler Based on the Temperature Gradient. *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*. 2010. P. 11258018. P. 4. doi.org/10.1109/APPEEC.2010.5449523.
2. Terzi R., Tükenmez İ., Kurt E. Energy and exergy analyses of a VVER type nuclear power plant Energy and Exergy Analyses of a VVER Nuclear Power Plant. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2016. № 41. P. 1–12.
3. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Meranova N., Sherenkovskii J. Efficiency of the air heater in a heat recovery system at different thermophysical parameters and operational modes of the boiler. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 6/8 (96). P. 43–48. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.147526.
4. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Novakovsky M. Study of the efficiency of a combined heat utilization system using the graph theory methods. *International scientific journal "Internauka"*. 2019. № 15 (1). P. 61–63.
5. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Novakovsky M. Study of the efficiency of a combined heat utilization system using the graph theory methods. *International scientific journal "Internauka"*. 2019. № 15 (1). P. 61–63.
6. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Presich G. Localization of exergy losses in the air heater of the heat-recovery system under different boiler operating modes. *International scientific journal "Internauka"*. 2019. № 12 (74). P. 30–33.
7. Stepanova A. Efficiency analysis and optimization of the combined heat recovery system of the boiler plant. *Energy and automation*. 2016. № 1. P. 119–128.
8. Stepanova A. Optimization of parameters of the heat exchange surface of the contact plate air heater of the combined heat utilization system of the boiler installation. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2016. № 242. P. 170–178.
9. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Gnedash G., Shevchuk S. Complex methods for analysis of efficiency and optimization of heat-recovery system. *Scientific and innovation*. 2021. 17(4). P. 11–18. doi.org/10.15407/scine17.04.011.

Haina Vladyslav
Site Reliability Engineer
(Jacksonville, Florida, USA)

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10919

CLLOUD COST OPTIMIZATION STRATEGIES FOR LARGE-SCALE DATA PROCESSING

Summary. This article presents an in-depth analysis of comprehensive strategies for cost optimization in cloud infrastructures supporting large-scale data processing. The study explores contemporary approaches to resource management, the automation of processes, and the use of hybrid and multi-cloud architectures to achieve both economic efficiency and high system resilience. Special attention is given to the integration of advanced technologies – such as artificial intelligence and machine learning – for predictive analytics and optimized allocation of computing resources, as well as to DataOps methodologies for efficient data lifecycle management. The research methodology is based on a systematic literature review, which enabled the identification of key factors contributing to the reduction of operational expenses and the enhancement of performance in cloud-based solutions. The findings demonstrate that a holistic application of the outlined approaches can significantly lower costs and improve data processing efficiency, offering high practical value for organizations undergoing digital transformation. This work is intended for scholars and practitioners in the fields of cloud computing, strategic cost management, and IT infrastructure optimization, who seek a comprehensive theoretical and practical examination of modern cost-reduction techniques in large-scale data environments. The article presents both methodological insights and analytical conclusions that are relevant to researchers and professionals developing effective strategies for digital transformation in the corporate sector.

Key words: cloud computing, cost optimization, big data, hybrid cloud solutions, multi-cloud strategies, automation, DataOps, artificial intelligence, machine learning.

Introduction. The relevance of this topic stems from the growing shift of enterprise information systems toward cloud-based technologies. In today's environment, organizations face the increasing demand for large-scale data processing, which requires not only substantial computing power but also effective cost management of cloud infrastructure. A company's financial stability is directly tied to its ability to optimize cloud spending, especially in light of rapidly evolving business needs and the accelerating pace of technological advancement [1].

The body of literature addressing cost optimization in cloud computing for large-scale data processing demonstrates a multifaceted set of approaches, which can be broadly categorized into several thematic groups.

The first group focuses on comparative analyses of platforms and distributed architectures. For example, Shwe T. and Aritsugi M. [1] examine optimization opportunities within multi-tier computational models that include edge computing. Their study explores the trade-offs between distributed and centralized processing, highlighting the potential advantages of hybrid platforms in achieving scalability and reducing the costs of computational resources.

The second group centers on specific optimization techniques within the serverless computing paradigm. Liu X. et al. [2] propose a universal approach to

mitigating cold-start latency in Function-as-a-Service (FaaS) environments, emphasizing application-level time management. This method contributes to cost reduction by improving operational efficiency and demonstrates how performance analysis of particular cloud services can inform the development of tailored optimization algorithms that directly affect the economic performance of information systems.

A third category encompasses research focused on financial strategies and cost management in cloud infrastructures. Aydoğın M. and Batan A. [3] explore cost optimization methods for analytics tasks in public clouds, aiming to balance resource expenditures with computational performance. Bhardwaj P. [4] stresses the importance of integrating FinOps practices to structure and rationalize financial flows in cloud environments. In the same vein, Thummala V.R. and Singh P. [5] propose cloud migration strategies that address both cost reduction and regulatory compliance — reflecting the increasing relevance of compliance in modern IT ecosystems. Vadisetty R. [6] investigates how core financial factors influence the efficiency of large-scale data processing within cloud frameworks, linking technical decisions to the enterprise's broader financial landscape.

Finally, a set of studies aims to synthesize and analyze cloud resource optimization approaches more comprehensively. Nawrocki P. and Smendowski M. [7] offer

an integrative view, bringing together fragmented strategies into a unified analytical framework. Meanwhile, Hassan N.A. B. [8] focuses on managing data dependencies in complex data processing pipelines, identifying challenges in optimizing performance while preserving system integrity within cloud-based solutions.

Despite the evident diversity of approaches — from architectural comparisons and serverless optimization to financial management and pipeline orchestration — the literature reveals certain tensions. On one hand, some studies prioritize technical aspects of optimization, while others emphasize financial and organizational dimensions, creating a gap between innovation and managerial strategy. Although there is significant attention to latency reduction and resource efficiency, issues such as the integration of comprehensive migration strategies with compliance requirements and the management of complex dependencies in distributed data pipelines remain underexplored.

This disconnect highlights the need for further empirical research aimed at harmonizing the technical and financial facets of cost optimization in the context of continuously evolving cloud technologies.

The aim of this paper is to explore current strategies for cost optimization in cloud environments supporting large-scale data processing.

The novelty of the study lies in its development of a model that integrates hybrid and multi-cloud strategies with advanced AI/ML technologies for predictive resource allocation and optimization. This approach not only reduces operational costs but also improves the overall performance of data processing systems — offering a critical competitive edge for enterprises undergoing digital transformation. Additionally, the paper presents original recommendations for implementing cost optimization strategies in large-scale cloud infrastructures, based on direct practical experience. These include the design and successful migration of complex cloud environments and the optimization of a multi-cloud platform’s performance.

The central hypothesis proposes that the integrated application of automation tools, hybrid cloud architectures, and AI/ML-based predictive analytics within a unified management system can reduce operating expenses while ensuring high flexibility and adaptability of infrastructure for large-scale data processing.

The research methodology is based on a systematic review of contemporary literature in this domain.

1. Resource Management and Process Automation

Efficient resource management and process automation are foundational to cost optimization in cloud infrastructures designed for large-scale data processing. A central challenge in this context is achieving “right-sizing”—the precise allocation of computing resources to meet actual demand. Overprovisioning leads to unnecessary costs, whereas optimizing virtual machine configurations can reduce expenses [1]. Monitoring tools such as AWS Cost Explorer, GCP Billing Reports and Azure Cost Management provide granular insights into resource consumption, enabling the timely identification of inefficiencies.

Dynamic auto-scaling mechanisms further enhance resource efficiency by automatically adjusting the number of instances based on real-time workload fluctuations. This capability is particularly critical when processing volumes are unpredictable. Long-term pricing models like Reserved Instances and Savings Plans have proven effective for predictable workloads, offering considerable cost reductions [2].

A summary of key resource management techniques is presented below (Table 1).

The adoption of DevOps practices — particularly those built on Infrastructure as Code (IaC) and Continuous Integration/Continuous Deployment (CI/CD) — minimizes manual intervention, shortens deployment cycles, and improves responsiveness to shifting business demands [5]. Moreover, the integration of infrastructure monitoring and management solutions, along with third-party tools, ensures resource usage transparency and facilitates real-time configuration adjustments. Automation also extends to predictive analytics systems powered by machine learning, which enable proactive identification of peak loads and dynamic adaptation of resource allocation.

In sum, combining right-sizing practices with process automation is essential for achieving optimal efficiency in cloud operations. A systems-oriented strategy that integrates hybrid and multi-cloud architectures with automated DevOps workflows not only drives down costs but also enhances flexibility and resilience across cloud ecosystems.

Table 1

Comparative analysis of resource management methods

Method	Description	Benefits
Right-Sizing	Optimizing virtual machine configurations to match actual workload needs	Reduces overprovisioning, improves efficiency
Auto-Scaling	Automatically adjusts the number of instances based on workload changes	Fast adaptation, high scalability
Reserved Instances	Long-term contracts at fixed pricing for predictable usage	Cost stability, predictable spending
Savings Plans	Flexible pricing with fixed rates for resource usage	Flexibility in payment models

Source: adapted from [1]

2. Hybrid and Multi-Cloud Strategies

The implementation of hybrid and multi-cloud strategies has emerged as a critical direction in cost optimization for cloud infrastructures supporting large-scale data processing. By combining on-premises systems with public cloud resources, organizations can maintain control over sensitive data while flexibly offloading variable workloads to the cloud [4, 6]. This approach reduces the total cost of ownership (TCO) by optimizing resource allocation and enhancing infrastructure resilience.

Multi-cloud strategies — those that distribute workloads across multiple cloud providers — further reduce reliance on any single vendor. This diversification not only offers access to more competitive pricing models but also enables organizations to select the most suitable services for specific tasks [7]. When combined with hybrid architectures, multi-cloud approaches provide additional fault tolerance and allow dynamic redistribution of workloads during demand spikes — essential for ensuring system stability in high-volume data environments.

The integration of hybrid and multi-cloud models offers the following key advantages:

- **Flexibility and Adaptability:** Hybrid architectures enable organizations to retain mission-critical systems on-premises while leveraging cloud resources to handle fluctuating workloads. This facilitates rapid responses to changing business requirements.
- **Risk Management:** Storing sensitive data locally while processing less critical workloads in the cloud helps mitigate security risks and reduces dependence on a single provider.
- **Cost Efficiency:** By taking advantage of competitive pricing among cloud vendors, multi-cloud strategies enable significant cost savings, as supported by empirical evidence [2].

The table below summarizes the comparative features of hybrid and multi-cloud strategies:

In summary, hybrid and multi-cloud strategies represent a holistic approach that enables enterprises to tailor infrastructure to evolving business demands, optimize spending, and bolster system resilience.

3. Specifics of Integrating Modern Technologies for Cost Forecasting and Optimization

One of the key directions in this area is the use of AI/ML technologies for predictive analytics in cloud systems. Machine learning algorithms analyze historical data on resource consumption, identify patterns, and forecast future workload peaks, allowing infrastructure configurations to be adjusted in advance[2]. Moreover, AI/ML algorithms enable the detection of anomalies in resource usage, ensuring timely interventions and realignment of computing capacity.

An essential element of the modern approach is DataOps — a methodology focused on automating the data lifecycle. DataOps encompasses data flow management, archiving, and tiered storage strategies, which help optimize costs related to data storage and processing [8]. Moreover, integrating monitoring systems with artificial intelligence algorithms enables the creation of a unified data stream for analyzing resource usage. These integrated solutions ensure continuous monitoring, automatic detection of inefficiencies, and offer recommendations for resource redistribution, which further reduces costs and enhances overall infrastructure resilience [1; 2].

Below is Table 3, which summarizes the technologies used for forecasting and optimizing costs.

Thus, the integration of advanced technologies such as AI/ML and DataOps with modern monitoring systems forms the foundation for a proactive cost management model in cloud infrastructures. This approach not only enables significant savings through optimized resource distribution but also increases system flexibility and resilience, which is essential for maintaining competitiveness in large-scale data processing.

The following section presents authorial recommendations for implementing cloud cost optimization strategies for large-scale data processing, derived from direct experience. It is necessary to use adaptive demand forecasting algorithms which, through machine learning and analytical models, allow for accurate estimation of future compute and network requirements. This proactive approach helps eliminate overprovisioning and optimize the use of cloud services, which

Table 2

Comparative analysis of hybrid and multi-cloud strategies

Parameter	Hybrid Strategy	Multi-Cloud Strategy
Infrastructure Integration	Combines on-premises and cloud resources for critical and variable workloads	Distributes workloads across multiple cloud providers
Flexibility	Retains control over core systems while adapting to shifting business needs	Offers high flexibility and optimal cost-to-performance ratios
Risk Management	Enhances security by keeping sensitive data on-premises	Reduces vendor lock-in and mitigates the risk of inflated pricing
Cost Savings	Decreases TCO through workload distribution	Allows you to save resources due to supplier competition
Scalability & Resilience	Ensures fault tolerance for critical systems via local infrastructure	Increases resilience by distributing loads across multiple platforms

Source: adapted from [2; 6; 7]

Table 3

Comparative analysis of technologies for forecasting and optimizing costs [1; 2; 8]

Technology	Description	Advantages	Example of Use
AI/ML for Forecasting	Application of machine learning algorithms to analyze historical data and predict peak loads	Improved forecasting accuracy	Forecasting cloud resource utilization
DataOps	Automation of the data lifecycle, including archiving, tiering, and data flow management	Lower storage costs, enhanced data management	Data lifecycle optimization in Cloud Infrastructure
AI-Integrated Monitoring Systems	Integration of monitoring tools with AI to detect resource usage anomalies	Automatic inefficiency detection, real-time cost correction	Continuous monitoring and real-time optimization of resource allocation

is particularly critical in environments with rapidly fluctuating workloads.

The next step is the integration of automated scalability mechanisms that allow resources to be dynamically adjusted to match the evolving data processing infrastructure. Automation, implemented through auto-scaling policies, enables not only rapid response to workload peaks but also minimizes baseline expenses during periods of low activity. This, in turn, requires the deployment of real-time monitoring and cost analytics systems that utilize advanced visualization and analytical tools to support timely and well-informed decisions.

Equally important is the adoption of a multi-layered data management strategy, where distributed architecture and a microservices approach optimize the processes of data processing, storage, and transfer. This involves the use of specialized cloud services tailored to specific types of compute tasks, which helps significantly reduce operational expenses and increase overall system performance. At the same time, the comprehensive integration of services across hybrid and multi-cloud infrastructures provides the flexibility to select optimal operational models based on project specifics and business needs.

This systems-based approach, grounded in experience and research, enables not only the optimization of

current costs but also the development of a long-term strategy for sustainable growth and technological modernization in the context of a rapidly evolving digital landscape.

Conclusion. This article presents a comprehensive approach to cost optimization in cloud systems for large-scale data processing, based on the integration of resource management techniques, process automation, hybrid and multi-cloud strategies, and advanced forecasting technologies powered by AI/ML. The study confirms that efficient allocation of computing resources through right-sizing, automation via IaC and CI/CD, and the adoption of hybrid and multi-cloud architectures can lead to substantial reductions in operational costs. In addition, the integration of predictive analytics and DataOps methodologies enables proactive infrastructure management, enhancing resilience and adaptability under dynamic business demands.

The findings hold practical value for organizations seeking to improve the efficiency of cloud resource utilization in the context of large-scale data processing and digital transformation. Future research may focus on developing unified frameworks tailored to the specifics of different industries, as well as expanding experimental models to incorporate emerging technological trends such as edge computing and quantum computing.

References

1. Shwe T., Aritsugi M. Optimizing data processing: a comparative study of big data platforms in edge, fog, and cloud layers. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14 (1). 452 p.
2. Liu X. et al. Faaslight: General application-level cold-start latency optimization for function-as-a-service in serverless computing. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*. 2023. Vol. 32 (5). P. 1–29.
3. Aydoğan M., Batan A. Cost Optimization Strategies for Big Data Analytics in Public Cloud Infrastructures. *Applied Science, Engineering, and Technology Review: Innovations, Applications, and Directions*. 2024. Vol. 14 (10). P. 1–13.
4. Bhardwaj P. The Role of FinOps in Large-Scale Cloud Cost Optimization. 2024. Vol. 8 (1). P. 1–10.
5. Thummala V.R., Singh P. Developing Cloud Migration Strategies for Cost-Efficiency and Compliance. *International Journal of Multidisciplinary Innovation and Research Methodology*. 2024. P. 2960–2068.
6. Vadisetty R. Efficient large-scale data based on cloud framework using critical influences on financial landscape. *2024 International Conference on Intelligent Computing and Emerging Communication Technologies (ICEC)*. IEEE, 2024. P. 1–6.
7. Nawrocki P., Smendowski M. A Survey of Cloud Resource Consumption Optimization Methods. *Journal of Grid Computing*. 2025. Vol. 23 (1). 5 p.
8. Hassan N. A. B. Managing Data Dependencies in Cloud-Based Big Data Pipelines: Challenges, Solutions, and Performance Optimization Strategies. *Orient Journal of Emerging Paradigms in Artificial Intelligence and Autonomous Systems*. 2025. Vol. 15 (2). P. 20–28.

Perih Anastasiia*Full Stack Software Engineer at Northspyre
Jersey City, NJ, US*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10909

ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR IMPLEMENTING REAL-TIME APPLICATIONS IN THE DIGITAL ENVIRONMENT

Summary. This article explores architectural solutions and technological approaches for implementing real-time applications in the modern digital environment. The relevance of the topic is driven by the rapid growth of streaming data volumes and the need for their immediate processing, which requires a rethinking of traditional approaches and the application of new architectural models. The novelty of the research lies in the comprehensive analysis and systematization of various architectural solutions, such as microservices architecture, event-driven systems (EDA), reactive systems, edge computing, and the use of streaming platforms (Kafka, RabbitMQ). The paper describes the key requirements for real-time systems, including minimizing latency, fault tolerance, elasticity, and high throughput. The study examines widely used English-language sources from open access, including reviews, technical reports, and case studies from companies (Netflix, Amazon, banking systems, and trading platforms). Special attention is given to analyzing the advantages and disadvantages of each architectural approach, as well as practical recommendations for their implementation. The conclusion summarizes which combinations of architectural solutions are most effective for specific types of tasks. This article will be useful for architects, engineers, and specialists working with high-load real-time systems.

Key words: real-time applications, microservices architecture, event-driven architecture, stream processing, Kafka, reactive systems, edge computing, scalability, latency minimization, asynchronous processing.

Introduction. Traditional architectural approaches (such as monolithic servers with periodic batch processing of data) often do not meet the requirements of real-time processing. As a result, the industry has developed new architectural solutions and design patterns. These include microservices architecture, event-driven architecture, edge computing, the use of message queues and streaming platforms (Kafka, RabbitMQ, etc.), reactive systems, and others.

It is necessary to understand which architectural approaches and solutions enable the creation of applications capable of operating in real-time in a distributed digital environment (such as cloud and network conditions).

This article aims to:

- Analyze the main architectural patterns and technologies applicable to real-time systems;
- Review examples of real-world applications with specific latency requirements;
- Evaluate the advantages and limitations of various approaches (e.g., microservices vs monolithic in the context of real-time; cloud vs edge computing; use of asynchronous message exchange, etc.).

The relevance of this topic is driven by the rapid growth in data volumes and the demand for their immediate processing. According to a recent review, an

increasing number of organizations are complementing traditional batch architectures with streaming architectures to process data “on the fly” [7]. Real-time architecture has become a necessary condition for competitiveness in many fields — for example, financial companies invest in low-latency infrastructure, while online services invest in ensuring instant user experiences. Therefore, the question of how to correctly design the architecture of such systems is of significant interest both to the scientific community and to practicing architects.

Materials and Methods. For this review, English-language academic publications from open access [9] were used (e.g., the journal *Sensors* — architectures for IoT [6]). Specifically, the results of the following sources were applied: review articles on real-time stream processing and Big Data [1; 5] (e.g., DZone Refcardz 2023 [8]), industry reports [4] (such as the AWS technical blog on real-time analytics patterns [10]), as well as practical case studies described in the blogs of tech companies (Upsolver, Tinybird, etc.) [7; 11]. Significant attention was given to the Reactive Manifesto [2–3] and related materials, which define the principles for building high-load responsive systems.

The work was conducted as a systematic review of architectural solutions. A classification of the main

approaches was created, which formed the basis for the structure of the results.

Results. Before discussing the architectures, it is important to clarify what is meant by real-time applications in the context of the digital (mainly network and cloud) environment. Unlike strict real-time systems (such as flight control systems, where there are strict deadlines in microseconds), most web and business applications belong to the class of soft real-time systems — they aim to minimize processing delays to ensure high responsiveness but do not have absolute deadlines. For example, for a user-facing web service, an interactive response within ~100 milliseconds is perceived as instantaneous. For a real-time analytics system, receiving insights in seconds instead of minutes already provides a business advantage [7]. Therefore, the goal of the architecture is to minimize latency (time from event/request to response) and ensure high throughput (to handle the stream of events). The main requirements for real-time application architectures are:

- Minimizing delays at all stages (input, processing, output). High-performance communication is used, and long-blocking operations are avoided.
- Concurrency and parallelism. Often, many events need to be processed simultaneously, so the architecture must be scalable and support parallel processing (multithreading, distribution across nodes).
- Resilience. Real-time services must operate continuously. A failure of one component should not stop the entire system — failure isolation and quick recovery are necessary [3].
- Elasticity. The load may increase dramatically (a surge in events), so the architecture must scale easily (horizontally in the cloud or using reserves).
- Data sequence. In some real-time systems (e.g., financial systems), it is important to correctly order events. The architecture must either guarantee ordering or be able to work without strict consistency (which is simpler for performance but creates logic complexity) [8].

Considering these requirements, several architectural approaches have emerged in the industry.

Microservices Architecture and its Role in Real-Time

Microservices is an architectural style where an application consists of numerous small, independent services, each of which performs a well-defined function, and they interact with each other through clear interfaces (most commonly network APIs) [4]. This approach became popular thanks to companies like Netflix and Amazon, who were the first to scale their monolithic applications into a set of microservices for better manageability. However, in addition to organizational advantages (division of development across teams), microservices also provide technical benefits for real-time systems.

They allow hot components to be scaled independently. For instance, if the service responsible for processing incoming events becomes a bottleneck, it can be scaled up by running more instances without affecting other parts of the system. This corresponds to the requirement for elasticity — resources are added dynamically to meet load [3].

Microservices often communicate asynchronously (through message queues, brokers), which supports resilience and low coupling. Instead of synchronously calling another module and waiting for a response (which creates delay and the risk of cascading failures), a service can send a message and continue working. This message-driven communication is one of the principles of reactive systems [3]. It improves decoupling of components and allows the system to remain responsive even when partial issues occur.

In a microservices architecture, it is easier to apply specialized optimizations for individual services. For example, a service responsible for caching frequently requested data can operate in memory (in-memory store) for instant access, while another service can write to a reliable storage. The functional separation facilitates targeted optimization to meet real-time requirements for specific parts.

However, microservices also have drawbacks when applied to real-time systems.

A call from one microservice to another over the network can take milliseconds, whereas a function call within a monolith takes tens of nanoseconds. For systems that require ultra-low latency (such as algorithmic trading), microservices can introduce unacceptable delays due to network calls. A practical solution is to minimize the number of hops between services along the critical path. For example, the critical data flow is processed within 1–2 services, rather than being routed through a dozen.

In a distributed microservices environment, performing ACID transactions across services is challenging. As a result, systems often need to shift to eventual consistency (where data is eventually synchronized). This is acceptable for many real-time systems (e.g., in an analytics system, instant consistency is not required, and it is acceptable if the data is updated after a few seconds). However, for applications like stock exchanges, more complex mechanisms need to be implemented.

Real-time microservices can generate huge streams of logs and events. Tracking where the delay occurs is non-trivial. Distributed tracing systems and queue monitoring need to be implemented, which increases infrastructure complexity.

Nevertheless, the experience of large companies shows that the benefits of microservices outweigh the challenges when implemented correctly. For example, Netflix processes trillions of events per day using hundreds of microservices — this architecture has proven capable of servicing millions of users simultaneously

with minimal latency (video stream buffering, real-time recommendations, etc.).

Thus, microservices architecture supports real-time operations through scalability and component isolation but requires thoughtful interaction design (such as asynchronous messaging and caching) and significant engineering support (monitoring) to meet latency requirements. In practice, microservices are often combined with other approaches — such as event-driven integration through streaming platforms, which will be discussed further.

Event-Driven Architecture and Stream Processing

Event-driven architecture (EDA) is an architectural pattern in which the interaction between components is built around message-based events. Application components generate events (for example, “user clicked a button,” “sensor sent a new measurement,” “transaction completed”), and they respond to events received from other components, often through an intermediary — an event bus or message broker. In the context of real-time systems, EDA plays a central role because it allows information to be processed immediately upon the occurrence of an event, without waiting for scheduled requests. The main elements of EDA (see Table 1) are:

An example of event-driven architecture is a stock market data streaming analytics system: incoming stock quotes are published to a Kafka topic, from which several services read them concurrently — one calculates aggregates (e.g., moving averages), another checks trading strategies, and a third sends notifications about significant changes to clients. All these actions happen almost simultaneously with each new quote arrival, ensuring an “analyze-as-you-go” approach.

It is worth mentioning the Lambda and Kappa architectures — these are big data processing patterns (see Figure 1).

The Lambda architecture splits processing into two paths: the batch layer (long-term batch processing for precise final data) and the speed layer (real-time stream processing with approximate data). This is an attempt to combine accuracy with performance. However, this scheme is complex, leading to the emergence of a simplified version — the Kappa architecture, where only stream processing is used (everything is treated as a continuous stream of events). In real-time applications, the Kappa architecture is more commonly used, especially with the advent of powerful stream analytics engines (e.g., Flink, Spark Structured Streaming), which can deliver results in a matter of seconds or milliseconds, previously requiring minute-long batch processing [1].

Limitations of EDA. The primary challenge is the complexity of development. Data resynchronization, the lack of global transactionality (each service works with its portion of events), and the complexity of debugging event sequences can all be problematic. Furthermore, event-driven systems require thoughtful monitoring — it is important to track delays in queues and message “sticking”. Tools such as Kafka Streams or Flink ease some of these challenges by providing high-level APIs for event processing (such as counters, time windows, etc.).

In general, event-driven architectures are the cornerstone of real-time systems, allowing for a natural description of reactive behavior: “received an event — processed it immediately, triggered new events,” and so on. Many modern high-load systems are built around this paradigm.

Reactive Systems

The concept of Reactive Systems combines several principles, already discussed, into a unified

Table 1

Key Components and Advantages of Event-Driven Architecture (EDA)

Component / Advantage	Description
Message queues / event streams	Infrastructure for transferring events from sources to subscribers. Brokers such as Apache Kafka, RabbitMQ, AWS Kinesis, and Google Pub/Sub are used. These are optimized for high throughput and minimal latency. Kafka, in particular, handles millions of messages per second.
Event processors	Independent services (often microservices) that respond to specific events. Each processor executes its own logic, such as generating receipts, fraud detection, updating recommendations, etc. These services work concurrently with the same data.
Loose coupling of components	Components do not interact directly — interaction occurs through events. If an event processor is unavailable, events are stored in queues, ensuring the continuity of other parts of the system.
Asynchrony	No blocking in the processing flow: when specific event handlers are busy, the system continues to accept new events.
Horizontal scalability	As load increases, new handlers subscribed to the same events are added. Load distribution occurs automatically, and this approach is especially effective when handling telemetry streams and other large-scale streaming data.
Event ordering and retention	Brokers (especially Kafka) store events in logs, allowing for delayed reading. This enables replaying streams for debugging or reprocessing, such as when updating algorithms. Logging also helps mitigate temporary load spikes, preventing data loss.

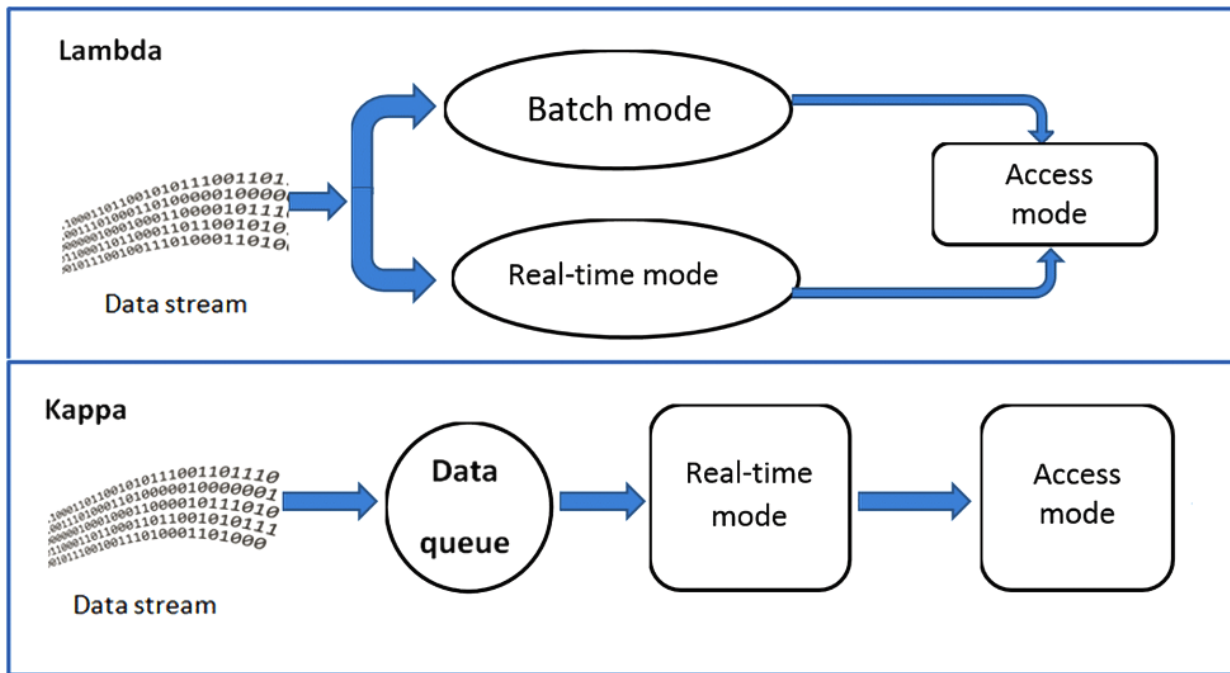


Fig. 1. Difference between Kappa and Lambda architectures [1]

development philosophy outlined in the Reactive Manifesto. According to this manifesto, a reactive system should be Responsive, Resilient, Elastic, and Message-Driven [2]. Essentially, this is a set of principles for building distributed real-time systems. The reactive approach emphasizes:

1. Asynchrony and non-blocking I/O. The use of tools like reactive programming libraries (RxJava, Reactor) enables writing code that does not block threads while waiting for results, instead using callbacks and completion events. This increases the number of concurrent operations without increasing the number of threads. For example, a web server on a reactive stack (Vert.x, Akka) can handle more requests on a single core than a traditional server with threads per request.

2. Component isolation and actors. A popular implementation of the reactive approach is the actor model, as seen in the Akka Toolkit. Actors are objects that communicate only by sending messages and process them sequentially, one at a time. This guarantees no concurrent conflicts within the actor, improving reliability. Actors can be easily distributed across nodes and support transparent recovery (Supervision strategies). This model greatly simplifies building fault-tolerant systems: if an actor fails, its parent restarts a new one without causing a global system crash. Many real-time telecom systems (e.g., WhatsApp, based on the Erlang/OTP actor model) have proven enormous scalability (millions of simultaneous connected users) with this architecture.

3. Back-pressure. Reactive systems include mechanisms to prevent overload: when a consumer cannot process events fast enough, it signals the source to reduce the rate. This is important to ensure that

the system doesn't get overwhelmed during a flood of events. In a reactive stack (e.g., Reactive Streams specification in Java), back-pressure is built-in — consumers request a specific number of elements from the source, no more.

An example of a reactive system is Netflix's request-processing system. They used RxJava to orchestrate multiple external calls (to recommendation services, ratings, and databases) while forming the user's homepage. The reactive code allowed the system to collect data asynchronously with minimal delay, and if any service was slow, the system didn't completely block, but could partially display the interface. Another example is multiplayer online games. In a multiplayer game, it is essential that player actions are sent to others almost instantly. A reactive architecture based on actors can implement "rooms" (game sessions) as actors that receive events from players, update the game state, and send events to all participants. This approach scales well to hundreds of thousands of rooms with minimal latency within each one.

Limitations of the Reactive Approach: It is relatively complex for developers used to sequential programming. Debugging asynchronous code is harder. Also, a strictly reactive approach (e.g., requiring everything to be done via messages) is not always justified for simple applications — it can unnecessarily complicate the system. Therefore, a hybrid approach is often chosen: critical paths are made reactive, while non-critical components can be implemented more simply.

In conclusion, reactive architectures are more of a set of principles and best practices that help build real-time systems that meet the requirements of reliability and scalability. In practice, their implementation

may be based on microservices and events, but with the use of reactive frameworks and tools that ensure non-blocking operations.

Distributed Processing at the Edge

The classical approach of sending all data to the cloud or a data center can lead to unacceptable delays, especially when data sources are far away or when instant reactions are required (e.g., equipment control). Edge computing is an architectural solution where part of the computation is moved as close as possible to the data source, to the “edge” of the network. These can be local servers within the same network as the sensors, or directly smart devices/gateways capable of performing computations. Edge architecture reduces network latency. For example, in an industrial facility, machine sensors are connected to a local edge server, and vibration analysis is performed on it in real-time. Only the results or significant events are sent to the cloud for long-term storage. If all the data were sent to the cloud, the transmission + processing delay could be more than what is acceptable for preventing an accident. In fact, researchers note that for time-critical IIoT (Industrial Internet of Things) applications, the use of edge components is a necessary condition; otherwise, even small network delays can lead to critical situations [6; 9].

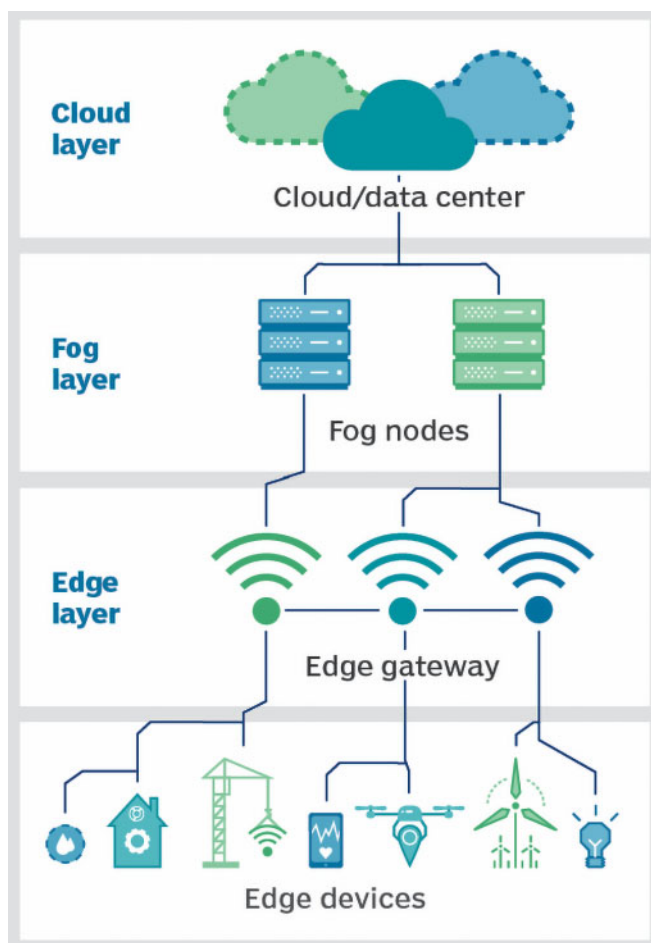


Fig. 2. Edge-to-Cloud Architecture Layers [5]

Architecturally, edge computing typically works in tandem with the cloud, forming a multi-tier architecture (see Figure 2).

In Figure 2, the data flows are indicated by arrows: most of the data is processed at the middle layer (closer to the source), and only a portion is transmitted to the cloud. This architecture reduces latency and unloads the main network channels (Image: Psenda38, CC0). Edge architecture is widely used in 5G/6G networks, where the concept of Multi-access Edge Computing (MEC) involves placing servers directly within the telecommunications operator’s infrastructure, near base stations. This allows, for example, streaming gaming services to place game servers closer to the player, achieving minimal ping. In 5G deployments, operators are collaborating with cloud companies to provide edge computing as a service.

Limitations of the Edge Approach: The need to deploy and maintain a large number of distributed nodes (which is more complex than simply keeping everything in one data center), potential security issues (since many nodes on the perimeter need protection), and the fact that edge often has limited computational resources (you can’t infinitely increase algorithm complexity on a small node). Therefore, the architectural solution typically is as follows: critical parts of the logic (such as pre-filtering, simple ML models for event detection) reside at the edge, while heavy processing (complex analytics, model training) is done in the cloud, where there are no resource limitations [6].

Examples of Architectures and Their Effectiveness

To link the discussed solutions with practice, let’s consider several examples of real-time applications and the architectural solutions applied (see Table 2).

These examples show that combining multiple approaches is common. Microservices and actors can be combined with event-driven connectivity; edge computing can work alongside cloud streaming. A real-time system architect must combine tools based on the best fit for the specific task’s requirements. A clear illustration of the value of real-time approaches is the “data value vs time” graph (Figure 3). It shows that immediately after generation, data holds the highest value for business (for example, knowing that a user is currently viewing a product is highly valuable for showing relevant ads), but over time, its value exponentially decreases [11]. Real-time architectures allow benefits to be extracted while the data is “hot.” This principle drives investments in the architectural solutions described.

The green curve shows that data is most valuable immediately after it is generated, and then the value of the information quickly declines. The area on the left (highlighted in blue) represents the time interval during which real-time analytics can extract maximum benefit, before the data “cools down.” Real-time

Table 2

Examples of real-time applications and the applied architectural solutions

Example	Requirement	Solution	Architecture / Technologies	Result
Fraud monitoring in a bank	Check each transaction for fraud in milliseconds before approval	Transaction stream via Kafka, parallel fraud checks by microservices using different rules	Event-driven pipeline, microservices, in-memory session store	<50 ms per transaction, fault tolerance
Social network / news platform	Immediate delivery of new posts to millions of subscribers	Fan-out events via queue, shard subscribers across servers	Pub-sub model, distributed queues (e.g., HDFS + Earlybird), load balancing	Delivery delay of hundreds of ms at high volumes
Cryptocurrency exchange	Process hundreds of thousands of requests per second with minimal delay	Actor model: one actor per trading instrument, order = message	Actors on a cluster, pub-sub via broker (e.g., NATS.io), in-memory processing	Sequence and execution speed (within ms)

Source: compiled by the author based on their own research

architectures are aimed at processing data during this critical early phase.

Conclusion. Architectural decisions are a key factor in the successful implementation of real-time applications. The conducted review allows for the following conclusions:

1. Asynchronous distributed architectures dominate in digital real-time systems. The microservices approach, combined with event-driven communications, has proven effective in ensuring low latency and high scalability. Such systems can remain responsive even under heavy loads due to parallel processing and component isolation.
2. Reactive principles (Responsive, Resilient, Elastic, Message-Driven) provide guidelines for design. In practice, this means: using queues and non-blocking I/O,

implementing fault tolerance mechanisms (replication, automatic service restart), horizontal scaling based on load, and service interactions through asynchronous messaging. Implementing these principles (e.g., the Akka actor model) enables the creation of systems that continue to function correctly despite node failures and can easily scale to handle increased event traffic.

3. Edge computing is an important component of real-time solutions when minimizing network latency or ensuring local autonomy is required. Offloading part of the computation to the edge of the network (at factories, devices, or 5G MEC nodes) significantly reduces response time for critical applications (industrial control, autopilots, etc.). This architectural solution is recommended when the “physics” of data transmission (light speed, network hops) becomes a limiting factor.

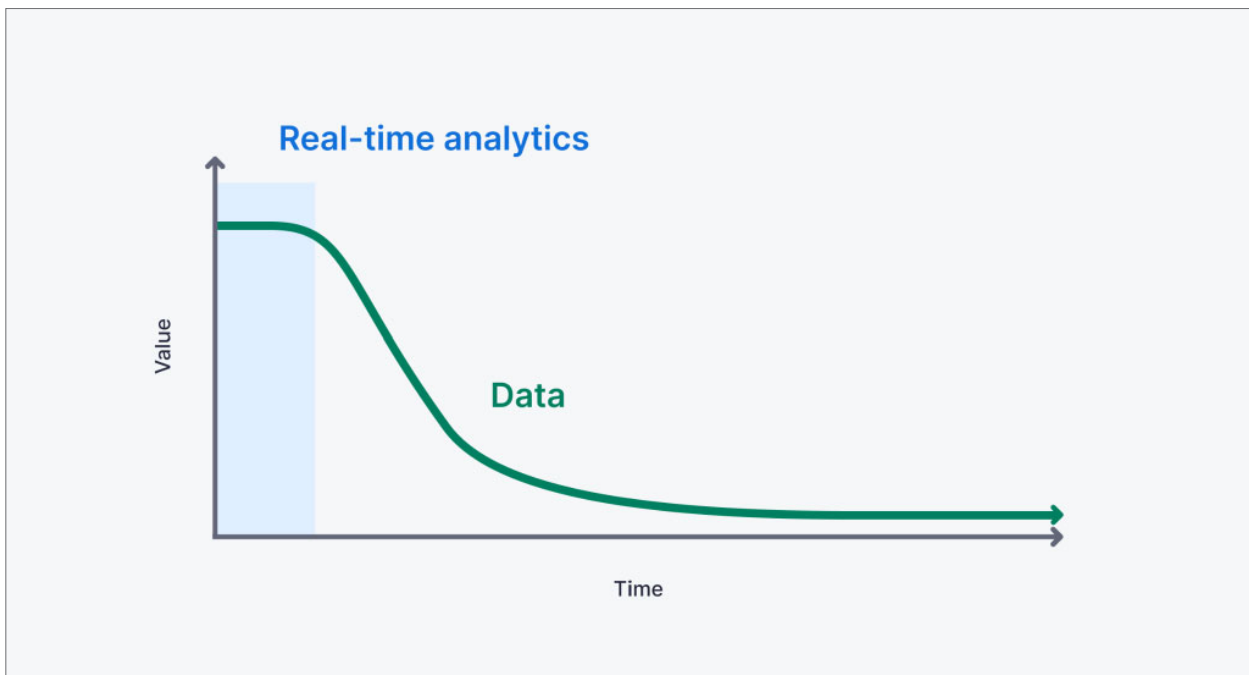


Fig. 3. Schematic representation of the decline in data value over time [11]

4. Compromises are inevitable. Distributed real-time systems must balance data consistency and availability (according to the CAP theorem). A practical takeaway for developers is to identify in advance where strict consistency can be sacrificed for performance. For example, caching data on different nodes may lead to discrepancies of a few milliseconds — is this acceptable? For most user applications, yes; for financial calculations, probably not. The architecture should account for these requirements.

Examples have shown the effectiveness of patterns. Thanks to event-driven architecture, financial systems can detect fraud within tens of milliseconds, while social networks can spread messages almost instantaneously around the world. This has resulted in a significant advantage: companies can make decisions and respond “on the freshest data,” improving service quality and gaining competitive advantages (e.g., a more personalized user experience based on current actions, not yesterday’s).

Practical recommendations: When designing a real-time application, one should: analyze the nature of the load (constant flow vs. event bursts) and choose an architecture capable of scaling dynamically (microservices + queue); identify components that are critical for latency — place them as close to the data source as possible and implement them with the fastest technologies (e.g., C++ service on the edge); use ready-made high-performance solutions: distributed streaming platforms (Kafka, Pulsar) for event exchange, in-memory data grids (Redis, Hazelcast) for caching hot data, asynchronous web servers for the frontend; integrate monitoring and back-pressure from the start. Without this, there is a risk that the system will only perform well up to a certain load threshold and then enter a degradation mode. A well-designed architecture ensures smooth degradation (disabling secondary features) instead of a crash.

References

1. Bobulski, Janusz & Kubanek, Mariusz. (2020). Big Data System for Medical Images Analysis. DOI: 10.20944/preprints202005.0274.v1.
2. Aceto, Luca & Attard, Duncan Paul & Francalanza, Adrian & Ingólfssdóttir, Anna. (2024). Runtime Instrumentation for Reactive Components (Extended Version). DOI: 10.48550/arXiv.2406.19904.
3. Amazon Web Services. Reactive Systems on AWS. — 2025. — URL: <https://docs.aws.amazon.com/pdfs/whitepapers/latest/reactive-systems-on-aws/reactive-systems-on-aws.pdf> (accessed: 07.04.2025)
4. Bhattacharjee, S. Microservices architecture and design: A complete overview. 2024. URL: <https://vfunction.com/blog/microservices-architecture-guide/> (accessed: 07.04.2025).
5. Bigelow, S. J. What is edge computing? Everything you need to know. 2021. URL: <https://www.techtarget.com/search-datacenter/definition/edge-computing> (accessed: 07.04.2025).
6. El Akhdar, A. et al. Exploring the Potential of Microservices in Internet of Things: A Systematic Review of Security and Prospects. *Sensors*. 2024. Vol. 24, no. 20. Article 6771. DOI: 10.3390/s24206771.
7. Franklin, J. Building a Real-Time Architecture: 8 Key Considerations. URL: <https://www.upsolver.com/blog/building-a-real-time-architecture-8-key-considerations> (date of access: 07.04.2025).
8. Garcia, M. Real-Time Data Architecture Patterns. URL: <https://dzone.com/refcardz/real-time-data-architecture-patterns> (date of access: 07.04.2025).
9. Kiangala, S., Wang, Z. An Effective Communication Prototype for Time-Critical IIoT Manufacturing Factories Using Zero-Loss Redundancy Protocols, Time-Sensitive Networking, and Edge-Computing in an Industry 4.0 Environment. *Processes*. 2021. Vol. 9, no. 11. Article 2084. DOI: 10.3390/pr9112084.
10. Sodabathina, R., Ly, B., Zuo, H., Radhakrishnan, S. Architectural patterns for real-time analytics using Amazon Kinesis Data Streams, part 1. 2024. URL: <https://aws.amazon.com/ru/blogs/big-data/architectural-patterns-for-real-time-analytics-using-amazon-kinesis-data-streams-part-1/> (date of access: 07.04.2025).
11. Tinybird team. Real-time streaming data architectures that scale. 2023. URL: <https://www.tinybird.co/blog-posts/real-time-streaming-data-architectures-that-scale> (accessed: 07.04.2025).

УДК 354:328.185

Кучер Денис Андрійович

*студент ОР Магістр кафедри комп'ютерної інженерії
факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем
Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

Kucher Denys

*Master's Degree at the Computer Engineering Department,
Faculty of Radio physics, Electronics and Computer Systems
Taras Shevchenko National University of Kyiv*

ORCID: 0009-0007-9126-7323

Слюсар Євген Андрійович

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії
факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем,
лауреат Премії Президента України для молодих вчених
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Sliusar Ievgen

*PhD in Engineering,
Associate Professor of the Computer Engineering Department,
Faculty of Radio physics, Electronics and Computer Systems,
Laureat of the President's Award for Young Scientists*

Taras Shevchenko National University of Kyiv

ORCID: 0000-0002-1905-3810

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10945

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ
ОБЧИСЛЕНЬ НА РОБОЧИХ ВУЗЛАХ
ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ КЛАСТЕРІВ**

**RESEARCH ON THE IMPACT OF THE APPLICATION
OF VIRTUALIZATION TECHNOLOGIES ON
THE PRODUCTIVITY OF COMPUTATIONS ON
WORKER NODES OF COMPUTING CLUSTERS**

Анотація. У роботі представлено комплексне дослідження впливу технологій віртуалізації, контейнеризації та оркестрації на продуктивність обчислень на робочих вузлах обчислювальних кластерів. В умовах зростаючих потреб у високопродуктивних обчисленнях для наукових та бізнес-застосувань актуальним залишається питання оптимального вибору інфраструктурних технологій, які забезпечують балансу між гнучкістю управління ресурсами та збереженням максимальної обчислювальної потужності. Дослідження зосереджується на порівняльному аналізі чотирьох популярних відкритих рішень: OpenStack як представника технологій повної віртуалізації, Nomad як представника контейнерних технологій, OpenNebula як альтернативного рішення віртуалізації та OpenShift як платформи оркестрації контейнерів на базі Kubernetes. Розглядається їхній вплив на продуктивність у порівнянні з базовою конфігурацією без віртуалізації (Baremetal) з метою визначення кількісних показників зниження продуктивності для кожної з технологій. Методологічною основою дослідження є розроблений автором комплексний підхід до тестування, що включає оцінку ключових аспектів продуктивності обчислювальних систем. Для оцінки обчислювальної потужності використовуються спеціалізовані бенчмарки NERscore та Linpack HPL, які є визнаними стандартами в галузі високопродуктивних обчислень. Для забезпечення достовірності результатів усі тести виконуються на ідентичному апаратному забезпеченні з однаковою

операційною системою. Особлива увага в роботі приділяється аналізу результатів з точки зору практичного застосування досліджуваних технологій у різних сценаріях використання. На основі отриманих даних формуються рекомендації щодо вибору оптимальних технологій для різних типів високопродуктивних обчислювальних кластерів залежно від їхніх специфічних вимог та пріоритетів. Дослідження має значну практичну цінність для наукових установ та комерційних організацій, які планують розгортання власних хмарних інфраструктур для високопродуктивних обчислень, допомагаючи їм приймати обґрунтовані рішення щодо вибору технологій з урахуванням компромісів між гнучкістю управління ресурсами та максимальною обчислювальною продуктивністю.

Ключові слова: високопродуктивні обчислення, віртуалізація, контейнеризація, оркестрація, обчислювальні кластери, OpenStack, Nomad, OpenNebula, OpenShift, HEPscore, Linpack, FIO, Iperf3, порівняльний аналіз, продуктивність обчислень, дискова підсистема, мережеві характеристики, приватні хмарні інфраструктури.

Summary. The paper presents comprehensive research on the impact of virtualization, containerization, and orchestration technologies on computing performance on workstations of computing clusters. In the context of growing needs for high-performance computing for scientific and business applications, the issue of optimal choice of infrastructure technologies that provide a balance between resource management flexibility and maintaining maximum computing power remains relevant. The research focuses on a comparative analysis of four popular open solutions: OpenStack as a representative of full virtualization technologies, Nomad as a representative of container technologies, OpenNebula as an alternative virtualization solution, and OpenShift as a container orchestration platform based on Kubernetes. Their impact on performance is considered in comparison with the basic configuration without virtualization (Baremetal) to determine quantitative indicators of performance reduction for each of the technologies. The methodological basis of the study is a comprehensive testing approach developed by the author, which includes an assessment of key aspects of computing system performance. To assess computing power, specialized benchmarks HEPscore and Linpack HPL are used, which are recognized standards in the field of high-performance computing. To ensure the reliability of the results, all tests are performed on identical hardware with the same operating system. Particular attention is paid to the analysis of the results from the point of view of the practical application of the technologies studied in various usage scenarios. Based on the data obtained, recommendations are formed on the selection of optimal technologies for different types of high-performance computing clusters, depending on their specific requirements and priorities. The study has significant practical value for scientific institutions and commercial organizations that plan to deploy their own cloud infrastructures for high-performance computing, helping them make informed decisions on the choice of technologies, considering the trade-offs between resource management flexibility and maximum computing performance.

Key words: high-performance computing, virtualization, containerization, orchestration, computing clusters, OpenStack, Nomad, OpenNebula, OpenShift, HEPscore, Linpack, FIO, Iperf3, comparative analysis, computing performance, disk subsystem, network characteristics, private cloud infrastructures.

Постановка проблеми. В умовах сучасних обчислювальних потреб науки та бізнесу вибір кращої інфраструктури для високопродуктивних обчислень стає критичним фактором забезпечення швидкості та ефективності досліджень та операційної діяльності. Хмарні технології, віртуалізація та контейнеризація пропонують різноманітні можливості для організації обчислювальних середовищ, проте їхній вплив на продуктивність залишається недостатньо висвітленим у науковій літературі.

Зростання потреб у високопродуктивних обчисленнях вимагає переведення комп'ютерних систем на управління ресурсами через платформи оркестрації контейнеризації та віртуалізації. Попри активне використання технологій OpenStack, OpenShift, Nomad і OpenNebula у хмарних середовищах, відсутні комплексні дослідження, які б порівнювали їх вплив на продуктивність та формували розуміння наближених показників зменшення продуктивності для кожної з цих систем.

Особливо важливим є питання визначення компромісів між гнучкістю інфраструктури та її впливу на обчислювальну потужність при використанні різних підходів до управління обчислювальними

ресурсами — від повної віртуалізації до контейнеризації. Такий аналіз дозволить науковцям та інженерам робити обґрунтований вибір інфраструктурних рішень, враховуючи їхні специфічні потреби та пріоритети у високопродуктивних обчисленнях.

Для вирішення цієї проблеми необхідно провести комплексне тестування ключових аспектів продуктивності системи при використанні різних технологій віртуалізації та контейнеризації. Це вимагає розробки методики порівняльного аналізу, що дозволить оцінити вплив хмарних платформ та застосувань на обчислювальну потужність, ефективність дискової підсистеми та мережеві характеристики кожного рішення для отримання повної картини їх впливу на роботу обчислювальної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливі аспекти роботи хмарних технологій та платформ віртуалізації детально розглядаються в документації провідних розробників таких рішень. Зокрема, основні принципи функціонування та розгортання OpenStack представлені на офіційному сайті проекту [1] та у фундаментальній роботі Pepple K. [2], яка залишається актуальним посібником з архітектури цієї платформи. Аналогічно,

документація HashiCorp [3] детально висвітлює особливості налаштування та використання Nomad як технології оркестрації контейнерів. Функціональні можливості OpenNebula як інструменту управління хмарною інфраструктурою докладно описані на офіційному ресурсі [4], а документація Red Hat Developers [5] представляє повний огляд архітектурних особливостей OpenShift та її переваг у порівнянні з базовими рішеннями Kubernetes. Проте в цих джерелах недостатньо висвітлені питання кількісного впливу даних технологій на продуктивність обчислювальних систем. У контексті оцінювання продуктивності високопродуктивних обчислювальних систем важливими є роботи Giordano D. та співавторів [6], які розробили і описали бенчмарк NEPscore, спеціально призначений для оцінки обчислювальних систем, що використовуються у фізиці високих енергій. Для загальної оцінки обчислювальної потужності широко використовується Linpack HPL, детально описаний у роботі Petitet A. та співавторів [7], який став індустріальним стандартом для порівняння високопродуктивних систем. Методики вимірювання мережевої продуктивності в хмарних середовищах докладно висвітлені в дослідженні Phanekham D., Zaber M. і Nair S. [8], де автори представляють PerfKit Benchmark як інструмент для комплексної оцінки мережевих характеристик. Для оцінки продуктивності операцій введення-виведення Korn D. G. і Vo K.-P. [9] пропонують методологію та інструментарій, який дозволяє вимірювати ефективність дискової підсистеми.

Незважаючи на значний обсяг досліджень у галузі хмарних технологій, віртуалізації та контейнеризації, комплексний порівняльний аналіз впливу різних технологій на продуктивність обчислювальних систем залишається недостатньо висвітленим у науковій літературі. Відсутні системні дослідження, які б кількісно оцінювали вплив на продуктивність використання різних технологій та формували рекомендації щодо їх ефективного застосування в контексті високопродуктивних обчислень.

Мета статті — дослідження впливу різних технологій та засобів віртуалізації на продуктивність роботи та оцінка застосовності згаданих технологій у високопродуктивних обчислювальних кластерах.

Виклад основного матеріалу. За результатами проведеного тестування кожної технології бенчмарками NEP-score в кількості 20 разів та Linpack HPL по 50 разів, було сформовано таблиці, наповнені значеннями отриманих характеристик кожного тесту. З даних результатів тестів було обчислено середні значення, що представлені надалі в роботі у вигляді порівняльних діаграм. У кожній діаграмі при порівнянні та аналізі даних виконуються проміжні висновки для загострення уваги читача на критично важливих аспектах дослідження.

Для забезпечення об'єктивності та всебічності оцінки впливу різних технологій віртуалізації на

продуктивність обчислювальних систем було використано комплексний підхід до тестування:

Середовище тестування:

- Всі тести проводились на ідентичному апаратному забезпеченні.
- Використовувалась операційна система Ubuntu LTS 24.04.02.
- Конфігурація всіх платформ здійснювалась за рекомендованими параметрами виробників.
- Для кожної технології було запущено по 2 контейнера або віртуальних середовища що працювали під час всіх тестів в залежності від можливостей технології для створення більш реальних умов використання.

Система тестування та метрики обчислювальної продуктивності в даній роюоті представлені у вигляді тестів продуктивності та їх показників. NEP-score — галузевий стандарт для оцінки високоенергетичних фізичних обчислень. Linpack HPL — класичний бенчмарк для оцінки FLOPS (операцій з плаваючою комою за секунду) що одночасно надає і час виконання і показники результатів тесту що є залежними один від одного.

Задля проведення аналізу даних відбувається створення за отриманими даними графіків-діаграм представлених у вигляді рисунків, що наявно демонструють різницю у впливі на продуктивність різних технологій.

Представлена діаграма «nep-score23» на Рис. 1 ілюструє порівняльний аналіз обчислювальної продуктивності різних технологій віртуалізації та контейнеризації з використанням спеціалізованого бенчмарка NEPscore, який розроблений для оцінки високопродуктивних обчислень.

На діаграмі використано формат «box plot» (ящик з вусами), який показує:

- Медіанне значення (горизонтальна лінія всередині прямокутника).
- Міжквартильний розмах (висота прямокутника)
- Мінімальні та максимальні значення (вуса).
- Окремі викиди (точки поза вусами, якщо такі є)

Порівняння платформ:

Varemetal (синій) — ~120 — балів це базова конфігурація без віртуалізації, та контейнеризації яка слугує еталоном для порівняння. Дана технологія демонструє найвищу продуктивність серед усіх тестованих середовищ. Нативна система має невеликий розкид результатів, що свідчить про стабільність вимірювань.

Nomad (жовтий) — ~119 балів, показує результат у 99% від базової продуктивності (втрата всього 1%) Ця технологія має дуже подібний розкид значень до Varemetal чим підтверджує високу ефективність технології контейнеризації Nomad для високопродуктивних обчислювальних та кластерних систем.

Openshift (помаранчевий) — ~109 балів, демонструє продуктивність на рівні 91% від Varemetal та має дещо більший розкид значень порівняно

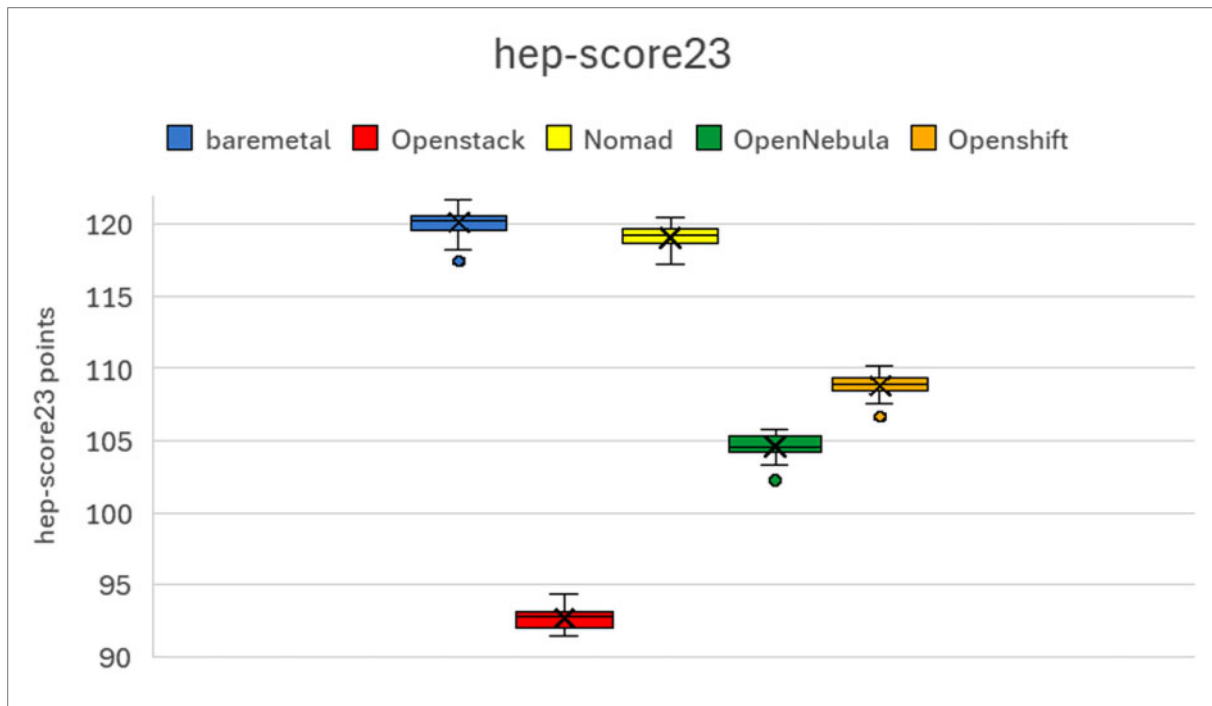


Рис. 1. Ілюстрація діаграми «ящик з вусами» порівняння показників отриманих в результаті роботи тесту Hep-score

з Varmetal і Nomad. Як платформа контейнеризації/оркестрації показує помірне зниження продуктивності.

OpenNebula (зелений) — ~105 балів — забезпечує 87% продуктивності від базової системи та має помітно більший розкид результатів, що свідчить про меншу стабільність роботи та вимірювань. Як технологія віртуалізації показує кращі результати, ніж Openstack.

Openstack (червоний) — ~93 бали, найнижча продуктивність серед усіх тестованих технологій 77% від Varmetal, тобто втрата продуктивності обчислень та робіт що залежать від роботи процесора становить близько 23%. Openstack демонструє стабільний розкид результатів, але з найнижчим середнім значенням.

Контейнерні технології (Nomad, Openshift) забезпечують суттєво вищу продуктивність порівняно з технологіями повної віртуалізації (OpenNebula, Openstack) для високопродуктивних обчислень.

Nomad як технологія показує особливо хороший результат порівняно з іншими платформами, який практично не має втрат продуктивності обчислень, що залежать від роботи процесора, порівняно з нативною системою, що робить його привабливим вибором для НРС-навантажень.

Діаграма чітко демонструє градацію зниження продуктивності від нативної системи через контейнерні рішення до рішень з повною віртуалізацією.

Для організацій, де критичним є збереження максимальної обчислювальної потужності, рекомендованими рішеннями будуть Varmetal або Nomad, тоді як інші технології варто розглядати

лише у випадках, коли їхні додаткові функціональні можливості перебивають втрати в продуктивності.

Представлена діаграма зображена на Рис. 2 відображає результати тестування продуктивності різних технологій віртуалізації та контейнеризації за допомогою бенчмарка Linpack HPL, який вимірює обчислювальну потужність у GFLOPS (гігафлопс — мільярди операцій з плаваючою комою за секунду).

Varmetal (синій) — ~170 GFLOPS, базова або нативна система без віртуалізації демонструє найвищу продуктивність. Має дуже малий розкид результатів, що свідчить про стабільно високу продуктивність. Служить еталоном (100%) для порівняння з іншими технологіями.

Nomad (жовтий) — ~166 GFLOPS, показує продуктивність на рівні 98% від базової системи, та має один викид зі зниженою продуктивністю близько 155 GFLOPS. В цілому демонструє мінімальні втрати продуктивності порівняно з нативною системою. Підтверджує високу ефективність контейнеризації Nomad для інтенсивних обчислень та результати аналізу і висновки з нього щодо Рис. 1.

Openshift (помаранчевий) — ~138–140 GFLOPS. Забезпечує близько 82% продуктивності від Varmetal. Має помірний розкид результатів. Як платформа контейнеризації/оркестрації займає середню позицію за продуктивністю.

OpenNebula (зелений) — ~130–135 GFLOPS демонструє приблизно 77% продуктивності порівняно з базовою системою та має досить широкий розкид результатів вимірювань продуктивності (від ~118 до ~145 GFLOPS) Показує відносно високу

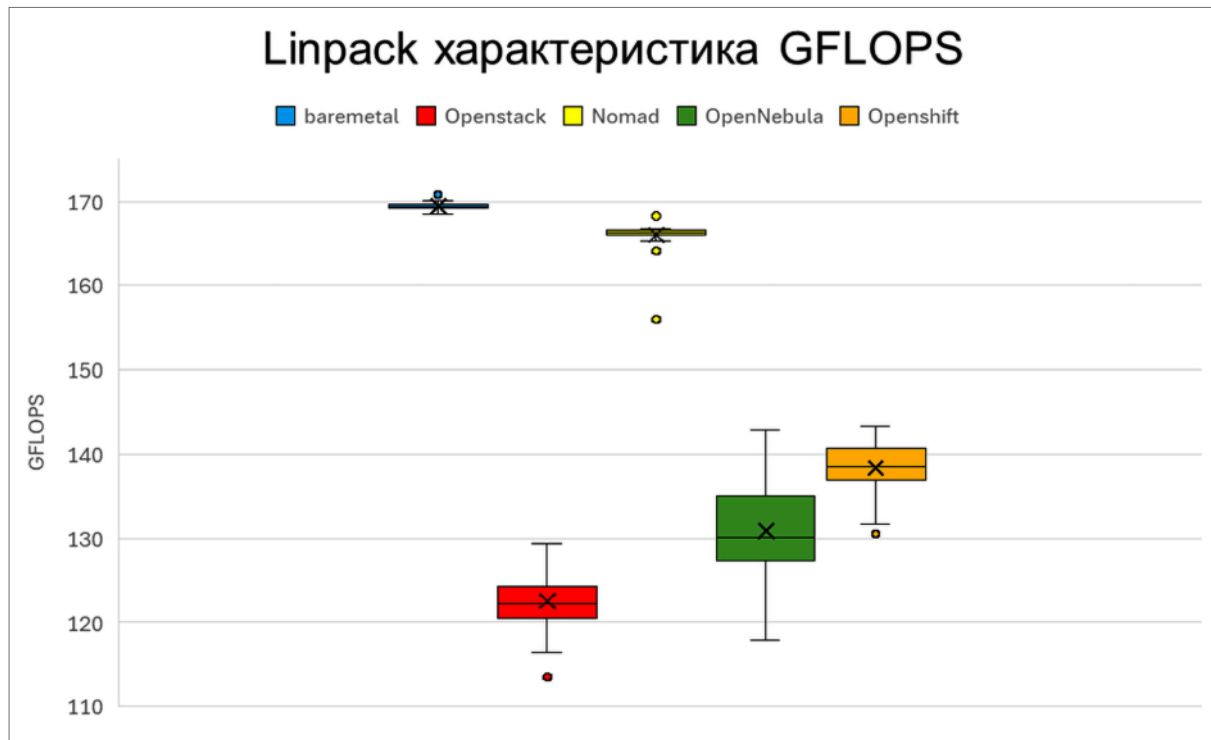


Рис. 2. Ілюстрація діаграми «ящик з вусами» порівняння показників GFLOPS отриманих в результаті роботи тесту LINPACK HPL

варіативність продуктивності, що не можна віднести до хороших сторін даної технології.

Openstack (червоний) — ~122–123 GFLOPS має найнижчу продуктивність серед усіх тестованих технологій, показує лише 72% продуктивності від базової системи має один найнижчий викид близько 113 GFLOPS та загалом демонструє суттєві втрати продуктивності для математично операцій пов'язаних з залученням обчислювальної потужності процесору та оперативної пам'яті.

Градація продуктивності:

Baremetal > Nomad > Openshift > OpenNebula > Openstack.

Це підтверджує закономірність, що технології контейнеризації (Nomad, Openshift) забезпечують кращу продуктивність, ніж рішення з повною віртуалізацією (OpenNebula, Openstack).

Порівняння з HEP-score: результати Linpack підтверджують висновки, отримані при тестуванні HEP-score. В обох тестах Nomad показує мінімальне зниження продуктивності порівняно з нативною системою. Openstack стабільно демонструє найнижчу продуктивність в обох бенчмарках.

Особливості для математичних обчислень: Linpack тестує саме математично інтенсивні операції з плаваючою комою. Результати свідчать, що для високопродуктивних математичних обчислень віртуалізація має більш негативний вплив, ніж контейнеризація. Втрати продуктивності досягають 28% для Openstack, що може бути критичним для HPC-систем.

Практичні рекомендації: для математично інтенсивних обчислень найкраще використовувати Baremetal або Nomad. Якщо потрібні додаткові можливості оркестрації, Openshift є розумним компромісом. Технології повної віртуалізації варто використовувати лише тоді, коли їхні переваги в потребах або управлінні інфраструктурою перебивають суттєві втрати в обчислювальній потужності.

Представлена діаграма що на Рис. 3 показує результати вимірювання часу виконання тесту Linpack на різних платформах віртуалізації та контейнеризації. Оскільки йдеться про час виконання, менше значення є кращим або ж швидшим.

Baremetal (синій) — ~31.5 секунд. Базова або ж нативна система без віртуалізації демонструє найшвидше виконання та має мінімальний розкид результатів, що свідчить про стабільність продуктивності. Знову слугує еталоном (100%) для порівняння.

Nomad (жовтий) — ~32 секунди, показує час, дуже близький до базової системи ~98% продуктивності. Має один викид з погіршеною продуктивністю близько 34 секунд. Підтверджує мінімальні втрати швидкості при використанні контейнеризації Nomad.

Openshift (помаранчевий) — ~38–39 секунд, забезпечує близько 82% продуктивності від Baremetal. Має помірний розкид результатів явно більший за попередні технології. Займає третє місце за швидкістю серед тестованих технологій.

OpenNebula (зелений) — ~40–41 секунда. Демонструє приблизно 77% продуктивності порівняно з базовою системою. Має ширший розкид результатів від

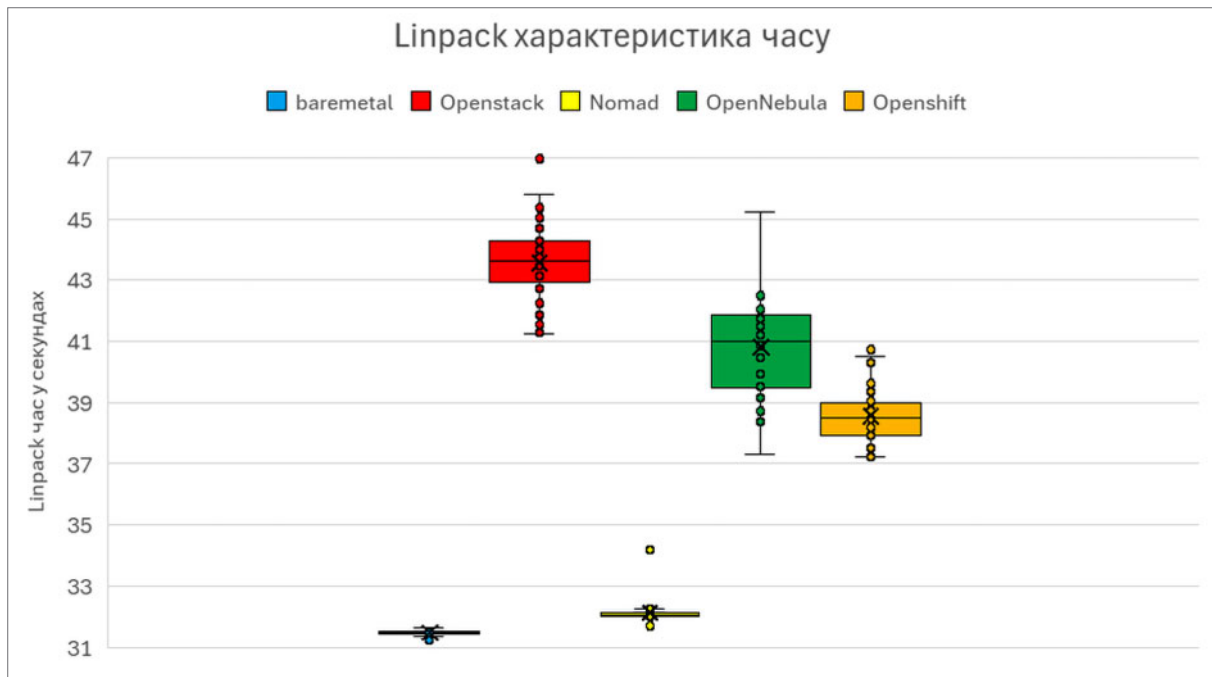


Рис. 3. Ілюстрація діаграми «ящик з вусами» порівняння показників часу отриманих в результаті роботи тесту LINPACK HPL

~37 до ~45 секунд. Це може вказувати на більше споживання ресурсів, або вплив на продуктивність роботи процесора та пам'яті безпосередньо. Показує помітне сповільнення порівняно з Baremetal і Nomad.

Openstack (червоний) — ~43–44 секунди. За результатами має Найповільніше виконання серед усіх тестованих технологій. Забезпечує лише 72% продуктивності від базової системи. Має кілька викидів до 47 секунд та в цілому демонструє найбільше збільшення часу виконання серед усіх технологій.

Рекомендації щодо вибору технології. Тож хорошим найкраще в порівнянні впливу на продуктивність роботи комп'ютерної системи показала себе технологія Nomad. Вона забезпечує найкращий баланс між продуктивністю та функціональністю, демонструючи 98–99% продуктивності нативної системи. Ця технологія контейнеризації є найбільш ефективним рішенням для високопродуктивних обчислень, зберігаючи майже повну обчислювальну потужність базової системи з перевагами ізоляції та портативності середовищ.

Openshift пропонує збалансоване рішення для організацій, які потребують розширених можливостей оркестрації, забезпечуючи 82–91% базової продуктивності. Ця платформа добре підходить для корпоративних середовищ, які цінують DevOps-інтеграцію, автоматизоване масштабування та комплексний моніторинг поряд з достатньою обчислювальною потужністю. Openshift є досі хорошим вибором серед оглянутих технологій.

OpenNebula з продуктивністю 77–87% від базового рівня є прийнятним рішенням для організацій з різноманітною інфраструктурою. Ця технологія

пропонує гнучку підтримку різних гіпервізорів і типів віртуалізації, що робить її відповідним вибором для середовищ, які потребують універсальності керування ресурсами більше, ніж максимальної продуктивності. OpenNebula має більший вплив на продуктивність роботи обчислювальної системи, тож є прийнятним вибором, якщо рішення про використання віртуалізації є усвідомленим або необхідним.

OpenStack демонструє найбільші втрати продуктивності (до 28%) і не рекомендується для високопродуктивних обчислювальних кластерів, якщо пріоритетом є обчислювальна потужність. Використання цієї технології виправдане лише за наявності попередніх значних інвестицій або коли уніфікація інфраструктури є важливішою за продуктивність.

Вибір технології має враховувати специфічні потреби конкретної організації, але загальна рекомендація полягає у використанні контейнерних технологій (Nomad, Openshift) замість повної віртуалізації для високопродуктивних обчислювальних середовищ

Висновки. На основі проведеного дослідження впливу різних технологій віртуалізації, контейнеризації та оркестрації на продуктивність обчислень у високопродуктивних кластерах можна зробити такі висновки:

Технології контейнеризації продемонстрували значно менші втрати продуктивності порівняно з технологіями повної віртуалізації. Зокрема, Nomad показав продуктивність, яка у більшості тестів майже не відрізнялася від нативної системи (baremetal), а в деяких випадках навіть перевершувала її.

Результати тестів HEPscore та Linpack підтвердили, що зниження продуктивності обчислювальної

потужності становлять: для Nomad — лише 1–2%, для OpenShift — 9–18%, для OpenNebula — 13–23%, для OpenStack — 23–28%. Це дозволяє рекомендувати Nomad як найкраще рішення для високопродуктивних обчислювальних задач.

Для різних типів НРС-навантажень можна рекомендувати: для чистих обчислень — baremetal, Nomad, OpenNebula або OpenShift; для робочих навантажень з інтенсивним використанням дискової підсистеми — Nomad; для мережових навантажень — будь-яку з тестованих технологій, окрім OpenStack.

Вибір технології віртуалізації/контейнеризації повинен враховувати не лише продуктивність, але й функціональні вимоги: якщо пріоритетом є продуктивність — найкращим вибором буде Nomad; якщо важлива розширена функціональність оркестрації — OpenShift; якщо потрібна підтримка різних гіпервізорів — OpenNebula.

OpenStack показав найнижчу продуктивність у майже всіх тестах, тому його використання для високопродуктивних обчислень рекомендоване лише у випадках, коли управління інфраструктурою є пріоритетнішим за обчислювальну потужність.

Література

1. *OpenStack: офіційний сайт*. 2025. URL: <https://www.openstack.org/> (дата звернення: 15.04.2025).
2. Pepple K. *Deploying OpenStack*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.
3. Nomad Installation: документація. *HashiCorp*. 2025. URL: <https://developer.hashicorp.com/nomad/install> (дата звернення: 15.04.2025).
4. *OpenNebula: офіційний сайт*. 2025. URL: <https://openebula.io/> (дата звернення: 15.04.2025).
5. OpenShift Overview: документація. *Red Hat Developers*. 2025. URL: <https://developers.redhat.com/products/openshift/overview#kubernetesclusterservices5937> (дата звернення: 15.04.2025).
6. Giordano D., Barbet J.-M., Boccali T., Borge G.M., Hollowell Ch., Innocente V., Lampl W., Michelotto M., Meinhard H., Ondris L., Sciabà A., Schnepf M.J., Sobie R.J., Southwick D., Sullivan T.S., Valassi A., Wenzel S., Willis J.L., Yan X. HEP Score: Новий бенчмарк процесора для WLCG. EPJ Web of Conferences 295, 07024 (2024). URL: https://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/abs/2024/05/epjconf_chep2024_07024/epjconf_chep2024_07024.html (дата звернення: 15.04.2025).
7. Petitet A., Whaley R. C., Dongarra J., Cleary A. HPL — A Portable Implementation of the High-Performance Linpack Benchmark for Distributed-Memory Computers. URL: <https://www.netlib.org/benchmark/hpl/> (дата звернення: 15.04.2025).
8. Phanekham D., Zaber M., Nair S. Measuring Cloud Network Performance with PerfKit Benchmark. URL: https://services.google.com/fh/files/misc/measuring_cloud_network_performance_with_perfkit_new.pdf (дата звернення: 15.04.2025).
9. Korn D. G. SFIO: Safe/Fast String/File IO / David G. Korn, Kiem-Phong Vo. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=8014266693afda38a0a177a9b434fedce98eb7de> (дата звернення: 15.04.2025).

References

1. OpenStack. (2025). Retrieved from <https://www.openstack.org/>.
2. Pepple, K. (2011). *Deploying OpenStack*. Sebastopol: O'Reilly Media.
3. HashiCorp. (2025). Nomad Installation: dokumentatsiia [Nomad Installation: documentation]. developer.hashicorp.com. Retrieved from <https://developer.hashicorp.com/nomad/install>.
4. OpenNebula. (2025). opennebula.io. Retrieved from <https://openebula.io/>.
5. Red Hat Developers. (2025). OpenShift Overview: dokumentatsiia [OpenShift Overview: documentation]. developers.redhat.com. Retrieved from <https://developers.redhat.com/products/openshift/overview#kubernetesclusterservices5937>.
6. Giordano, D., Barbet, J.-M., Boccali, T., Menéndez Borge, G., Hollowell, C., Innocente, V., Lampl, W., Michelotto, M., Meinhard, H., Ondris, L., Sciabà, A., Schnepf, M. J., Sobie, R. J., Southwick, D., Sullivan, T. S., Valassi, A., Wenzel, S., Willis, J. L., & Yan, X. (2024). HEP Score: Novyi benchmark protsesora dlia WLCG [HEP Score: A new CPU benchmark for the WLCG]. EPJ Web of Conferences, 295, 07024. Retrieved from https://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/abs/2024/05/epjconf_chep2024_07024/epjconf_chep2024_07024.html.
7. Petitet, A., Whaley, R. C., Dongarra, J., & Cleary, A. (n.d.). HPL — A Portable Implementation of the High-Performance Linpack Benchmark for Distributed-Memory Computers. netlib.org. Retrieved from <https://www.netlib.org/benchmark/hpl/>.
8. Phanekham, D., Zaber, M., & Nair, S. (n.d.). Measuring Cloud Network Performance with PerfKit Benchmark. services.google.com. Retrieved from https://services.google.com/fh/files/misc/measuring_cloud_network_performance_with_perfkit_new.pdf.
9. Korn, D. G., & Vo, K.-P. (n.d.). SFIO: Safe/Fast String/File IO. citeseerx.ist.psu.edu. Retrieved from <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=8014266693afda38a0a177a9b434fedce98eb7de>.

Литвинчук Дмитро Валерійович

*науковий співробітник науково-дослідної лабораторії
льотного факультету*

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Lytvynchuk Dmytro

Researcher of the Research Laboratory of the Flight Faculty

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

ORCID:0000-0002-0655-4798

Мартиненко Сергій Вікторович

*старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії
льотного факультету*

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Martynenko Serhiy

Senior Researcher of the Research Laboratory of the Flight Faculty

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

ORCID: 0000-0001-9199-5776

Ралко Валерій Юрійович

*науковий співробітник науково-дослідної лабораторії
льотного факультету*

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Ralko Valeriy

Researcher of the Research Laboratory of the Flight Faculty

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

ORCID: 0000-0001-6724-5000

Чебаненко Віктор Борисович

*молодший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії
льотного факультету*

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Chebanenko Viktor

Junior Researcher of the Research Laboratory of the Flight Faculty

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

ORCID: 0009-0005-5650-5547

Шмигленко Олег Володимирович

*молодший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії
льотного факультету*

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Shmyglenko Oleh

Junior Researcher of the Research Laboratory of the Flight Faculty

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

ORCID: 0009-0009-7853-8998

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10905

**ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ANT COLONY OPTIMIZATION
ЯК СПОСОБУ ЕФЕКТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТІВ
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

RESEARCH OF ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHMS AS A WAY TO EFFICIENTLY PLAN ROUTES FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

Анотація. У статті досліджується застосування мурашиних алгоритмів для розв'язання проблеми маршрутизації безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Застосування даних алгоритмів для розв'язання поставленої задачі дозволяє оптимізувати обчислювальні витрати та підвищити ефективність пошуку оптимальних маршрутів. Мурашині алгоритми, засновані на принципах самоорганізації та стигмергії, демонструють здатність адаптуватися до мінливих умов та ефективно вирішувати складні оптимізаційні задачі з багатьма змінними. Цей підхід відкриває шлях до автоматизації планування маршрутів для безпілотних літальних апаратів, що сприяє зниженню ризиків та витрат на їх експлуатацію.

Ключові слова: алгоритм мурашиних колоній, безпілотні літальні апарати, оптимізація, стигмергія.

Summary. The article investigates the use of ant algorithms to solve the problem of routing unmanned aerial vehicles (UAV).

The use of these algorithms to solve the task allows us to optimise computing costs and increase the efficiency of finding optimal routes. The ant algorithms, based on the principles of self-organisation and stigmergy, demonstrate the ability to adapt to changing conditions and effectively solve complex optimisation problems with many variables.

This approach paves the way for automated route planning for unmanned aerial vehicles, which helps to reduce the risks and costs of their operation.

Key words: ant colony algorithm, unmanned aerial vehicles, optimisation, stigmergy.

Постановка проблеми. Завдяки своїм унікальним технічним характеристикам безпілотні літальні апарати можуть бути оснащені різними сенсорними пристроями для здійснення моніторингу навколишнього середовища в реальному часі, визначення власного положення, безперервного коригування орієнтації в польоті та уникнення перешкод. Основна мета планування траєкторії БПЛА полягає в тому, щоб знайти оптимальний і здійснений шлях у відомому середовищі, який не містить конфліктів і відповідає критеріям оптимізації, враховуючи попередньо визначені місця початкової та кінцевої точок. У реальних умовах польоту БПЛА залежать від багатьох неконтрольованих факторів через притаманну невизначеність і динаміку середовища. Отже, дослідження планування траєкторії БПЛА мають глибоке практичне значення. Ця стаття в першу чергу стосується питання статичного планування шляху. У цьому контексті статичне планування траєкторії передбачає створення моделі середовища для планування траєкторії БПЛА, одночасно враховуючи обмеження продуктивності та комплексну оцінку витрат, пов'язаних з БПЛА. Кінцева мета полягає в тому, щоб заздалегідь спланувати маршрут до того, як БПЛА вирушить у політ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі пошуку оптимального маршруту польоту БПЛА присвячено численні роботи як закордонних, так і вітчизняних авторів. Серед них особливо варто виділити такі дослідження. У роботі Цимбалістової О.А. [1] розглянуто методи кластеризації для вибору маршрутів з подібними характеристиками.

Проаналізовано основні підходи до розв'язання цієї проблеми, зокрема виділено переваги та недоліки різних методів кластеризації. Однак ці методи не враховують особливості планування маршрутів, зокрема висоту польоту, швидкість та інші важливі параметри.

У працях Станкевича С.А. та Васька А.В. [2] автори відмовилися від використання класичної задачі комівояжера, замінивши її методами лінійного булевого програмування. Перевагою цього підходу є можливість врахування більшої кількості факторів, що пов'язані з використанням БПЛА.

У роботі Радецького В.Г., Руснака І.С. та Даника Ю.Г. [3] розглянуто метод оптимізації маршруту польоту БПЛА з урахуванням обмеження на максимальний час польоту. В їхніх дослідженнях також враховується нерівноцінність точок, що включаються в маршрут.

У роботі Kamate S. та Yilmazer N. [4] досліджується застосування адаптивного методу віднімання фону для автоматичного виявлення динамічних об'єктів на знімках, що значно покращує точність та швидкість обробки даних під час польоту.

Дослідження Delle Fave F.M., Xu Z., Rogers A. та Jennings N.R. [5] присвячено координації групи БПЛА для пошуку динамічної мети за допомогою алгоритму максимальної суми. Це дозволяє підвищити ефективність виконання місій завдяки злагодженим діям кількох апаратів.

У роботах Олексенка О.О., Гарасименка В.В. та Ярошенка Я.В. [6], [7] запропоновано метод автоматизованого планування маршрутів для безпілотних

транспортних засобів, який базується на мурашино-му алгоритмі. Цей підхід дозволяє сформувати оптимальний маршрут, враховуючи вхідні параметри, такі як мінімальна та максимальна швидкість руху, координати початкової та кінцевої точок, а також точки зупинок і часові обмеження. Алгоритм генерує послідовність відвідування точок, що мінімізує загальний час пересування, з урахуванням заданих швидкісних параметрів.

Мета статті полягає у розробці методу прогнозування польоту безпілотного літального апарату на основі мурашиного алгоритму.

Методи дослідження — використано загальнонаукові методи узагальнення досвіду, аналізу та синтезу, системний підхід.

Виклад основного матеріалу. Безпілотні літальні апарати відкривають можливості для реалізації широкого спектра стратегічних та тактичних цілей, нерідко в режимі оперативного обміну даними та реагування на зміни. Автоматизований політ БпЛА передбачає можливість як дистанційного управління, так і автоматичного планування маршруту самим апаратом. У другому випадку, оператор визначає фінальну точку (ціль), а БпЛА автоматично обирає траєкторію та виконує відповідні маневри. Для планування маршруту необхідне використання «швидких» алгоритмів, здатних оперативно знаходити, нехай і не завжди оптимальні, але «розумні» маршрути. При цьому використовується картографічний матеріал та супутня інформація, зокрема відомості про вітер, метеоумови, області, що становлять загрозу для БпЛА, а також зони з поганим зв'язком. Як правило, такі зони представлені на карті як території з чіткими кордонами, перетин яких може спричинити небажані наслідки для БпЛА. Дані про ці зони отримуються в процесі розвідки та вимагають застосування додаткових ресурсів [1].

Україна, як і багато інших країн, крокує в епоху технологічних змін, де новітні винаходи стають помічниками у розв'язанні складних завдань. Науково-технічний поступ у галузі безпілотних літальних апаратів сприяв значному розширенню їх потенціалу та їх інтеграції в різні сфери. БпЛА широко використовуються як у цивільних, так і у військових цілях, зокрема: для виявлення та відстеження лісових пожеж; для моніторингу міських просторів для виявлення потенційних проблем, зокрема транспортні затори, аварії в енергомережах, забруднення навколишнього середовища; для інспекції інфраструктури, такої як мости, автошляхи, лінії електропередач та ін. Це допомагає знаходити можливі пошкодження та своєчасно проводити необхідні ремонти та надання даних для оперативного реагування. Окрім того, що стосується військового призначення, БпЛА активно залучаються для проведення розвідувальних операцій, повітряного мінування, нанесення вогневого ураження противника, в рятувальних операціях тощо.

Серед основних переваг БпЛА слід виділити мінімізацію ризику для особового складу, відносно невисоку вартість, легкість в обслуговуванні та здатність функціонувати в умовах обмеженої видимості.

Головною проблемою у використанні БпЛА постає грамотне планування польотних траєкторій. Це завдання потребує значних зусиль і ресурсів — як часових, так і обчислювальних. Адже необхідно брати до уваги величезну кількість аспектів: атмосферні умови, наявність перешкод, а також необхідність економного використання ресурсів задля досягнення найбільшої ефективності в пошуку та спостереженні за об'єктами. Неефективні моделі та підходи до планування маршрутів можуть спричинити втрату безпілотників, зниження якості виконання поставлених завдань та збільшення експлуатаційних витрат на БпЛА. Враховуючи високу ціну та складність технічного обслуговування безпілотних апаратів, надзвичайно важливо розвивати інтелектуальні системи підтримки рішень, які допоможуть автоматизувати процеси планування траєкторій та зменшити роль людського фактору в керуванні БпЛА.

Планування маршруту для БпЛА є складним процесом, що включає кілька етапів (табл. 1), з урахуванням різних факторів, таких як погодні умови, характеристики апарата, місцеві обмеження та вимоги місії.

Задача маршрутизації безпілотних літальних апаратів є непростим оптимізаційним викликом, який передбачає знаходження оптимальних шляхів для низки таких апаратів для виконання різноманітних місій. Маючи на борту різноманітні сенсори для збору зображень, ці пристрої здатні фіксувати візуальну інформацію з об'єктів. Ці зображення можливо пересилати на пункт управління без перешкод, використовуючи безпроводне з'єднання в реальному часі. Значним плюсом є їхня можливість пересування без потреби залучення головних транспортних мереж. Останні технологічні успіхи, наприклад, збільшення часу автономної роботи батарей, вдосконалення комунікаційних систем та зниження витрат на виробництво, сприяли розширенню сфер застосування БпЛА. Проте, під час планування маршрутів потрібно враховувати вплив метеорологічних факторів, зокрема сильного вітру, туману, дощу чи снігу, що можуть знизити безпеку польотів. Також важливо зважати на обмежений обсяг пального, котрий може обмежити можливість БпЛА виконувати довготривалі місії або подорожувати на великі відстані [10].

У останні роки активно розвиваються метаевристичні методи штучного інтелекту, серед яких знаходиться мурашиний алгоритм або метод мурашиних колоній (Ant System, AS), запропонований М. Доріго в 1992 році [8]. Спочатку алгоритм мурах було розроблено для знаходження найкоротшого шляху на графах, проте подальші дослідження, зокрема західних [11] та вітчизняних науковців, сприяли створенню

Таблиця 1

Етапи планування маршрутів БпЛА

Номер	Етап	Зміст
I	Збір вихідних даних	Збір картографічних відомостей про регіон, інформацію про погоду, вимоги місії та обмеження тощо
II	Аналіз місії	Визначення цілей місії — збори даних, спостереження або пошуково-рятувальні операції та ін. На основі отриманих даних і з урахуванням різних факторів, таких як відстань до об'єкта, швидкість, обмеження та інші, обирається оптимальний маршрут за допомогою спеціалізованих алгоритмів
III	Оцінка потенційних загроз безпеці польоту	Урахування можливих зіткнень з іншими літаючими об'єктами, перешкоди на землі, погодні умови та інші фактори, що можуть вплинути на виконання місії. Якщо місія передбачає тривалий політ, то планується маршрут із урахуванням зупинок для підзарядки або технічного обслуговування
IV	Планування маршруту польоту	Урахування точок вильоту та приземлення, швидкості та висоти польоту, кутів нахилу та іншої важливої інформації
V	Виконання польоту	Проведення моніторингу стану апарата та умов навколишнього середовища
VI	Завершення місії	Аналіз результатів польоту для визначення ефективності вибраного маршруту та виявлення можливих покращень у процесі планування майбутніх маршрутів

численних варіацій алгоритму й підтвердили його здатність розв'язувати широкий спектр оптимізаційних завдань. Однією з важливих переваг алгоритму є його висока продуктивність у процесі оптимізації розподілених нестационарних систем [16]. У випадку змін в системі, що досліджується, алгоритм демонструє швидко адаптацію до нових умов та визначає оптимальне рішення. Вказані, а також інші переваги алгоритму (наприклад, висока швидкість обробки даних) актуалізують дослідження можливостей застосування мурашиного алгоритму та його модифікацій для розробки оптимальних траєкторій польотів БпЛА.

Безпілотні літальні апарати завдяки своїм унікальним технічним характеристикам можуть бути оснащені різноманітними сенсорними пристроями для здійснення моніторингу навколишнього середовища в реальному часі, визначення свого місця розташування, коригування польотної орієнтації та уникнення перешкод. Завдяки цьому БпЛА мають значну здатність ефективно виконувати свої завдання. Основною метою планування маршруту БпЛА є знаходження оптимального та здійсненого маршруту в межах відомого середовища, який не містить конфліктів та відповідає критеріям оптимізації, за умов заздалегідь заданих початкових і кінцевих точок. У реальних умовах польотів місії БпЛА підлягають багатьом неконтрольованим факторам через властиву невизначеність і динаміку середовища. Тому дослідження планування маршруту БпЛА має глибоке практичне значення.

Вчені розробили безліч алгоритмів для вирішення задачі двовимірного планування маршруту, таких як метод розкладу елементів, метод потенційного поля та алгоритм Дейкстри. Однак ці алгоритми зазвичай не враховують обмеження по висоті та можуть не відповідати практичним вимогам польоту реальних БпЛА. З моменту пропозиції

алгоритму оптимізації мурашиних колоній (Ant Colony Optimization, ACO) Доріго, він поступово набув популярності у логістиці та плануванні маршрутів. У 1990-х роках основними представниками алгоритмів ACO були Ant System (AS) і дві найбільш успішні варіації: MAX-MIN Ant System (MMAS) і Ant Colony System (ACS). Алгоритми ACO постійно вдосконалювались і розвивались, тому вони мають високу стійкість і хорошу зворотну інформацію, імітуючи принцип збору їжі мурах, що допомагає вирішити проблему складного планування маршрутів. Коли колонія мурашок стикається з вибором дістатися до їжі двома різними шляхами, один з яких набагато коротший за інший, їхній вибір є абсолютно випадковим. Однак ті, хто використовує коротший шлях, швидше дістаються до їжі і тому частіше ходять туди-сюди між мурашником і їжею (рис. 1).

Мурашині алгоритми беруть за основу наслідування природних процесів самоорганізації мурашиних колоній. Колонія мурах представлена як мультиагентна система, де кожен агент (мураха) діє за дуже простими приписами. Незважаючи на примітивність поведінки кожної окремої мурахи, взаємодія в рамках системи забезпечує високий рівень організації, що дає змогу мурахам існувати на Землі більше як 100 мільйонів років. Самоорганізація реалізується через низькорівневу взаємодію агентів, що обмінюються тільки локальною інформацією, без централізованого контролю, зосереджуючись на досягненні глобальних цілей. Самоорганізація базується на взаємодії чотирьох складових: численних повторень (де декілька мурах одночасно шукають шлях), випадковості (що коротший маршрут, то частіше мураха може пройти ним за певний час), позитивного зворотного зв'язку (імітується поведінка мурах через «залишення слідів» і пересування по ним) та негативного зворотного зв'язку (за допомогою випаровування феромону). Для передачі

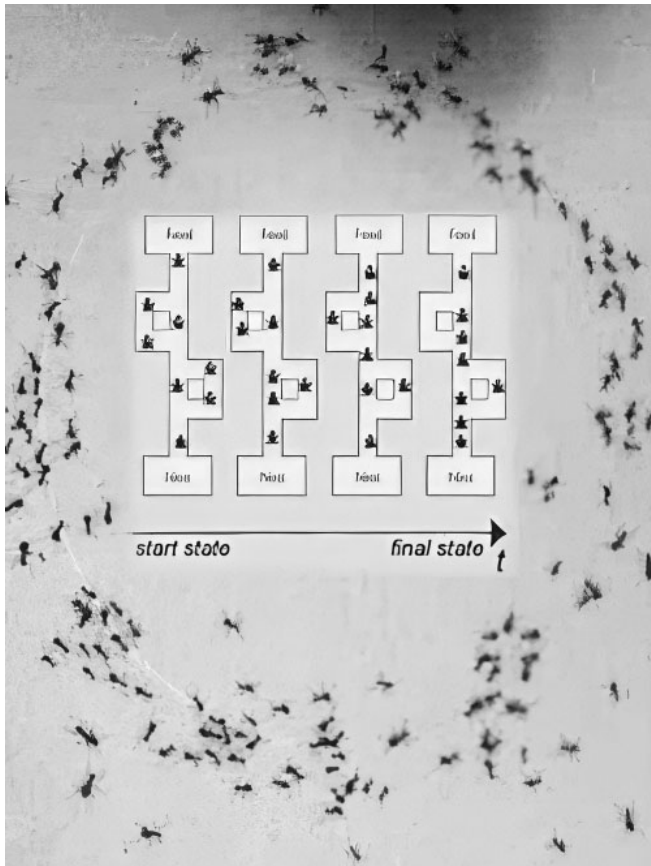


Рис. 1. Колонія мурах [16]

локальної інформації мурахи застосовують так звану стигмергію — форму взаємодії, за якої один агент змінює середовище, а інші агенти, через певний проміжок часу, спостерігають ці зміни та використовують цю інформацію у своїй роботі.

Мурахи вдаються до стигмергії, залишаючи феромон — спеціальну хімічну речовину, коли шукають їжу або повертаються з нею до свого гнізда. Інші мурахи, що знаходяться поряд, реагують на феромон, обираючи той самий шлях, таким чином збільшуючи його концентрацію. Що більше феромону на стежці, то привабливішою вона стає для інших, збільшуючи ймовірність повторного використання цього шляху. Отже, розподіл феромону слугує динамічною пам'яттю системи, де кожна мураха впливає на рівень феромону в точці, де вона проходить.

Концентрація феромону на стежці обернено пропорційна її довжині. Коротший шлях означає вищу концентрацію феромону, що робить його більш привабливим для решти мурах. Таким чином, короткий шлях зберігається в «пам'яті» мурашника як найкращий та має більшу ймовірність бути обраним надалі. Феромон поступово випаровується, створюючи негативний зворотний зв'язок. Зі збільшенням концентрації феромону на оптимальних шляхах та при постійній швидкості випаровування, неефективні шляхи зникають, і мурахи все частіше обирають лише оптимальні варіанти. Використання

цього механізму (випаровування) запобігає швидкій прив'язаності до одного, не зовсім оптимального шляху, забезпечуючи ефективну адаптивність системи.

Колонії мурашок, як і інші суспільства комах, — це розподілені системи. Їм притаманна високоорганізована соціальна структура, хоча окремі особи досить прості. Вони здатні вирішувати складні завдання, що перевищують можливості кожної мурашки окремо. «Мурашині алгоритми» досліджують моделі, створені на основі спостережень за реальною поведінкою мурах, використовуючи ці спостереження як джерело натхнення для розробки нових алгоритмів оптимізації та розподіленого керування. Головна ідея полягає в тому, що принципи самоорганізації, що реалізуються у вигляді високоорганізованої поведінки справжніх мурашок, можна використовувати для координування штучних агентів під час вирішення обчислювальних задач. Мурашині колонії стали джерелом натхнення для створення різних видів мурашиних алгоритмів, що застосовуються у пошуку їжі, розподілі праці та кооперативному транспортуванні. У кожному з цих випадків мурахи координують свою діяльність за допомогою стигмергії — непрямого способу комунікації, який здійснюється через зміни в навколишньому середовищі. Приклад: мураха-розвідник залишає хімічні сліди на землі, збільшуючи таким чином ймовірність того, що інші мурахи підуть тим самим шляхом. Біологи продемонстрували, що багато аспектів соціальної поведінки мурашиних колоній можуть бути пояснені за допомогою простих моделей, заснованих лише на стигмергічній комунікації. Інакше кажучи, дослідники показали, що часто стигмергічної, непрямой комунікації достатньо для того, щоб пояснити, яким чином соціальні комахи досягають самоорганізації.

Ця ідея лежить в основі мурашиних алгоритмів та застосовується для узгодження дій штучних груп агентів. Є чимало успішних прикладів використання мурашиних алгоритмів, серед яких «мурашина колоніальна оптимізація» (ACO), що спеціалізується на вирішенні дискретних оптимізаційних проблем. У цьому підході несподівані відкриття, що виникли з поведінки справжніх мурах при пошуку їжі, було адаптовано для створення штучних мурах, здатних розв'язувати комплексні задачі оптимізації. Мурашині алгоритми використовують принципи самоорганізації та стигмергії для координації дій штучних агентів, показуючи, що прості правила взаємодії між агентами можуть призвести до ефективного вирішення складних оптимізаційних завдань. Вони відкривають нові перспективи для розробки імітаційних моделей та алгоритмів, що використовують природні принципи колективного інтелекту для розв'язання реальних проблем.

Розглянемо один з найпопулярніших варіантів мурашиних алгоритмів — Ant Colony System. Цей

алгоритм вдосконалює класичну систему мурах (AS), застосовуючи інформацію, отриману з попередніх поколінь, для покращення ймовірнісної моделі пошуку. Це досягається за допомогою двох ключових процесів. Перший — це використання стратегії пріоритетного вибору під час оновлення феромонів, що залишають мурахи на ребрах: феромон змінюється тільки на тих ребрах, які входять до найкращого знайденого рішення. Другий процес передбачає, що мурахи обирають наступний вузол для часткового розв’язку, використовуючи псевдо-випадковий пропорційний вибір. Під час оновлення феромонів, після завершення роботи кожного покоління мурах, феромон зберігається тільки на шляху, який привів до найкращого знайденого рішення (рис. 2).

В алгоритмі Ant Colony Optimization (ACO) феромон відкладається на ребрах графа, що представляє середовище планування маршруту БПЛА, на основі якості шляхів, пройдених мурахами. Існує кілька варіантів формул оновлення феромонів, але загальна ідея полягає в наступному:

1) *випаровування феромону* (Pheromone Evaporation).

З часом феромон на всіх ребрах графа поступово випаровується. Це робиться для того, щоб уникнути передчасної збіжності до субоптимального розв’язання і стимулювати подальше дослідження простору

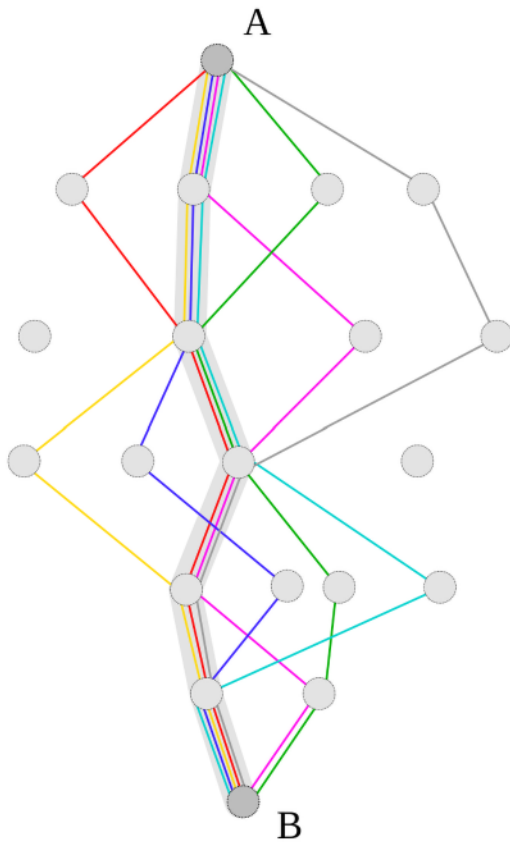


Рис. 2. Вибір найкоротшого шляху між двома точками А і В з використанням графу [17]

пошуку. Формула випаровування зазвичай має такий вигляд:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t),$$

де $\tau_{ij}(t)$ — кількість феромону на ребрі (i, j) у момент часу t ;

ρ — коефіцієнт випаровування феромону, $0 \leq \rho < 1$. Чим вище ρ , тим швидше випаровується феромон;

2) *відкладення феромону* (Pheromone Deposition).

Після того як усі мурахи завершують свій шлях (одну ітерацію), кількість феромону на ребрах, які були частиною «позитивних» рішень, збільшується. Різні версії АСО використовують різні стратегії для визначення того, які шляхи вважаються «позитивними» і скільки феромону слід відкласти.

Загальна формула оновлення феромону:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t),$$

де m — кількість мурах;

$\Delta\tau_{ij}^k(t)$ — кількість феромону, який відкладено k -ю мурахою на ребрі (i, j) протягом поточної ітерації.

Існує кілька поширених способів визначення кількості феромону, що відкладається кожною мурахою $\Delta\tau_{ij}^k(t)$:

1) *Ant System (AS)*.

Кількість феромону, відкладена k -ю мурахою на ребрі (i, j) , обернено пропорційна довжині її шляху (L_k):

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, \\ 0 \end{cases}$$

де $\frac{Q}{L_k}$ — якщо мураха k пройшла через ребро (i, j) ;

0 — інакше;

Q — константа, що визначає кількість феромону, який відкладається;

2) *Ant Colony System (ACS)*.

В ACS оновлення феромонів відбувається як локально (під час побудови рішення мурахою), так і глобально (після завершення ітерації). Глобальне оновлення зазвичай застосовується тільки до найкращого знайденого на даний момент шляху. Кількість феромону, що відкладається, може бути обернено пропорційною довжині найкращого шляху (L_{best}).

$$\Delta\tau_{ij}^{best}(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_{best}}, \\ 0 \end{cases}$$

де $\frac{Q}{L_{best}}$ — якщо найкраще рішення містить ребро (i, j) ;

1 — інакше;

3) *Max-Min Ant System (MMAS)*.

У MMAS кількість феромону на кожному ребрі обмежена максимальним та мінімальним значеннями $[\tau_{\min}, \tau_{\max}]$. Тільки найкраща мураха в кожній ітерації (або найкраща мураха з початку роботи алгоритму) може відкладати феромон.

$$\Delta\tau_{ij}^{best}(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_{best}}, & \text{якщо найкраща мураха пройшла через ребро } (i, j); \\ 0 & \text{інакше.} \end{cases}$$

де $\frac{Q}{L_{best}}$ — якщо найкраща мураха пройшла через ребро (i, j) ;

1 — інакше.

Головною метою MMAS є запобігання занадто великим або надто малим значенням феромону, що може призвести до передчасної збіжності або обмеженого пошуку. Обмеження діапазону значень феромону в MMAS стимулює мурах досліджувати різні шляхи та запобігає переважанню одного шляху на ранніх етапах алгоритму. Спочатку всі значення феромону встановлюються на максимальний рівень. Під час проходження мураками ребер, вони залишають феромон відповідно до якості знайденого рішення, проте кількість феромону, яку можна залишити, обмежується максимальними та мінімальними значеннями, заданими алгоритмом.

У контексті планування маршруту БпЛА якість шляху мурахи зазвичай оцінюється на основі таких факторів, як: довжина шляху (більш короткі шляхи вважаються кращими); споживання енергії (шляхи з меншим споживанням енергії кращі); уникнення перешкод (шляхи, що уникають перешкод, мають вищу якість (можна запровадити штрафи за проходження поруч із перешкодами)).

Відповідно, під час відкладення феромону мурахи, які знайшли коротші, енергоефективніші та безпечніші шляхи, залишатимуть більше феромону на пройдених ними ребрах. Це збільшує ймовірність того, що наступні мурахи будуть слідувати цими більш якісними шляхами, що в кінцевому підсумку призведе до знаходження оптимального або близького до оптимального маршруту для БпЛА.

Поняття «феромону», у випадку з маршрутами БпЛА, інтерпретується наступним чином:

1) феромон як міра привабливості маршруту (або його частини). Уявімо, що кожного разу, коли штучна «мураха» (що являє собою одну з ітерацій пошуку рішення) прокладає певну ділянку маршруту між двома точками (вузлами графа, що являє собою робочий простір БпЛА), вона залишає на цій ділянці певну кількість «віртуального феромону». Кількість залишеного феромону зазвичай пов'язана з «якістю» пройденого маршруту цією мурахою. Наприклад: коротші маршрути можуть призводити до відкладення

більшої кількості феромону; маршрути з меншим споживанням енергії можуть також захоплюватися більшою кількістю феромону; маршрути, що уникають перешкод або зон ризику, можуть отримувати додаткове «позитивне» феромонне підкріплення;

2) феромон як інформація для наступних мурах. Наявність феромону на певній ділянці маршруту робить цю ділянку більш привабливою для наступних «мурах» під час ухвалення рішення про те, куди рухатися далі. Мурахи ухвалюють імовірнісне рішення про наступний крок, віддаючи перевагу тим ділянкам маршруту, на яких концентрація феромону вища. Це означає, що раніше знайдені «позитивні» маршрути мають більшу ймовірність бути повторно використаними або стати основою для подальшого поліпшення;

3) випаровування феромону. Важливим аспектом є випаровування феромону з часом (між ітераціями алгоритму). Це означає, що «старі» маршрути, які не були підкріплені новими мураками, поступово втрачають свою привабливість. Випаровування феромону виконує кілька важливих функцій:

– запобігає передчасному сходженню до субоптимального рішення, — якби феромон не випаровувався, перші знайдені (можливо, не найкращі) маршрути могли б швидко стати надто привабливими, і алгоритм перестав би досліджувати інші області пошуку;

– сприяє забуванню неефективних маршрутів. Якщо якась ділянка маршруту виявилася не вигідною в довгостроковій перспективі, випаровування феромону зменшить її привабливість для майбутніх мурах;

– стимулює дослідження нових, потенційно кращих маршрутів. Постійне випаровування феромону підтримує баланс між експлуатацією вже знайдених позитивних рішень і дослідженням нових можливостей.

Таким чином, у контексті планування маршрутів БпЛА феромон являє собою:

– штучно створену міру привабливості певних ділянок повітряного простору (представлених ребрами графа);

– форму колективної пам'яті колонії штучних мурах про раніше знайдені рішення;

– механізм самоорганізації, який дає змогу колонії поступово знаходити оптимальні або близькі до оптимальних маршрути шляхом ітеративного дослідження та обміну інформацією (через феромонні сліди).

Вибір конкретної формули та параметрів оновлення феромонів (наприклад, ρ , Q , стратегії вибору найкращої мурахи) може суттєво впливати на продуктивність алгоритму АСО під час планування маршруту БпЛА.

Використання концепції феромону в АСО дає змогу ефективно розв'язувати складні задачі

оптимізації маршрутів БпЛА, з огляду на різні обмеження і цілі, як-от мінімізація відстані, часу польоту, енергоспоживання, уникнення перешкод і зон із високим ризиком.

У найпростішому випадку маршрут польоту БпЛА можна представити як серію послідовних етапів [7]: зліт з вихідної точки маршруту (ВТМ) та набір висоти, горизонтальні ділянки, де здійснюється крейсерський політ, досягнення об'єкта, а також зниження до рубежу виконання завдання (РВЗ) або кінцевої точки маршруту (КТМ). Горизонтальні ділянки включають поворотні точки маршруту (ПТМ), де змінюється курс, а в загальному випадку — і висота польоту (рис. 3).

Для спрощення припускаємо, що розташування ВТМ, КТМ і поворотних точок повністю визначає маршрут польоту БпЛА.

Кожен етап маршруту, а також маневри на вибраних ПТМ, супроводжуються певними ризиками для БпЛА і потребують витрат ресурсів, що дозволяє порівнювати різні маршрути за їхньою перевагою. Оскільки можливі варіанти розташування поворотних точок численні, кількість можливих маршрутів польоту БпЛА може бути дуже великою, що ускладнює пошук оптимального маршруту за допомогою методу перебору.

В алгоритмі мурашок, в кожному циклі ітераційного процесу, агенти проводять пошук рішення, а також оновлюють феромони на знайденому шляху. Кожний k -й агент стартує свій шлях з ВТМ, долає визначені алгоритмом поворотні пункти маршруту та завершує свій рух в КТМ. Вибір ПТМ з j можливих здійснюється на основі ймовірнісного правила, що визначає ймовірність переходу k -го агента в i -у ПТМ з врахуванням доступності i -ї ділянки маршруту L_i та концентрації феромонів на цій ділянці F_i в момент часу t наступним чином [7]:

$$P_i^k(t) = \frac{F_i(t)^\alpha \cdot L_i^\beta}{\sum_{j=1}^J F_j(t)^\alpha \cdot L_j^\beta}, \tag{1}$$

де $\alpha \geq 0$ і $\beta \geq 0$ — два регульовані параметри, що задають вагу феромона і доступності ділянки, відповідно.

При $\alpha = 0$ агенти на кожному кроці прямують до найближчої ПТМ, і AS перетворюється на «жадібний» алгоритм класичної теорії оптимізації. Якщо $\beta = 0$, враховується тільки вплив феромонів, що швидко приведе розв'язок до субоптимального. Для забезпечення доброї динаміки у [9] рекомендується встановлювати $\beta > \alpha$. М. Доріго виявив низку комбінацій α і β , які дозволяють отримувати добрі результати за найкоротший час.

Згідно з правилом (1), визначаються ймовірності вибору тієї чи іншої ПТМ. Сам процес вибору реалізується за принципом «колеса рулетки». Це можна здійснити, наприклад, розділивши відрізок довжиною S на J частин, довжина яких пропорційна P_i . Потім генерується випадкове число, рівномірно розподілене в інтервалі [12], і вибір ПТМ здійснюється відповідно до того, в яку частину відрізка S потрапляє це випадкове число. Доступність ділянки маршруту L_i в найпростішому випадку можна обчислити за формулою (2).

$$L_i = \frac{1}{D_i}, \tag{2}$$

де D_i — довжина i -ї ділянки маршруту.

В більш складних випадках значення L_i може бути розраховане в залежності від наявності «зон небезпеки» на ділянці польоту.

У дослідженні алгоритму мурашиної колонії було встановлено, що для досягнення найкращих

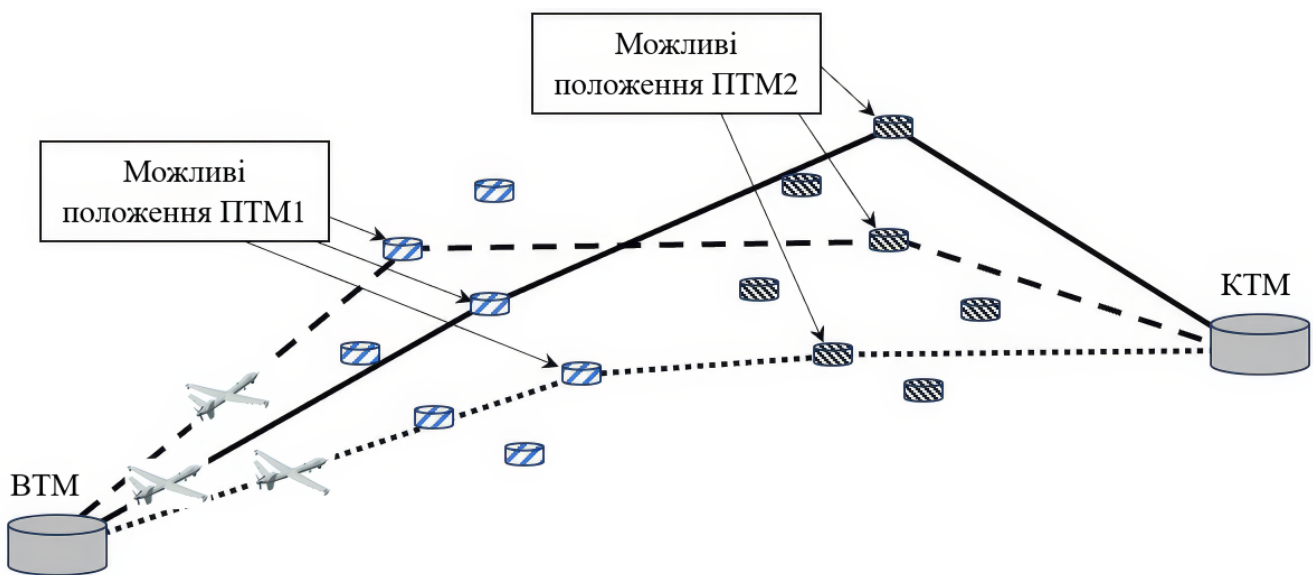


Рис. 3. Приклад побудови маршруту польоту БпЛА
Джерело: складено автором за даними [7]

результатів пошуку важливо мати як оптимальне, так і гірше рішення. Раніше алгоритм штучної колонії мурашок зосереджувався лише на оптимальному рішенні для поведінки всієї групи, щоб створити позитивний зворотний зв'язок. Однак загальний обсяг ресурсів, які використовуються в процесі пошуку шляху, є фіксованим. Тому в цій статті пропонується використовувати результати пошуку гіршого шляху для збільшення випаровування феромону на цьому шляху та скорочення часу, необхідного для його проходження. Таким чином, концентрація феромону в ще не досліджених областях буде значно вищою, ніж на поганому шляху, що збільшить ймовірність того, що мурашка дослідить ці області, оскільки в них може бути знайдено краще рішення.

Спочатку всі шляхи, знайдені мурахами, сортуються, а потім для останніх ω мурах здійснюється коригування феромонів з урахуванням штрафу. Мурахи ω сортуються за довжиною шляху, і штраф застосовується відповідно до рівня сортування, — чим коротший шлях, тим вищий його рівень i , відповідно, більший штраф для цього шляху. Спираючись на цю концепцію, в цій статті пропонується розробити модель штрафування феромонів для алгоритму мурашиної колонії, що відображено у наведеній формулі [15].

$$C = \rho + \frac{\lambda \sum_{\omega=0}^{k-\omega} (k-\omega)}{D},$$

де ρ — швидкість випаровування феромону;

D — відстань від точки до цільової точки;

λ — $1/10$ відстані D , щоб гарантувати, що повне значення не є надто великим;

ω — порядок поганого шляху пошуку мурахи;

k — фіксоване значення, що дорівнює ω . У конкретному застосуванні, якщо оптимальний шлях і найгірший шлях проходять через цю точку, штраф не накладається.

Це безпосередньо впливає на ймовірність вибору шляху мурахою. Тобто, феромон на поганому шляху зменшується, що знижує ймовірність його повторного проходження. Водночас зростає ймовірність дослідження невідомих ділянок. Для оновлення феромонів використовується глобальний метод, оскільки локальний метод з більшою ймовірністю призведе до потрапляння мурахи в локальне оптимальне рішення. Після того як всі мурахи в кожному поколінні завершили пошук, феромони оновлюються відповідно до результатів оптимізації та моделі оновлення феромонів, описаної раніше. У процесі пошуку алгоритм AS запобігає передчасній конвергенції, що дозволяє досягти кращих результатів. Крім того, загальна кількість феромонів на шляху контролюється в межах певного діапазону ($[\min, \max]$), що запобігає надто швидкому переходу мурахи до локально оптимального шляху та дозволяє мурахам досліджувати ширший спектр невідомих територій.

На початковому етапі пошуку, для покращення ефективності алгоритму, початкове значення феромону встановлюється на максимальний рівень. Оновлення феромону здійснюється за наступними правилами:

$$T_{ij}(t) = (1 - \rho)T_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}^{best},$$

де $\Delta\tau_{ij}^{best} = \begin{cases} (C_k)^{-1} & \text{— оновлення феромону оптимального шляху;} \\ 0 & \end{cases}$

C_k — оптимальна відстань шляху.

Попри те, що історично оптимальне рішення зберігається після завершення пошуку колонії мурах, під час оновлення феромону, матриця феромонів оновлюється на основі оптимального шляху поточного покоління. Це дозволяє ефективніше використовувати механізм позитивного зворотнього зв'язку, створений оптимальним шляхом, і дає більше можливостей для дослідження нових шляхів. Таким чином, загальний процес пошуку шляху стає більш різноманітним, що допомагає уникнути передчасної конвергенції до локального оптимуму і зменшує дослідження поганих шляхів, що в свою чергу підвищує ефективність алгоритму пошуку мурашиної колонії.

Алгоритми колонії мурашок широко використовуються для вирішення різноманітних задач оптимізації в різних областях, особливо в галузі інженерного проектування. Алгоритм мурашиної колонії — це інтелектуальний алгоритм із механізмом позитивного зворотнього зв'язку.

Висновки. Безпілотні літальні апарати набули великої популярності завдяки своїй здатності виконувати складні завдання в різних сферах, таких як моніторинг інфраструктури, сільське господарство, боротьба з пожежами та розвідувальні операції в умовах бойових дій. Вони стали особливо важливими через свою низьку вартість, простоту обслуговування та високу ефективність, що робить їх незамінними в ситуаціях, де використання пілотованої авіації є небажаним або небезпечним. Планування маршрутів для БПЛА — це складний процес, який вимагає врахування численних факторів, таких як погодні умови, наявність перешкод, активність протиповітряної оборони та необхідність оптимізації ресурсів. Відсутність ефективних методів планування може призвести до втрати апаратів і збільшення витрат на їх експлуатацію. Застосування сучасних алгоритмів оптимізації, використання геоінформаційних систем та штучного інтелекту дозволяє врахувати всі фактори, пов'язані з плануванням польотів БПЛА, і забезпечити високий рівень виконання завдань. Ці технології допомагають створювати моделі, які можуть ефективно адаптуватися до змін у навколишньому середовищі, що дозволяє успішно виконувати місії в різних умовах.

Результати досліджень загалом позитивні та вказують на потенціал використання мурашиного

алгоритму для вирішення задач. Прокладання маршрутів польоту буде здійснюватися з урахуванням перешкод на маршруті та «зон небезпеки». Мурашині алгоритми базуються на принципах самоорганізації та стигмергії, що забезпечує ефективну координацію багатьох агентів (мурашок), які можуть адаптуватися до змінюваних умов і швидко знаходити оптимальні або наближені до оптимальних рішення. Застосування таких алгоритмів для прогнозування траєкторій польотів БпЛА дозволяє знизити ризики, зменшити витрати часу та ресурсів на пошук маршруту і підвищити ефективність виконання місії.

Дослідження показують, що мурашиний алгоритм добре підходить для розв'язання задач маршрутизації в реальних умовах, де необхідно враховувати різноманітні змінні фактори, такі як метеорологічні

умови, заборонені зони та можливі перешкоди. Крім того, методи, що використовують мурашині алгоритми, можуть бути адаптовані до умов швидкої зміни ситуації, що є особливо важливим для завдань з високими вимогами до часу реагування та обмеженими обчислювальними ресурсами.

Таким чином, запропонований підхід до прогнозування польоту БпЛА на основі мурашиного алгоритму є перспективним інструментом для оптимізації траєкторій польотів безпілотних апаратів у реальних умовах, забезпечуючи їхню більшу автономність і знижуючи потребу в людському втручанні. Однак, для покращення результатів, необхідно подальше вдосконалення та адаптація алгоритму до специфічних завдань та обмежень, з якими стикаються БпЛА в різних сферах застосування.

Література

1. Цимбалістова О.А. Розвиток ринку послуг безпілотних літальних апаратів як основний напрямок інноваційного прогресу сучасної авіації. *Економічний аналіз*. 2015. Т. 19, № 1. С. 116–122 URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/escan_2015_19%281%29__17 (дата звернення: 25.03.2025).
2. Станкевич С.А., Васько А.В. Застосування сучасних технологій аерокосмічного знімання в аграрній сфері. *Наукові аспекти геодезії, землеустрою та інформаційних технологій: матеріали наук.-практ. конфер.* 2011. С. 44–50.
3. Радецький В.Г., Руснак І.С., Даник Ю.Г. Безпілотна авіація в сучасній збройній боротьбі : монографія. К. : НАОУ, 2008. 224 с.
4. Kamate S., Yilmazer N. Application of Object Detection and Tracking Techniques for Unmanned Aerial Vehicles. *Procedia Computer Science*. 2015. Vol. 61. P. 436–441. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.183>.
5. Delle Fave F.M., Xu Z., Rogers A., Jennings N.R. Decentralised Coordination of Unmanned Aerial Vehicles for Target Search using the Max-Sum Algorithm. *AAMAS 2010 Workshop on Agents in Real Time and Environment: conference paper*. 2010. 10 p. URL: https://eprints.soton.ac.uk/270812/1/ARDE_Workshop.pdf (дата звернення: 01.04.2025).
6. Олексенко О.О., Гарасименко В.В. Метод визначення варіантів польоту безпілотного літального апарату на основі макс-мінного мурашиного алгоритму. Сучасний стан проведення наукових досліджень у IT-технологіях, галузях електроніки, інженерії, нанотехнологіях та транспортній сфері: колективна монографія, за ред. Г.І. Валеренко. Вінниця: European scientific platform, 2022. С. 4–12. <https://doi.org/10.36074/csriteenat.ed-2.01>.
7. Олексенко О.О., Ярошенко Я.В. Розробка методу оптимального маршруту польоту безпілотного літального апарату на основі мурашиного алгоритму. Сучасний стан проведення наукових досліджень у IT-технологіях, галузях електроніки, інженерії, нанотехнологіях та транспортній сфері: колективна монографія, за ред. Г.І. Валеренко. Вінниця: European scientific platform, 2021. С. 147–158. <https://doi.org/10.36074/csriteenat.ed-1.10>.
8. Dorigo M., Maniezzo V., Colorni A. Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B*. 1996. Vol. 26, No.1. P. 1–13. <https://doi.org/10.1109/3477.484436>, <https://jmv-vidal.cse.sc.edu/library/dorigo96a.pdf> (дата звернення: 03.04.2025).
9. Бережний А.О. Методи та інформаційна технологія автоматизованого планування маршрутів польотів безпілотних літальних апаратів для підвищення ефективності пошуку об'єктів: дис. канд. техн. наук: 05.13.06. Харків : ХНУПС, Черкаси : ЧДТУ, 2020. 192 с.
10. Дружинін Є.А., Ковалевський М.І., Погудіна О.К., Черановський В.О. Методи та інформаційні технології впровадження безпілотних літальних апаратів в повітряний простір України. *Системи озброєння і військова техніка*. 2021. № 4(68). С. 84–90. <https://doi.org/10.30748/soivt.2021.68.12>.
11. Гуляницький Л.Ф., Сторчевий В.В. Одна спеціальна задача маршрутизації БПЛА. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Математика і інформатика*. 2019. No 1(34). С. 69–78. [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2019.1\(34\).69-78](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2019.1(34).69-78).
12. Зіньков Р.В., Марчук Г.В. Принцип дії мурашиного алгоритму при вирішенні задачі квіміяжера. *Державний університет «Житомирська політехніка»*. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/12/17-1.pdf> (дата звернення: 16.04.2025).
13. Галінський Д.О., Куліш Р.В. Метод моніторингу стану стаціонарних елементів об'єктів критичної інфраструктури безпілотними літальними апаратами з використанням динамічного програмування. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2023. Т. 1, № 71. С. 10–14. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.1.010>.

14. Plastiras G., Kyrkou C., Theocharides T. Efficient ConvNet-based Object Detection for Unmanned Aerial Vehicles by Selective Tile Processing. *Proceedings of the 12th International Conference on Distributed Smart Cameras (ICDSC'18)*, Eindhoven, Netherlands. September 2018. Art. 3. P. 1–6. <https://doi.org/10.1145/3243394.3243692>.
15. Qu H., Huang L. W., Ke X. Research of improved ant colony based robot path planning under dynamic environment. *Dianzi Keji Daxue Xuebao. Journal of the University of Electronic Science and Technology of China*. March 2015. 44(2). P. 260–265. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-0548.2015.02.017>.
16. Waldner J.-B. *Nanocomputers and Swarm Intelligence*. London: ISTE John Wiley & Sons. 2008. p. 225
17. *Swarm Learning — A Decentralized Machine Learning Framework*. URL: <https://analyticsindiamag.com/ai-trends/swarm-learning-a-decentralized-machine-learning-framework> (дата звернення: 16.04.2025).

Неделько Володимир Юрійович

студент

Київського національного економічного університету

імені Вадима Гетьмана

Nedelko Volodymyr

Student of the

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10906

ІНФОРМАЦІЙНА УПРАВЛЯЮЧА СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЦИФРОВОГО ІННОВАЦІЙНОГО ХАБУ

INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM FOR OPTIMIZATION OF DIGITAL INNOVATION HUB ACTIVITIES

Анотація. Представлено основні етапи розробки інформаційної управляючої системи для цифрового інноваційного хабу.

Ключові слова: інформаційна система, цифровий хаб, оптимізація, бізнес-процеси.

Summary. The main stages of developing an information management system for a digital innovation hub are presented.

Key words: information system, digital hub, optimization, business processes.

В епоху стрімкого розвитку інформаційних технологій, їх впровадження в різноманітні сфери суспільства стає ключовим фактором подальшого прогресу та оптимізації різноманітних процесів. Зокрема, в умовах масштабних цифрових трансформацій в економіці та суспільстві, ефективно використання інформаційних управляючих систем (ІУС) виявляється як необхідна умова для забезпечення конкурентоспроможності та сталого розвитку. Завдяки ІУС, підприємства мають можливість не лише оптимізувати свої бізнес-процеси, а й впроваджувати нові підходи до управління різними аспектами своєї діяльності.

Актуальність представленого дослідження полягає у необхідності визначення оптимальних моделей управління бізнес-процесами, які враховують специфіку сфери цифрових послуг та дозволяють ефективно використовувати ІУС для досягнення цілей управління цифровими інноваційними хабами.

Метою роботи є розроблення інформаційної управляючої системи, яка спрямована на оптимізацію діяльності цифрового інноваційного хабу шляхом автоматизації бізнес-процесів та інтеграції сучасних технологій управління.

Аналіз існуючих інформаційних систем предметної області

Інформаційні системи поділяються на кілька категорій, кожна з яких займає певну нішу у виробничому (життєвому) циклі, виконуючи необхідні дії з інформаційним забезпеченням організації. [1]

Отже, системи поділяються на:

ERP (Enterprise Resource Planning) — система планування (управління) ресурсами підприємства. [2]

CRM (англ. Customer relationship management) — модель взаємодії, яка вважає, що центром усієї філософії бізнесу є клієнт, а основними напрямками діяльності є заходи щодо підтримки ефективного маркетингу, продажу та обслуговування клієнтів. [3]

ECM (Enterprise Content Management) — це стратегічна інфраструктура та технічна архітектура для підтримки єдиного життєвого циклу неструктурованої інформації (контенту) різних типів та форматів. [4]

CPM (англ. Corporate Performance Management) — концепція управління ефективністю бізнесу, що охоплює весь спектр завдань у галузі стратегічного та фінансового управління компанією. [5]

HRM (англ. Human Resource Management) — галузь знань та практичної діяльності, спрямована на

своєчасне забезпечення організації персоналом та оптимальне його використання. [6]

EAM (англ. Enterprise Asset Management) — це інформаційна система, призначена в основному для автоматизації процесів пов'язаних з технічним обслуговуванням обладнання, його ремонтом, а також післяпродажним обслуговуванням цього обладнання. EAM-система — прикладне програмне забезпечення управління основними фондами підприємства (ОФП) в рамках стратегії EAM. [7]

EDMS (англ. Electronic Document Management) — система управління документами підприємства. Широке застосування електронного документообігу в Україні призвело до того, що на ринку з'явилися різні види систем електронного документообігу, здатні задовольняти різні потреби бізнесу. Сьогодні провайдери пропонують три види EDMS. [8]

- 1) Універсальні сервіси електронного документообігу, коли користувачі можуть робити базові дії з документами: підписувати електронним підписом, обмінюватися з контрагентами, сортувати, зберігати в архіві тощо. Головний недолік таких сервісів — неможливість охопити всі специфічні потреби компаній.
- 2) Кастомізовані EDMS, коли провайдер налаштовує сервіс відповідно до бізнес-процесів у компанії. Впровадження системи електронного документообігу при цьому потребує більше часу — зокрема, на налаштування сервісу, навчання співробітників тощо.
- 3) Комбіновані EDMS. Поєднують у собі елементи двох попередніх видів. До базового сервісу провайдер розробляє додаткові модулі відповідно до потреб компанії.

Workflow (англ. Business Process Management (BPM) — система, що відповідає за документообіг підприємства в комплексі, починаючи від простого

доручення до кінцевих маршрутів і версій документів, що використовуються. [9]

Collaboration — система, що відповідає за електронну взаємодію людей, але не формалізована, як workflow, і не просто «архів», як EDMS. Це платформа для співпраці для віддаленої роботи, створена для швидкого та безпечного масштабування в організації. [10]

Оскільки ЦІХ є, насамперед, клієнтоорієнтованою структурою, то для побудови його ІУС доцільно обрати саме CRM — модель. CRM-система — це концепція управління активними взаєминами з клієнтом. З прив'язкою до терміну управління бізнесом підприємства — це система організації роботи фірми з орієнтуванням потреби клієнта, більш активну і плідну роботу з клієнтом. CRM має на меті вдосконалення продажу товару (послуги), а не на виробництво. [3]

Дослідження системи управління діяльністю цифрового інноваційного хабу

Цифрові інноваційні хаби (ЦІХ) — це високотехнологічні структури кластерного типу, які працюють у фізичному та віртуальному просторі з метою надання послуг цифровізації малому і середньому бізнесу, а також державним організаціям. На цей час в Україні створено 12 європейських ЦІХ за грантовою програмою ЄС «Цифрова Європа» [11], три з яких розпочали свою діяльність у Києві з 2025 року. Один ЦІХ працює на базі КНЕУ імені Вадима Гетьмана, а інші два — у складі Українського Кластерного Альянсу (один на базі КПІ імені І. Сікорського, інший — на базі Київського Академічного університету МОН та НАН України). Всі 12 цифрових хабів створені у відповідності до Концепції створення європейських ЦІХ [12], працюють у режимі «єдиного вікна» та надають типові послуги (Рис. 1). Так, ЦІХ надає послуги за схемою: Виявлення потреб і встановлення

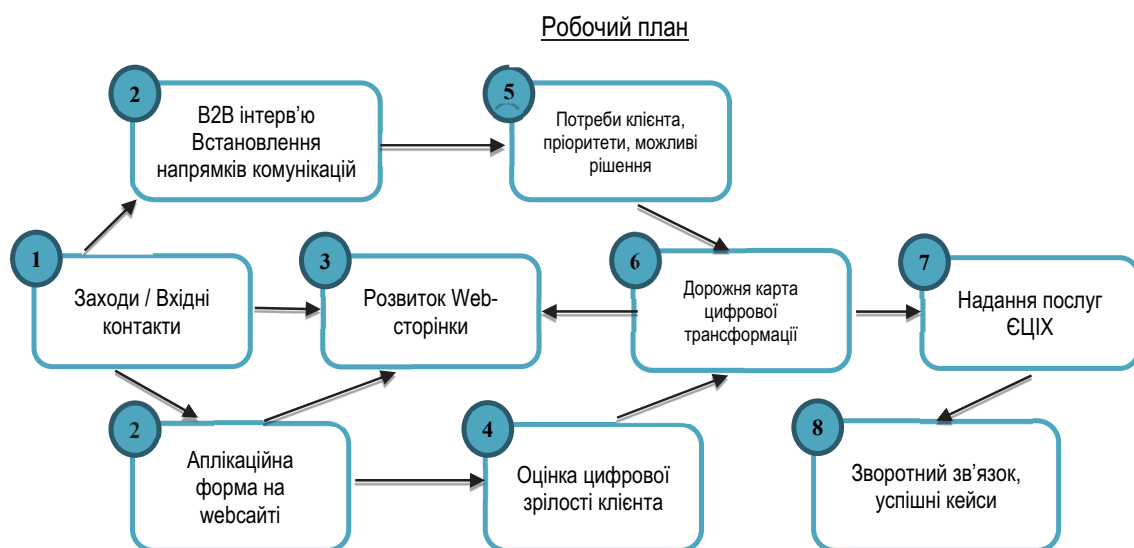


Рис. 1. Схема надання послуг ЦІХ у режимі «єдиного вікна»

Джерело: розроблено автором

пріоритетів — Вибір рішень — Дизайн та тестування рішень — R&D і навчання- Фінансування впроваджень — Підтримка щодо впроваджень.

Діяльність цифрових інноваційних хабів, зокрема передбачає:

- надання комплексних послуг цифровізації та розвиток цифрової інноваційної інфраструктури, яка надає доступ до передових технологій, рішень та послуг;
- тестування рішень або продуктів перед інвестуванням, що дозволить зменшити ризики та забезпечити ефективне використання ресурсів;
- підтримку у пошуку інвестицій, що сприятиме фінансовому розвитку та стійкості малого і середнього бізнесу;

- програми навчання та розвитку цифрових навичок, спрямовані на підвищення кваліфікації персоналу МСП і державних організацій та створення команд, готових до цифрових трансформацій;
- сприяння доступу до інноваційних екосистем — ЄЦІХ виступає як платформа для об'єднання виробників, інноваторів, органів влади, інвесторів та інших учасників екосистем.

Система управління цифровим інноваційним хабом — це сукупність правил і способів регулювання перебігу бізнес-процесів, за якими контролюються функціональні підрозділи. Головною метою створення системи управління цифровим інноваційним хабом є максимальна автоматизація управлінської

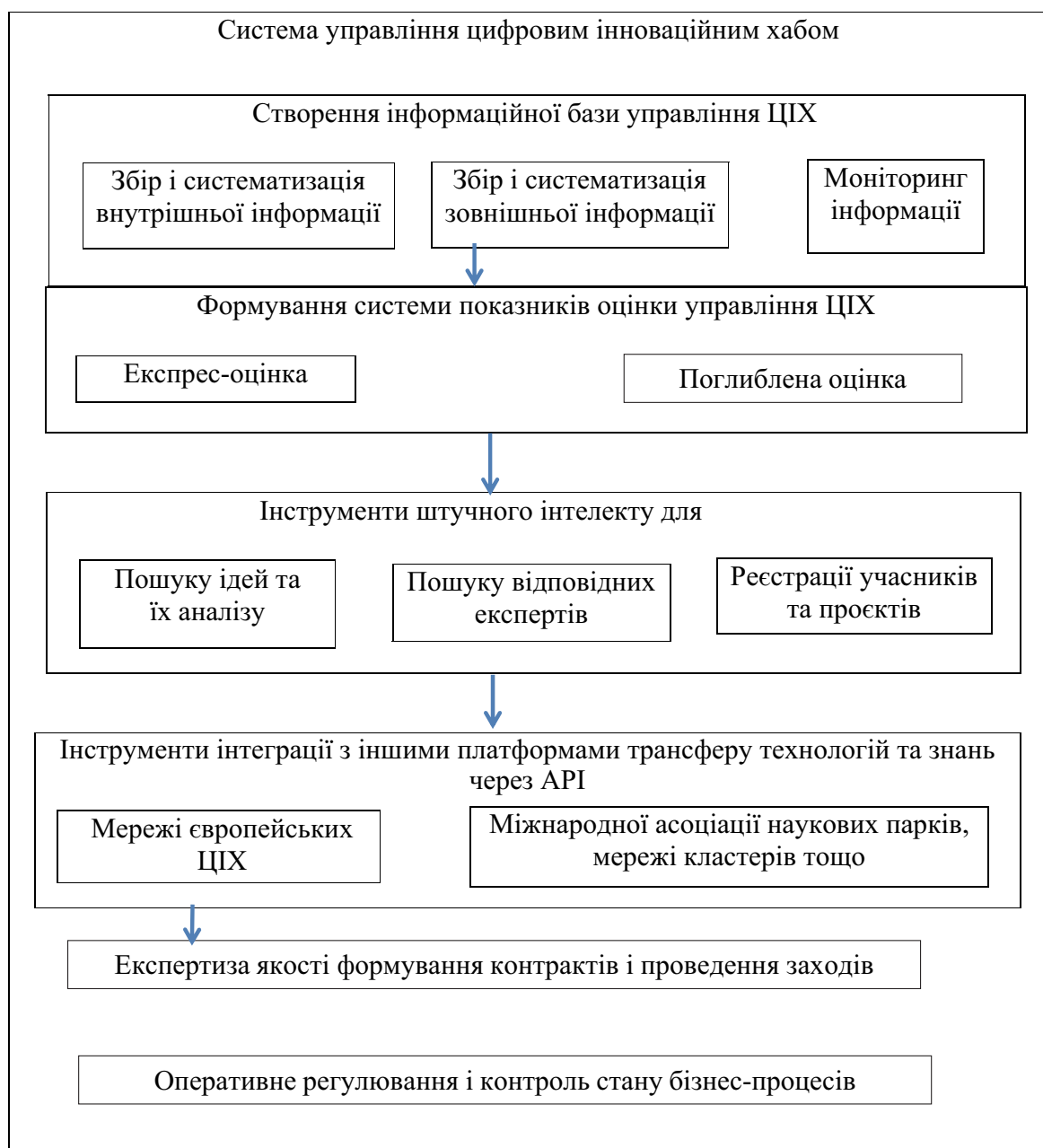


Рис. 2. Функціонування системи управління цифровим інноваційним хабом
Джерело: розроблено автором

праці, прискорення прийняття управлінських рішень і оптимізації суми витрат на утримування управлінського апарату за умови максимально якісного обслуговування клієнтів.

Система управління ЦІХ базується зокрема на функціональних можливостях цифрової платформи (Рис. 2).

До таких можливостей, зокрема належать:

- Маркет-плейс ідей та ініціатив, якими діляться безкоштовно;
- База бізнесів за секторами;
- База науковців за напрямками експертизи;
- База проєктів, що реалізовані (успішні кейси);
- База проєктів, що реалізуються і до яких можна долучитися;
- Цифрова бібліотека знань;
- Доступ до цифрової та дослідницької інфраструктури;
- Інструменти ШІ для аналізу і пошуку ідей та експертів;
- Реєстрація учасників та проєктів.

Управління бізнес-процесами вирішує організаційно-економічні питання формування та підтримки асортименту послуг на певному рівні. Існує декілька ІС, що можуть бути використані для управління бізнес-процесами для цифрових інноваційних хабів.

Обґрунтування вибору підходів і технологій для створення ІУС

Враховуючи особливості цільового сегмента ЦІХ, треба визначити ключові аспекти та параметри для оптимальної моделі ІСПР. Ключові аспекти на які слід звертати увагу:

- ідентифікація типів послуг. Потрібно розробити чітку систему категоризації послуг (за галузями діяльності; за цифровими технологіями тощо), враховуючи їх важливість та вартість;
- аналіз потреб клієнтів та процесів. Як бізнес-процеси можна виділити вивчення та аналіз різних клієнтів та їх унікальних потреб у послугах цифровізації. Визначення рівня попиту та оптимального обсягу замовлень для кожного типу послуг;
- урахування сезонності та термінів надання послуг включає в себе сезонні зміни та адаптацію різних послуг для врахування піків попиту під час різних сезонів. Це особливо актуально для таких послуг, як випробування дронів чи роботів для використання у сільському господарстві тощо, а також для навчальних послуг, враховуючи, що літо — сезон масових відпусток;
- аналіз витрат. Вартість замовлення, що передбачає розрахунок витрат для кожної послуги, а також графік витрат у часі.

Отже, ефективним є комплексний підхід для управління діяльністю ЦІХ з кількох причин. По-перше, він допомагає врахувати всі важливі складові, які забезпечують високу якість роботи хабу,

унікаючи переважань працівників і зменшуючи ризик невиконання чи невчасного виконання послуг. По-друге, такий підхід дозволяє хабу ефективно реагувати на зміни в попиті та розподіляти ресурси на охоплення реального платоспроможного попиту і створення портфелю замовлень, що є ключовим для структур, які працюють в умовах невизначеності, де швидка реакція на зміни ринкових умов є критично важливою.

ІСПР забезпечує виконання таких функцій ЦІХ:

- Фандрайзинг + залучення інвесторів;
- Залучення громади до краудфандингу;
- Створення відповідних підрозділів та;
- Аплікації на європейські та інші програми для розвитку окремих елементів інноваційного хабу;
- Залучення кваліфікованих фахівців та експертів;
- Комунікація та нетворкінг на постійній основі;
- Створення платформи для розбудови ком'юніті;
- Створення та просування пакету послуг для науковців, бізнесу та державних та місцевих органів влади, комунальних підприємств та організацій
- Розробка архітектурного дизайну інноваційного хабу та будівництво;
- Розробка цифрової платформи.

Основна увага ІСПР цифрового інноваційного хабу зосереджена на розбудові екосистеми відкритих інновацій на базі, до якої залучено широке коло стейкхолдерів. Напрями діяльності хабу охоплюють інноваційні проєкти, співпрацю з містом та бізнесом щодо створення новітніх рішень для покращення життя громади та комерціалізації наукових продуктів, створених МСП за підтримки інноваційним хабом цифрових трансформацій шляхом надання відповідних послуг, інфраструктури, консультацій тощо.

Як свідчить практика створення цифрових інноваційних хабів в Європі та інших розвинених країнах світу створення багатоканальної системи фінансування є одним з важливих чинників успішності їх діяльності. Особливо значущості це питання набуває у поточних вітчизняних умовах. Враховуючи світовий досвід [13], основними джерелами фінансування ЦІХ можуть бути:

- інституційне фінансування, національні проєкти, інші державні кошти;
- фінансування муніципалітетів;
- Європейські конкурсні проєкти і програми;
- міжнародна технічна допомога;
- позики (особливо для інфраструктури);
- благодійні внески, спонсорство, пожертвування;
- власні кошти (оренда офісних приміщень, плата за доступ, договори про надання послуг тощо).

У таблиці 1 наведено перелік можливих джерел фінансування на різних етапах розвитку цифрового інноваційного хабу та механізми їх залучення.

Використання всіх наведених джерел є можливим і бажаним, однак потребує докладання постійних зусиль щодо моніторингу цих джерел та підготовки необхідних засобів для їх залучення.

Таблиця 1

Джерела фінансування ЦІХ та механізми їх залучення

№	Джерело	Механізм залучення
1	Інституційне фінансування, національні проекти, інші державні кошти	Дозволить підтримувати діяльність цифрового хабу, реалізації наукових та інноваційних проектів і розробок. Державний фонд регіонального розвитку, Фонд розвитку інновацій, НФДУ можуть розглядатися в якості фінансуючих установ. Однією з умов отримання коштів може бути включення діяльності і заходів ЦІХ в програмні документи розвитку міста та/чи області
2	Фінансування з боку міста	Регулярна робота з КМДА, включення ЦІХ в програмні документи з розвитку міста. Основне призначення — підтримка операційної діяльності (переважно, оплата праці та окремих заходів відповідно від потреб міста)
3	Участь в конкурсних програмах і проектах (Горизонт Європа, Cosme тощо)	Налагодження систематичної роботи з підготовки заявок, формування партнерського ядра
4	міжнародна технічна допомога	Включення ЦІХ у стратегічні документи розвитку міста і області збільшує можливості із залучення міжнародної технічної допомоги на розвиток і підтримку його функціонування. Потенційними донорами є Єврокомісія, USAID, UNDP тощо. Основне призначення, особливо на ранній стадії, — здійснення капітальних витрат та будівництва
5	Благодійна допомога	Активна робота з потенційними меценатами, як міжнародними, так і національними. Фактором успіху виступає імідж та репутація цифрового хабу
6	Позики (Європейського банку реконструкції і розвитку, Європейського інноваційного банку тощо)	Залучення на більш зрілій стадії розвитку, коли вже будуть генеруватися постійні фінансові потоки.
7	Власні кошти	Можуть використовуватися для забезпечення операційної діяльності та розвитку

Джерело: складено автором на основі аналізу зарубіжного досвіду

Проблема оптимізації процесу управління ЦІХ вирішується за допомогою створення ІС управління бізнес-процесами, що враховує внутрішні та зовнішні умови його функціонування. ІСПР має забезпечити стійку роботу хабу, що дозволить, в свою чергу, забезпечити оптимальний рівень сервісу для клієнтів та збереже конкурентоспроможність ЦІХ на ринку цифрових послуг.

Для створення моделі ІС управління бізнес-процесами потрібно мати критерії за якими може бути обрано той чи інший тип системи управління, щоб досягти найбільш ефективного управління цифровим інноваційним хабом з використанням ІС. Такими критеріями було обрано функціональні блоки. Відповідно до особливостей функціонування цифрового хабу було обрано тип системи управління — CRM. Для побудови бізнес-моделі ЦІХ, на якій ґрунтується ІСПР і яка представлена на рисунку 3, використано методологію проектного менеджменту.

Організаційне забезпечення ІСПР

До організаційного забезпечення інформаційної системи управління цифровим інноваційним хабом належать: розроблена концепція ІУС, організаційна структура ЦІХ, перелік цілей, завдань і функцій цифрового хабу, взаємозв'язки та форми співпраці між підрозділами хабу. Так, основними цілями ЦІХ є наступні:

- **Короткострокові цілі хабу** (на 1–3 роки):
- Запуск основних послуг та бізнес-процесів;

- Розроблення проектів для залучення фінансування;
- Розроблення стратегічного плану розвитку інноваційного хабу на довгостроковий період;
- Розроблення е-платформи;
- Створення ком'юніті науковців+бізнесмени+влада+громада;
- Реалізація успішних проектів комерціалізації інноваційних розробок в рамках хабу — не менше 10;
- Постійна комунікаційна підтримка, PR;
- Створення освітнього центру (ветерани, особи пенсійного віку...);
- Створення освітнього центру для дітей та молоді.
- **Довгострокові цілі хабу** (на 5–10 років):
- Сформована екосистема інноваційного хабу;
- Створення фізичного простору інноваційного хабу та побудова супутньої інфраструктури;
- Реалізація успішних інноваційних проектів;
- Створення центру прототипування та лабораторій;
- Налагоджена системна співпраця з 20 європейськими інноваційними хабами, обмін передовим досвідом.
- Основними завданнями ЦІХ відповідно до вищевказаних цілей є:
- Розвиток нових компетенцій у сфері відкритої науки та інновацій: Впровадження сучасних знань та навичок, спрямованих на відкриту науку.
- Розробка моделей співпраці науки та бізнесу для технологічного розвитку.
- Технологічний інкубатор і підтримка стартапів: Інкубація інноваційних бізнесів для стимулювання високотехнологічного малого та середнього бізнесу.

<i>Види діяльності</i>	<i>Ціннісна пропозиція</i>	<i>Партнери</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Канали комунікації</i>
Проведення наукових та науково-популярних заходів; Виконання НДР на замовлення бізнесу; Реалізація грантових програм; Проведення науково-технічної експертизи та консультування; Прототипування і тестування наукової продукції; Реалізація освітніх програм для різних цільових аудиторій; Забезпечення доступу до високоякісної дослідницької інфраструктури.	Консультації та пакетні послуги від висококваліфікованих експертів; платформи для кооперації та нетворкінгу; інноваційна інфраструктура та обладнання.	Органи влади; Наукові установи; Університети; Бізнесові структури; Міжнародні організації; Інвестиційні фонди тощо.	МСП Стартапи Державні організації.	Сайт ЦІХ; Сторінки у соцмережах; Прямі контакти; е-платформа.
	<i>Ключові ресурси</i>	<i>Структура витрат</i>	<i>Потоки доходів</i>	
	Нематеріальні активи (об'єкти права інтелектуальної власності); науковий і адміністративний персонал; дослідницька інфраструктура; фінансові ресурси (власні та залучені).	Капітальні витрати (будівництво приміщень, придбання обладнання тощо); Витрати на утримання персоналу ЦІХ; поточні витрати на реалізацію проєктів.	Від виконання НДР та наукової експертизи; від прототипування та лабораторних робіт; від пакетних послуг для МСП та державних організацій; гранти, донорська та благодійна допомога; орендна плата за користування приміщеннями.	

Рис. 3. Бізнес-модель ЦІХ

Джерело: розроблено автором

- Електронна платформа та діалог між наукою та бізнесом: Створення платформи для полегшення комунікації між дослідниками і бізнесом.
- Заходи для об'єднання науки та бізнесу: Проведення подій (конференцій, воркшопів, тренінгів, семінарів тощо) для зміцнення зв'язків між цими секторами.
- Трансфер знань і технологій: Забезпечення передачі розробок і технологій від науки до суб'єктів малого та середнього бізнесу.
- Підтримка комерціалізації інновацій: Надання фінансової, управлінської та професійної допомоги для виведення інновацій на ринок.
- Розвиток інноваційної інфраструктури: Створення умов для розвитку цифрової інноваційної екосистеми та інтеграції бізнесу, науки і освіти.
- Міжнародна співпраця та інтернаціоналізація: Залучення Академ.Сіті до міжнародних наукових та інноваційних мереж, підвищення іміджу України в галузі високих технологій.

До основних функцій ЦІХ належать: укладання смарт-контрактів, формування пошукової бази експертів, науковців, бізнесів, інвесторів з контактами, моніторинг можливостей фінансування, підбір партнерів для створення проєктних груп та консорціумів, ведення бізнес-аналітики, інтеграція з іншими платформами трансферу технологій та знань через API, ведення календаря подій (зовнішніх і внутрішніх) з використанням штучного інтелекту.

Мета створюваної ІУС — забезпечити ефективне, автоматизоване управління цифровим інноваційним хабом шляхом інтеграції цифрових платформ, аналітичних інструментів, ШІ та відкритих даних для підтримки прийняття управлінських рішень, взаємодії з учасниками та моніторингу цифрових трансформацій.

1. Архітектура системи

1.1. Користувацький рівень

Інтерфейси для:

- Бізнесу (МСП);
- Державних установ;
- Інвесторів;
- Вчених та експертів;
- Менеджерів ЦІХ.

Канали взаємодії:

Веб-портал, мобільний застосунок, API-доступ для зовнішніх систем.

1.2. Функціональний рівень

Підсистема	Основні функції
Аналітики та оцінювання	Оцінка цифрової зрілості, KPI, індикатори впровадження
ШІ-аналітики	Пошук ідей, підбір експертів, аналіз трендів
Управління проєктами	Реєстрація ініціатив, контроль реалізації, успішні кейси
Маркетплейс ідей/інновацій	Завантаження/перегляд ініціатив, комунікація між сторонами
Цифрова бібліотека	Доступ до матеріалів, R&D, кращих практик
Інтеграція з зовнішніми платформами	Зв'язок із EU DIN, кластерними мережами, міжнародними парками
Адміністративна панель	Налаштування бізнес-процесів, ролей, маршрутів обробки

1.3. Базовий рівень (дані та інфраструктура)

Бази даних:

- Бізнесів;
- Проєктів;
- Успішних кейсів;
- Науковців/експертів;
- Навчальних матеріалів.

Цифрова інфраструктура:

- Хмарні сховища,

- Системи обміну даними (API),
 - Засоби безпеки (автентифікація, контроль доступу).
2. Основні бізнес-процеси системи
Реєстрація клієнта / учасника
Оцінка цифрової зрілості клієнта

- Оцінка потреб клієнта
- Вибір можливих рішень та інструментів
- Складання дорожньої карти цифрової трансформації клієнта
- Надання послуг цифровим хабом
- Зворотній зв'язок з клієнтом

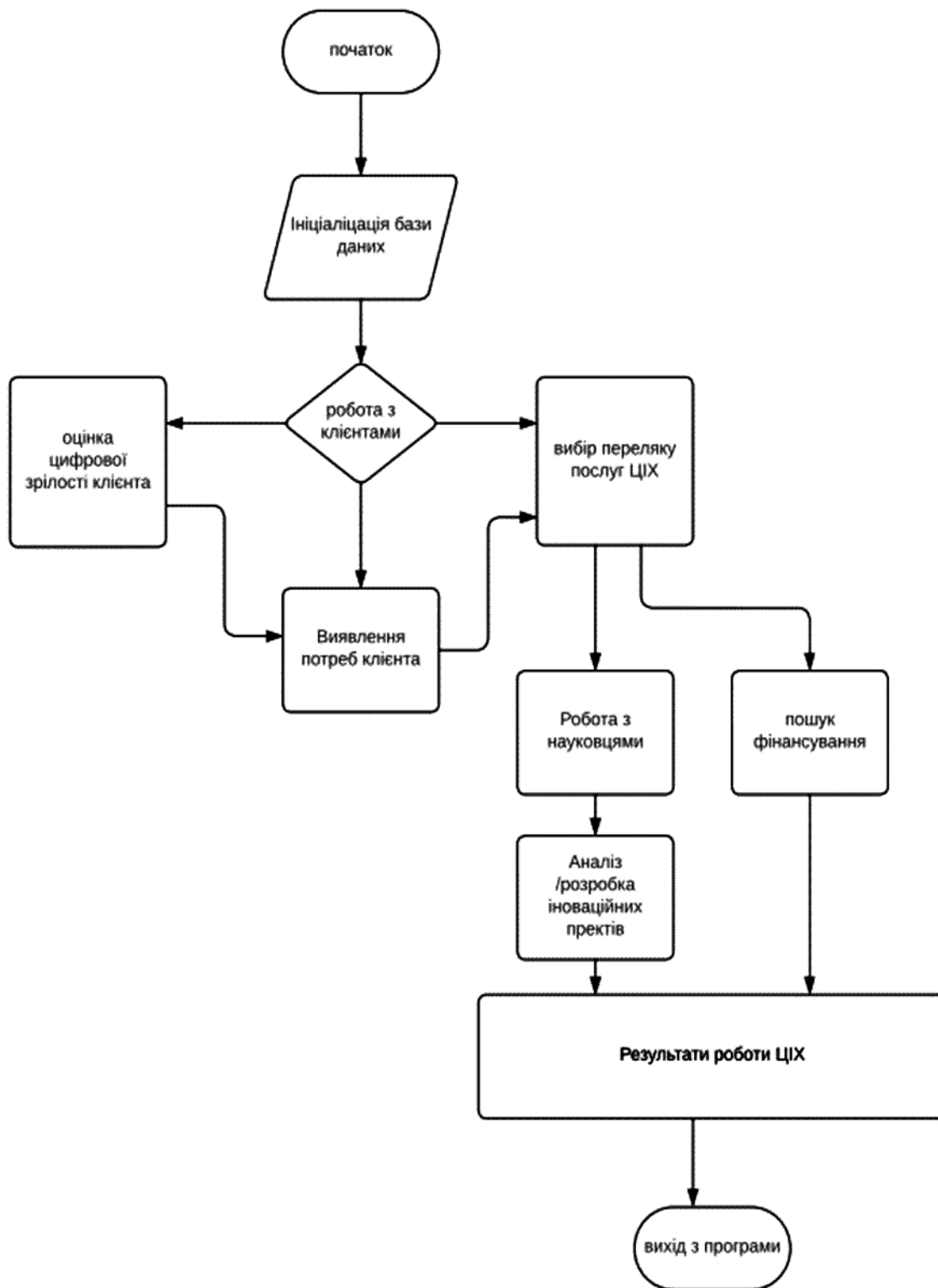


Рис. 4. Алгоритм забезпечення ІС управління цифровим інноваційним хабом
Джерело: розроблено автором

Опис ІУС цифрового інноваційного хабу

1. Структура ІУС

1.1. Інформаційна база управління

Складається з модулів:

1) Збір і систематизація *внутрішньої* інформації (проекти, кейси, ресурси);

2) Збір і систематизація *зовнішньої* інформації (тенденції, інновації, ринки);

3) Моніторинг поточних станів бізнес-процесів, заявок, результатів роботи.

1.2. Оцінка ефективності управління

Експрес-оцінка — швидке визначення стану цифрової зрілості;

Поглиблена оцінка — з використанням моделей цифрових трансформацій та показників ефективності (KPI).

1.3. Інтелектуальні інструменти

Включає AI/ML-функції для:

- Пошуку інноваційних ідей;
- Виявлення релевантних експертів;
- Реєстрації учасників та проектів;
- Автоматичного підбору партнерів у проектах.

1.4. Цифрова екосистема, яка інтегрується з:

- Міжнародними платформами трансферу технологій (через API);
- Мережею європейських ЦІХ;
- Цифровою бібліотекою знань;
- Базою кейсів, бізнесів, проектів, експертів.

2. Основні функціональні блоки системи

Блок	Функції
Маркетплейс ідей	Обмін інноваціями між учасниками, ідеї відкритого доступу
База бізнесів	Сегментовані компанії для співпраці
База експертів	Пошук експертизи за напрямками
База проектів	Реалізовані та активні ініціативи
Цифрова бібліотека	Аналітика, методика, рекомендації
Інтеграційні API	Сполучення з науковими парками, платформами, асоціаціями

3. Управління бізнес-процесами

Система вирішує:

Організаційно-економічні завдання;

Формування асортименту послуг;

Контроль за етапами:

Виявлення потреб → Вибір рішень → Тестування → Навчання → Впровадження → Підтримка.

4. Технологічна основа

Технології	Призначення
AI/ML	Автоматичний пошук, аналіз, оцінка
Cloud	Гнучкість зберігання та доступності
API	Інтеграція з зовнішніми платформами
Dashboard	Візуалізація результатів і KPI
Secure DB	Захист персональних і проєктних даних

Програмне забезпечення ІУС

Програмним забезпеченням ІУС є цифрова платформа. Побудований алгоритм для подальшого написання коду було виконано за допомогою конструктора блок-схем Lucichart і наведено на рисунку 4.

Можна далі розвивати запропоновану систему, додаючи додаткові функціональності, наприклад, обробку даних на основі алгоритмів машинного навчання або поліпшення інтеграції з API.

Отже, розроблена ІУС дозволяє забезпечити стійку роботу цифрового хабу, що дозволить підтримувати оптимальний рівень сервісу для клієнтів та підвищить конкурентоспроможність ЦІХ на ринку цифрових послуг. Практична цінність розробленої ІУС полягає також у можливості централізованого моніторингу та управління ресурсами, включаючи людські, технічні та фінансові; забезпеченні ефективної взаємодії між учасниками хабу (МСП, науковцями, інвесторами) за допомогою єдиної платформи управління; сприянні економічному зростанню хабу через раціональне використання ресурсів і залучення додаткового фінансування завдяки функціональності аналітики.

Література

1. Інформаційні системи в економіці: монографія за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. С. В. Устенка. К. : КНЕУ, 2012. 425 с.
2. Ефективно керуйте всіма процесами в ІТ-компанії з єдиним рішенням. URL: https://www.itfin.io/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwvpy5BhDTARIsAHSilyN7hEnLitZxOcCJn0C3qJ2edT3Ea-H35R72py3JR7DdewYSasOVerUaAmAAEALw_wcB (дата звернення: 10.04.2025).
3. Надійна CRM для всієї команди. URL: https://nethunt.ua/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=newsearch&utm_content=706841957986&utm_term=crm%20online&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwvpy5BhDTARIsAHSilykRGAqBPCms8R3IX7V-C9SDKtSAM65-WYvyx3Bgz4FGUJ5qUGdg7RcaAhHWEALw_wcB (дата звернення: 10.04.2025).
4. Enterprise Digitalisation — Flip: Top ECM Solution (2024). URL: <http://www.getflip.com> (дата звернення: 10.04.2025).
5. 2024's Best Corporate Performance Management Software. URL: <https://thecfoclub.com/tools/best-corporate-performance-management-software/> (дата звернення: 10.04.2025).
6. Nick Barney, Wesley Chai, Shaun Sutner. What is human resource management (HRM)?. URL: <https://www.techtarget.com/searchhrsoftware/definition/human-resource-management-HRM> (дата звернення: 10.04.2025).

7. Enterprise Asset Management, EAM (2024). URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/enterprise-asset-management-eam> (дата звернення: 10.04.2025).

8. Онучак В. Як обрати систему електронного документообігу для компанії?. 18 грудня 2023. URL: <https://vchasno.ua/yak-obraty-sed/> (дата звернення: 10.04.2025).

9. Business Process Management and Workflow Automation (2022). URL: <https://www.logicaldoc.com/tutorials/business-process-management> (дата звернення: 10.04.2025).

10. Проектування інформаційних систем: Загальні питання теорії проектування ІС. Конспект лекцій / КПП ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О. С. Коваленко, Л. М. Добровська. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33651> (дата звернення: 10.04.2025).

11. Digital Europe Program (2023). URL: https://business.diiia.gov.ua/finance/program/programa_es_cifrova_evropa_2021_2027 (дата звернення: 10.04.2025).

12. Концепція Європейських цифрових хабів. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/edihs> (дата звернення: 10.04.2025).

13. Establishing Science and Technology Parks: A Reference Guidebook for Policymakers in Asia and the Pacific (2019) / United Nations Publication. URL: <https://unesco.org/resources/escap-stp-2019> (дата звернення: 10.04.2025).

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
чл.-кор. НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of the Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Дінжос Роман Володимирович

*доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи
Чорноморський національний університет імені Петра Могили*

Dinzhos Roman

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for scientific work
Petro Mohyla Black Sea National University*

Меранова Наталія Олегівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник*

Інститут технічної теплофізики НАН України

Meranova Nataliia

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Полозенко Ніна Петрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Polozenko Nina

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Ольховська Ніна Миколаївна

*науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Olkhovska Nina

*Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Юрчук Володимир Леонідович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Yurchuk Volodymyr

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Овчаренко Анатолій Володимирович

*кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри фізики та математики
Миколаївський національний університет ім. В. О. Сухомлинського*

Ovcharenko Anatoliy

*PhD, Associate Professor of the Physics and Mathematics Department
Mykolaiv National University named after Sukhomlinsky*

Малецька Ольга Євгенівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Maletska Olha

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10893

ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ГУСТИНИ ПОЛІМЕРНИХ МІКРО-І НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІАМІДУ 6

TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE DENSITY OF POLYMER MICRO- AND NANOCOMPOSITES BASED ON POLYAMIDE 6

Анотація. Наведено дані експериментальних досліджень зміни з температурою густини полімерних мікро- і нанокомполітів на основі поліаміду 6, наповненого вуглецевими нанотрубками, мікрочастинками алюмінію і міді. Проаналізовано вплив методів одержання нанокомполітів на їх густину.

Ключові слова: густина полімерних нанокомполітів, поліамід, вуглецеві нанотрубки, наповнювачі нанокомполітів.

Summary. The data of experimental studies of the change in the density of polymer micro- and nanocomposites based on polyamide 6 filled with carbon nanotubes, aluminum and copper microparticles with temperature are presented. The influence of the methods for obtaining nanocomposites on their density is analyzed.

Key words: density of polymer nanocomposites, polyamide, carbon nanotubes, nanocomposite fillers.

Вступ. До перспективних областей застосування полімерних мікро- і нанокомполітів відноситься виготовлення теплообмінних поверхонь теплоенергетичних установок. Використання матеріалів даного класу покликано забезпечити підвищення довговічності та надійності установок, зниження їх масогабаритних характеристик. З огляду на це дослідження густини полімерних мікро- і нанокомполітів має велике значення для отримання даних матеріалів. Особливої уваги заслуговує аналіз впливу методів одержання полімерних композиційних матеріалів на їх густину.

Аналіз літературних даних. Дослідженню різних характеристик полімерних мікро- і нанокомполітів присвячено низку робіт [1–16]. Певна увага приділялася аналізу густини полімерних композитів. Так, в роботах [1–3] було досліджено залежність густини ρ полімерних композитів на основі полікарбонату, наповнених мікрочастинками алюмінію, від температури і частки наповнювача. Показано, що густина цих композитів залежить від температури і незначно підвищується зі збільшенням частки наповнювачів, однак є нижчою порівняно з традиційними матеріалами. Матеріаломісткість теплообмінників, виготовлених з нанокомполітів, нижче ідентичних за розмірами теплообмінників

з нержавіючої сталі в 6–8 разів. Відмічається також, що полімерний композит на основі полікарбонату, наповненого алюмінієм, має підвищену корозійну стійкість, що зумовлено як антикорозійними властивостями полімерної матриці, так і високою стійкістю до корозії наповнювача.

Дослідженню залежності густини нанокомполіта від протяжності процесу змішування компонентів в розплаві полімеру і його температури присвячено роботу [4]. Показано, що густина композиту зменшується з ростом температури розплаву полімера, і темп її зменшення зберігається для всіх значень швидкості змішування.

В роботі [5] досліджено залежності густини полімерних композитів на основі поліпропілену, наповненого вуглецевими нанотрубками, від рівня перегріву розплаву полімеру відносно температури його плавлення. Результати досліджень показали, що густина полімерних композитів падає з ростом їх температури при всіх значеннях перегріву полімеру.

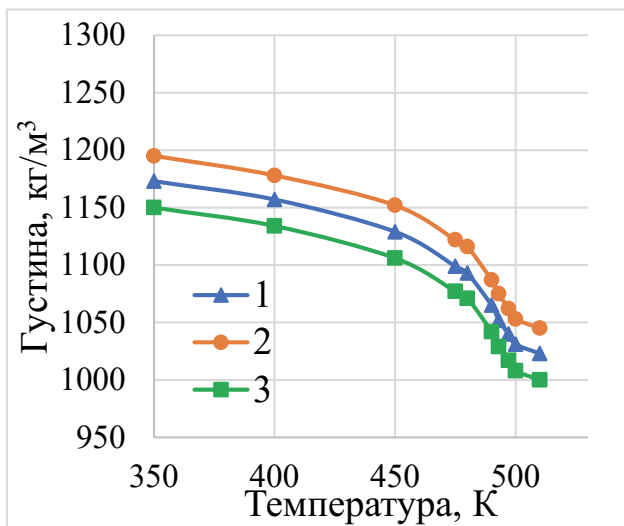
Огляд літературних джерел свідчить також про те, що значний інтерес становлять дослідження закономірностей впливу на густину полімерних нанокомполітів методи їх одержання.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є встановлення за даними експериментальних

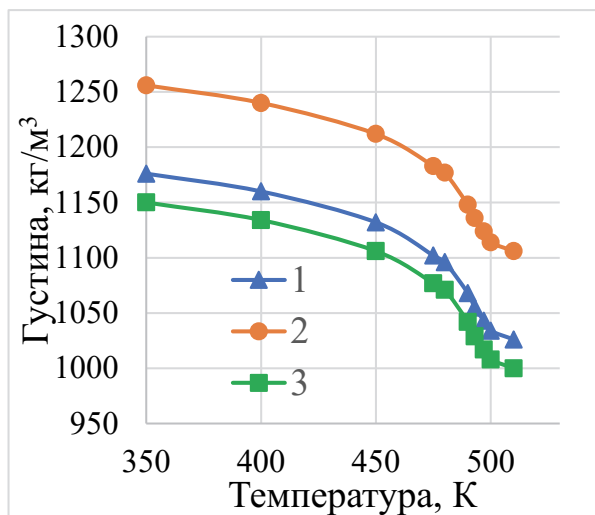
Таблиця 1

Температурна залежність густини поліаміду 6 (матриця) та полімерних композитів на його основі, наповнених алюмінієм, міддю і вуглецевими нанотрубками при їх отриманні методами сухого змішування (метод 1) і у розплаві полімеру (метод 2)

		Температура, К									
		350	400	450	475	480	490	493	497	500	510
Поліамід 6 (матриця)		1150	1134	1106	1077	1071	1042	1029	1017	1008	1000
Наповнювач	Метод										
Алюміній	1	1169	1153	1126	1097	1091	1062	1049	1037	1028	1019
	2	1191	1174	1147	1118	1112	1083	1070	1058	1049	1040
Мідь	1	1173	1157	1129	1099	1093	1065	1052	1040	1031	1023
	2	1195	1178	1152	1122	1116	1087	1075	1062	1053	1045
ВНТ	1	1176	1160	1132	1102	1096	1068	1055	1043	1034	1026
	2	1256	1240	1212	1183	1177	1148	1136	1124	1114	1106



а)

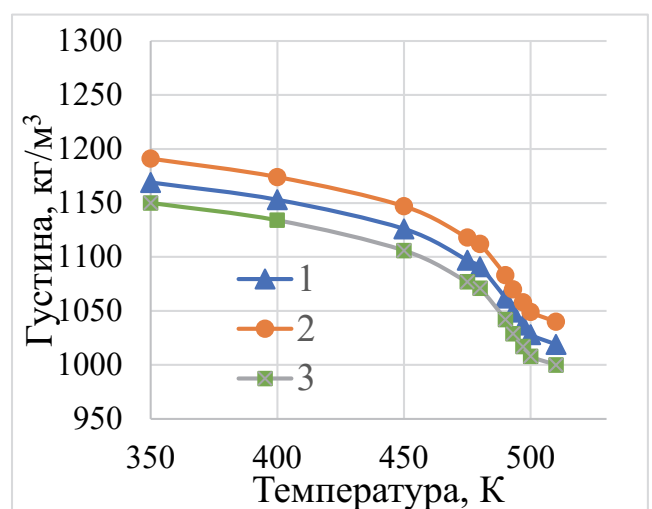


б)

досліджень ефектів впливу методів одержання полімерних мікро- і нанокомпозитів на їх густину.

Результати виконаних досліджень. В роботі досліджуються полімерні мікро-і нанокомпозити на основі поліаміду 6, наповненого вуглецевими нанотрубками (ВНТ), мікрочастинками алюмінію і міді, при різних методах їх одержання.

Розглядаються два методи синтезу полімерних композитів. Перший з них базується на змішуванні компонентів у сухому вигляді з використанням магнітної мішалки і ультразвукового диспергатора при подальшому гарячому пресуванні отриманої композиції. У другому методі змішування компонентів відбувається в розплаві полімеру із застосуванням дискового екструдера при подальшому наданні композиту необхідної форми методом гарячого пресування.



в)

Рис. 1. Температурна залежність густини полімерних композитів на основі поліаміду 6, наповненого мікрочастинками алюмінію (а), вуглецевими нанотрубками (б) та мікрочастинками міді, (в) при різних методах їх одержання: 1 — метод 1; 2 — метод 2; 3 — густина матриці-поліаміду 6

Густина полімерних нанокompозитів досліджувалась в інтервалі температур від 320 до 525 К. Для визначення густини досліджуваних матеріалів застосовувався метод гідростатичного зважування.

В табл. 1 (на рис. 1) представлена залежність від температури густини досліджуваних композитів, отриманих двома методами. Як видно, характер цієї залежності для всіх ситуацій має загальні особливості. Густина композитів знижується з температурою, зазначаючи різкої зміни в області температури плавлення полімеру. При цьому, в усьому аналізованому температурному діапазоні густина трьох розглянутих композитів є дещо вищою у разі другого методу їх отримання. Найбільші розбіжності значень густини досліджуваних матеріалів при використанні різних методів їх одержання спостерігаються для композитів, наповнених ВНТ, а найменші — мікрочастинками алюмінію. Причому ці розбіжності несуттєво змінюються з температурою.

Стосовно характеру співвідношення густини композитів при використанні різних наповнювачів, то в цілому для обох методів їх отримання найбільшу густину мають композити, наповнені ВНТ, меншу — частинками міді, і найменшу — частинками алюмінію. Хоча густина власне наповнювачів ранжується в іншому порядку. А саме, густина міді становить 8900 кг/м³;

алюмінію — 2700 кг/м³, а ВНТ — 2200 кг/м³. Зазначений характер співвідношення густини композитів пояснюється тим, що механізми їх формування більш суттєво впливають на густину композитів, ніж власне густина наповнювачів.

Згідно з отриманими даними, вплив методу отримання композитів на їх густину в кількісному відношенні невеликий. Так, для композитів, наповнених ВНТ, застосування другого з розглянутих методів призводить до підвищення їх густини не більше ніж на 7,8%.

Висновки.

1. Встановлено, що вплив методів одержання досліджуваних композитів та температури на зміну густини композиту незначний. При цьому відповідні розбіжності значень густини досліджуваних полімерних мікро- і нанокompозитів несуттєво змінюються з температурою.

2. Густина композитів, що розглядаються, виявляється дещо вищою при застосуванні другого методу їх одержання в усьому досліджуваному температурному діапазоні; співвідношення густини різних композитів відрізняються від співвідношення густини їхніх наповнювачів, що пояснюється більш суттєвим впливом на густину композиційних матеріалів механізмів їх формування у порівнянні з густиною наповнювачів.

Література

1. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Шеренковський Ю. В., Меранова Н. О. та ін. Екзотерми кристалізації для полімерних залежності теплоємності та густини нанокompозитів на основі полікарбонату. *МНЖ «Інтернаука»*. 2022. № 7. С. 65–69. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-7-8079>.
2. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Меранова Н. О., Шеренковський Ю. В. Влияние времени смешения компонентов в расплаве полимера на плотность нанокompозитов. *11th International scientific and practical conference «Science, innovations and education: problems and prospects»* (June 1–3, 2022). Tokyo, Japan, 2022. P. 358–364.
3. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Прокопов В. Г., Шеренковський Ю. В. та ін. Закономерности влияния на плотность полимерных нанокompозитов температурного режима их получения. *МНЖ «Інтернаука»*. 2021. № 13. С. 75–79. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-13-7530>.
4. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Шеренковський Ю. В., Меранова Н. О. та ін. Дослідження залежності густини нанокompозитів від тривалості змішування компонентів у розплаві полімеру. *МНЖ «Інтернаука»*. 2022. № 6 (125). С. 56–59. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-6-8045>.
5. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Прокопов В. Г., Меранова Н. О. Залежність густини нанокompозитів від величини перегріву розплаву полімеру. *2nd International scientific and practical conference «Modern science: innovations and prospects»* (November 7–9, 2021). Stockholm, Sweden, 2021. P. 323–327.
6. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Меранова Н. О., Кліщ А. В. та ін. Теплопровідні властивості полімерних мікро- і нанокompозитів для теплообмінних поверхонь. *МНЖ «Інтернаука»*. 2020. № 7 (87), 1 т. С. 42–46.
7. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Меранова Н. О., Шеренковський Ю. В., та ін. Теплота кристалізації полімерних мікро-і нанокompозиційних матеріалів для теплоенергетичного устаткування. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2019. № 5. С. 26–27.
8. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Прокопов В. Г., Шеренковський Ю. В. та ін. Створення низькотеплопровідних полімерних нанокompозитів для внутрішніх газовідвідних стволів димових труб котельень. *Енергетика і автоматика*. 2020. № 5. С. 57–68.
9. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Кліщ А. В., Хміль Д. П. Дослідження залежності теплофізичних властивостей полімерних мікро-і нанокompозитів від методу їх синтезу. *МНЖ «Інтернаука»*. 2019. № 12(74). С. 55–58.

10. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Шеренковський Ю. В., Меранова Н. О., Навродская Р. А. Теплопроводность полимерных микро- и нанокомполитов на основе полиэтилена при различных методах их получения. *Промышленная теплотехника*. 2017. № 4, т. 39. С. 21–26.
11. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Шеренковський Ю. В., Меранова Н. О. Влияние уровня перегрева расплава полимеров на теплофизические свойства нанокомполитов. *5th International scientific and practical conference «Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects»*. October 24–26, 2021). Berlin, Germany, 2021. P. 230–231.
12. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Меранова Н. О., Прокопов В. Г. та ін. Дослідження структуроутворення полімерних нанокомполитів на основі поліаміду 6 при його наповненні наночастинками діоксиду кремнію. 2024. № 8. С. 83–88. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2024-8-10182>.
13. Fialko N. M., Dinzhos R. V., Sherenkovskiy Ju. V., Meranova N. O., Navrodska R. O. Features of structure formation of dispersively filled with microcomposites with a polypropylene matrix. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2020. Vol. 89, No 2. P. 91–98. <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2020.89.211384>.
14. Fialko N., Meranova N., Sherenkovskii J., Navrodska R., etc. Establishing patterns in the structure formation of polymer nanocomposites based on polyamide 6 during their crystallization processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. 3(12 (129)). P. 62–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.306965>.
15. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Шеренковський Ю. В., Меранова Н. О., та ін. Особливості кристалізації полімерних композитів, наповнених мікрочастинками алюмінію. *МНЖ «Інтернаука»*. 2022. № 8(127). С. 61–65. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-8-8110>.
16. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Меранова Н. О., Прокопов В. Г. та ін. Аналіз експериментальних екзотерм кристалізації полімерних нанокомполитів «поліамід 6-діоксид кремнію». *МНЖ «Інтернаука»*. 2024. № 8 (163). С. 89–94. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2024-8-10182>.

УДК 623.459

Хоменко Євген Валентинович

аспірант, начальник

Центр досліджень

Khomenko Yevhen

Postgraduate Student, Head

Research Center

ORCID: 0009-0006-7006-3439

Костиця Сергій Володимирович

кандидат технічних наук,

офіцер відділу досліджень проблем протимінної діяльності

Центр досліджень

Kostyrya Serhiy

Candidate of Technical Sciences (PhD),

Officer of the Mine Action Research Department

Research Center

ORCID: 0000-0001-5215-080X

Будз Володимир Павлович

кандидат філософських наук,

офіцер відділу досліджень проблем протимінної діяльності

Центр досліджень

Budz Volodymyr

PhD in Philosophy, Associate Professor

Officer of the Mine Action Research Department

Research Center

ORCID: 0000-0002-9245-7571

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10853

**НЕТЕХНІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ТЕРИТОРІЙ, ІМОВІРНО
ЗАБРУДНЕНИХ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ:
МЕТОДОЛОГІЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ, КОНТРОЛЬ
ЯКОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**NON-TECHNICAL SURVEY OF TERRITORIES,
PRESUMABLY CONTAMINATED WITH EXPLOSIVE OBJECTS:
METHODOLOGY, CLASSIFICATION, QUALITY CONTROL
AND DEVELOPMENT PROSPECTS**

Анотація. У статті детально розглядається методологія проведення нетехнічного обстеження (НТО) територій, імовірно забруднених вибухонебезпечними предметами (ВНП), що є критично важливим етапом у системі гуманітарного розмінування. Висвітлюються нормативно-правові аспекти проведення НТО, зокрема міжнародні стандарти IMAS 08.10:2019 та національні регулювання, що визначають порядок проведення цього процесу в Україні. Проаналізовано ключові етапи НТО, включаючи планування, аналітичне дослідження, практичне обстеження та документування отриманих результатів. Особливу увагу приділено методам збору інформації, таким як аналіз архівних даних, картографічні дослідження, опитування місцевих жителів, використання дистанційного зондування та геоінформаційних систем (ГІС).

Розглянуто класифікацію територій за рівнем небезпеки, що є важливим для оптимального використання ресурсів у процесі очищення земель від ВНП. Визначено значення внутрішнього та зовнішнього контролю якості НТО, включаючи

механізми перевірки достовірності отриманих даних та відповідність міжнародним стандартам. Особливий акцент зроблено на впровадженні сучасних технологій у процес НТО, зокрема використання дронів та супутникових знімків.

У статті також наведено огляд міжнародного досвіду з гуманітарного розмінування та запропоновано рекомендації щодо вдосконалення системи НТО в Україні. Проаналізовано перспективи розвитку НТО, включаючи необхідність законодавчих змін, підготовку висококваліфікованих фахівців, розширення міжнародного співробітництва та залучення додаткового фінансування. Дослідження підкреслює важливість комплексного підходу до протимінної діяльності та інтеграції передових технологій у систему НТО для підвищення ефективності гуманітарного розмінування та забезпечення безпеки населення.

Ключові слова: нетехнічне обстеження, вибухонебезпечні предмети, протимінна діяльність, гуманітарне розмінування, міжнародні стандарти IMAS, контроль якості, цифрові технології.

Summary. The article discusses in detail the methodology for conducting non-technical inspection (NTS) of territories presumably contaminated with explosive ordnance, which is a critical stage in the system of humanitarian demining. The regulatory and legal aspects of conducting NPOs are highlighted, in particular the international standards IMAS 08.10:2019 and national regulations that determine the procedure for conducting this process in Ukraine. The key stages of NTS, including planning, analytical research, practical examination and documentation of the results obtained, are analyzed. Special attention is paid to methods of collecting information, such as analysis of archival data, cartographic research, surveys of local residents, the use of remote sensing and geographic information systems (GIS).

The classification of territories according to the level of danger, which is important for the optimal use of resources in the process of clearing lands from explosives objects, is considered. The importance of internal and external quality control of NTS has been determined, including mechanisms for verifying the reliability of the data obtained and compliance with international standards. Particular emphasis is placed on the introduction of modern technologies in the NTS process, in particular the use of drones and satellite images.

The article also provides an overview of international experience in humanitarian demining and offers recommendations for improving the NTS system in Ukraine. The prospects for the development of NTS are analyzed, including the need for legislative changes, training of highly qualified specialists, expansion of international cooperation and attraction of additional funding. The study highlights the importance of an integrated approach to mine action and the integration of advanced technologies into the NTS system to increase the effectiveness of humanitarian demining and ensure the safety of the population.

Key words: non-technical inspection, explosive ordnance, mine action, humanitarian demining, international IMAS standards, quality control, digital technologies.

Мета роботи. Забруднення територій вибухонебезпечними предметами (ВНП) є однією з найбільших загроз для цивільного населення, інфраструктури та економічного розвитку регіонів, що постраждали від збройних конфліктів. Особливо гостро ця проблема стоїть в Україні, де внаслідок бойових дій значна частина території може містити залишки мін, касетних боєприпасів, снарядів та інших вибухонебезпечних предметів. Така ситуація загрожує життю людей, обмежує доступ до сільськогосподарських земель, ускладнює відновлення критичної інфраструктури та уповільнює соціально-економічний розвиток [1; 2].

Виклад основного матеріалу. Ключовим завданням протимінної діяльності є ефективне визначення небезпечних територій та їхнє подальше очищення. Нетехнічне обстеження територій (НТО) є одним із перших і найважливіших етапів у цьому процесі, оскільки дозволяє виявити потенційно забруднені зони без необхідності застосування дороговартісних технічних засобів. Проведення НТО сприяє зниженню ризиків для цивільного населення, а також допомагає оптимізувати використання ресурсів у подальших етапах розмінування [3; 4].

Методологія НТО базується на міжнародних стандартах IMAS 08.10:2019, які визначають основні

принципи та процедури збору, аналізу й обробки інформації про забруднені території. Крім того, в Україні діють відповідні національні нормативні акти, зокрема СОП 08.10/ДСНС, що регламентують порядок проведення НТО з урахуванням місцевих умов [5–8].

У цій статті розглянуто теоретичні та практичні аспекти нетехнічного обстеження територій, його ключові етапи, методи збору даних, класифікацію територій за рівнем небезпеки, процедури контролю якості, а також перспективи подальшого розвитку цієї діяльності в Україні.

1. Методологія нетехнічного обстеження

Нетехнічне обстеження являє собою процес збору, аналізу та оцінки інформації щодо можливого забруднення територій ВНП без використання технічних засобів виявлення. Основною метою НТО є встановлення статусу території, визначення її пріоритетності для подальших заходів із гуманітарного розмінування та зменшення площі, що потребує дороговартісного технічного обстеження.

1.1. Основні принципи НТО

Нетехнічне обстеження базується на таких основних принципах:

- **Об'єктивність** — це означає, що всі висновки і рішення приймаються виключно на основі фактів,

які вдалося зібрати під час роботи. Виконавці не мають права додавати до звіту власні припущення, не підтверджені інформацією, або робити поспішні висновки на основі лише однієї розмови чи неперевіреної карти. Все має бути максимально неупередженим і чесним. Лише так можна забезпечити реальну оцінку ситуації і не наражати на небезпеку ні себе, ні інших.

- Системний підхід — це означає, що НТО не виконується окремо від інших етапів розмінування, а є частиною цілісного процесу. Інформацію треба збирати з різних джерел — від архівних документів і супутникових знімків до спілкування з місцевим населенням та огляду території. Усе зібране зводиться до купи, аналізується та використовується для формування загальної картини. Тільки системний підхід дозволяє побачити справжній масштаб проблеми та правильно визначити обсяг подальших робіт.
- Достовірність — це вимога перевіряти всю отриману інформацію та не покладатися на одне джерело. Якщо хтось повідомив про наявність мін чи боєприпасів на певній території, обов'язково треба знайти підтвердження, або інформацію в архівах, або свідків, які підтвердять таку інформацію. Висновки робляться лише тоді, коли факт справді перевірений. Такий підхід допомагає уникнути як зайвого ризику, так і витрат ресурсів на обстеження територій, які насправді безпечні.
- Безпека — це означає, що всі роботи під час НТО плануються і виконуються так, щоб максимально захистити фахівців та місцевих жителів від небезпеки. Перед початком робіт команда завжди оцінює ризики, визначає безпечні маршрути, планує евакуацію на випадок надзвичайної ситуації. Під час опитування місцевого населення чи огляду території заборонено наближатися до підозрілих предметів чи заходити в зони, де можуть бути міни чи боєприпаси. Безпека завжди стоїть на першому місці.

1.2. Основні етапи проведення НТО

Нетехнічне обстеження проводиться у кілька етапів, які включають:

- Планування — передбачає аналіз попередньої інформації про територію, що підлягає обстеженню, визначення маршрутів роботи та формування групи фахівців.
- Аналітичне дослідження — збір даних із відкритих джерел, включаючи архівні документи, карти міних полів, дані військових підрозділів, супутникові знімки, звіти міжнародних організацій, а також свідчення місцевих жителів.
- Практичне дослідження — безпосередній виїзд на територію з метою її оцінки, документування прямих і непрямих доказів забруднення ВНП, складання схем та фотознімків місцевості.
- Документування результатів — підготовка звітів, створення картографічних матеріалів, фіксація виявлених небезпечних ділянок та надання рекомендацій щодо подальших дій.

1.3. Методи збору інформації

Процес НТО базується на використанні різноманітних методів збору інформації, зокрема:

- Опитування місцевих жителів — один із найефективніших методів отримання даних, який дозволяє встановити історію забруднення території та отримати свідчення про місця можливого розташування ВНП.
- Аналіз історичних та архівних даних — вивчення військових карт, звітів про бойові дії, інформації про минулі випадки детонації вибухових пристроїв.
- Візуальний огляд місцевості — дослідження території на наявність характерних ознак забруднення, таких як вирви від вибухів, залишки боєприпасів або військові укріплення.
- Геоінформаційні системи (ГІС) та дистанційне зондування — використання супутникових знімків та аерофотознімання для визначення потенційно небезпечних територій.

Нетехнічне обстеження є важливою складовою у процесі протимінної діяльності, оскільки дозволяє отримати оперативну інформацію про масштаби забруднення та забезпечити ефективне планування заходів із очищення територій від ВНП.

1.4. Інструменти та спорядження НТО

Всі групи НТО повинні бути оснащені, як мінімум, наступним:

- Пристрій GPS — для визначення координат.
- Лазерний далекомір — для визначення відстаней у непрохідних районах.
- Рулетка — для визначення відстаней у безпечній території.
- Рації УКХ — для зв'язку між членами групи.
- ВЧ-радіостанція, супутникові/мобільні телефони — для належного зв'язку зі штабом.
- Фотокамера — для зйомки опитуваних, ймовірно небезпечної території/підтвердженої небезпечної території, безпечних точок спостереження тощо.
- Компас — для орієнтування під час позначення ділянок ймовірної небезпечної території/підтвердженої небезпечної території.
- Знаки та стрічки для маркування замінованих ділянок — для маркування ймовірної небезпечної території.
- Форми для звітів — можуть бути паперовими або електронними (планшет з відповідними застосунками).
- Ручки, записники, карти, лінійки, протрактори — для нотаток та роботи з картами.
- Автомобіль — повинен підходити для пересування на конкретній місцевості і мати змогу перевозити всю групу та їхнє спорядження.
- Фотографії найбільш поширених вибухонебезпечних боєприпасів — використовуються під час опитувань/зустрічей для ідентифікації вибухонебезпечних предметів.
- Аптечка — для базових медичних потреб.

2. Класифікація територій за рівнем небезпеки

Згідно з міжнародними стандартами, території класифікуються на три основні категорії:

- Імовірно небезпечні території — ділянки, де наявні непрямі докази забруднення (історичні дані, свідчення мешканців тощо). До таких доказів можуть належати інформація про минулі бойові дії, свідчення очевидців, картографічні дані, повідомлення про вибухи або знайдені боєприпаси. Часто ці території мають залишки оборонних укріплень, траншей або фортифікаційних споруд, що можуть свідчити про можливе забруднення ВВП.
- Підтверджено небезпечні території — ділянки, на яких виявлені прямі докази забруднення ВВП. Це можуть бути візуально ідентифіковані боєприпаси, залишки вибухових пристроїв, вирви від вибухів, наявність мінних знаків, підтвержені випадки підриву людей або техніки. Для таких територій необхідно вживати негайних заходів щодо обмеження доступу, маркування небезпечних зон та організації подальших операцій з очищення.
- Виключені території — ділянки, щодо яких немає жодних підтверджених доказів забруднення. Виключення території можливе лише після проведення ретельного аналізу отриманих даних та отримання кількох незалежних підтверджень від різних джерел. Такі території можуть бути повернені до цивільного використання або рекомендовані для проведення економічної діяльності.

Класифікація територій має вирішальне значення для визначення черговості заходів із розмінування та обґрунтування необхідності додаткових ресурсів. Чим вища точність класифікації, тим ефективніше використання матеріальних і людських ресурсів у протиміній діяльності [9].

3. Контроль якості проведення НТО

Контроль якості є невід'ємною частиною процесу НТО, оскільки від його точності залежить подальше планування заходів із розмінування. Виділяють два рівні контролю:

- Внутрішній контроль — здійснюється спеціальними підрозділами та включає перевірку звітної документації. Внутрішній контроль спрямований на оцінку повноти та достовірності даних, а також дотримання встановлених процедур.
- Зовнішній контроль — проводиться незалежними організаціями та включає аудит якості зібраних даних, перевірку відповідності стандартам IMAS. Це може включати повторну перевірку територій, аналіз документів, перевірку методів збору інформації та інші заходи з оцінки якості роботи груп НТО.

Контроль якості передбачає:

- аналіз методології обстеження,
- перевірку точності класифікації територій,
- оцінку відповідності зібраних даних міжнародним стандартам,

- проведення вибірових повторних обстежень для перевірки достовірності отриманих результатів.

Значна увага приділяється відповідності міжнародним стандартам IMAS, які регламентують процедури збору та обробки даних, складання звітності та оцінку ризиків [11; 12]. Також у рамках контролю якості проводиться аналіз факторів, що можуть впливати на достовірність отриманих даних: рівень підготовки фахівців, застосування сучасних технологій, умови роботи тощо.

Важливим елементом є використання технологічних рішень для підвищення точності НТО. Використання геоінформаційних систем (ГІС), супутникових знімків та дронів значно покращує контроль якості, дозволяючи отримати точні дані про території без необхідності фізичного доступу.

Таким чином, ретельний контроль якості сприяє підвищенню ефективності НТО та мінімізує ризики, пов'язані з можливими помилками у класифікації територій [10].

4. Перспективи розвитку системи НТО в Україні

Вдосконалення системи НТО має ключове значення для України. Основними напрямками розвитку є:

4.1. Законодавче врегулювання

Розширення нормативної бази та гармонізація українського законодавства з міжнародними стандартами дозволить підвищити ефективність процесу НТО. Зокрема, необхідно створити єдину законодавчу платформу для взаємодії між урядовими та неурядовими організаціями, що займаються гуманітарним розмінуванням. Важливим аспектом є запровадження чітких процедур фінансування протиміній діяльності та посилення відповідальності за порушення стандартів безпеки під час НТО.

4.2. Використання сучасних технологій

Застосування геоінформаційних систем (ГІС), супутникових знімків, дронів допоможе значно підвищити точність аналізу територій. Використання елементів штучного інтелекту дозволить автоматизувати процес класифікації територій та підвищити ефективність аналізу отриманих даних. Також перспективним є використання спеціалізованих роботизованих платформ для виявлення ВВП без необхідності фізичної присутності фахівців у небезпечних зонах.

4.3. Підготовка фахівців

Важливим напрямком розвитку є підвищення кваліфікації персоналу, що бере участь у НТО, шляхом навчання за міжнародними програмами. Запровадження сертифікації фахівців у сфері протиміній діяльності сприятиме підвищенню рівня професійної підготовки та відповідності міжнародним стандартам. Крім того, необхідно створити систему регулярного підвищення кваліфікації із застосуванням сучасних тренажерів та симуляторів.

4.4. Розширення міжнародної співпраці

Співпраця з міжнародними організаціями (UNMAS, GICHD) сприятиме вдосконаленню стандартів та обміну досвідом. Важливим є залучення міжнародного фінансування для реалізації проєктів із гуманітарного розмінування. Також необхідно посилити інтеграцію України в міжнародні ініціативи з протимінної діяльності, що дозволить обмінюватися передовими методиками та технологіями.

Висновки. Гуманітарне розмінування є надзвичайно складним і багатограним процесом, який охоплює не лише фізичне вилучення вибухонебезпечних предметів із землі, а й ретельну підготовку до цього етапу. Нетехнічне обстеження відіграє в цьому процесі роль фундаменту — саме воно визначає, де необхідно проводити розмінування, а де такі заходи можуть виявитися необґрунтованими або передчасними.

Сьогодні для України, яка зіштовхнулася з безпрецедентними масштабами мінної небезпеки, якісне проведення НТО набуває критично важливого значення. В умовах обмежених ресурсів та величезних площ потенційно забруднених територій, грамотне НТО дозволяє ефективно планувати сили і засоби, уникати марних витрат і концентрувати зусилля саперних підрозділів на дійсно небезпечних ділянках.

Ретельний збір та аналіз інформації в рамках НТО забезпечують основу для прийняття рішень про межі підтверджених небезпечних територій, з яких починається безпосереднє розмінування. Правильно виконане НТО дозволяє зменшити площу подальших технічних робіт, уникнути розмінування там,

де загрози вже не існує, і таким чином зекономити сотні годин і значні фінансові ресурси.

Особливої уваги набуває класифікація джерел інформації та ретельна перевірка достовірності кожного свідчення чи повідомлення. Неправильно виконане НТО може призвести до того, що небезпечна ділянка залишиться поза увагою, або ж, навпаки, великі площі будуть хибно віднесені до зон ризику, що значно затягне розмінування.

Контроль якості на етапі НТО напряму впливає на всю ефективність подальших робіт із розмінування. Помилки чи неточності, допущені під час збору та аналізу інформації, практично неможливо виправити на пізніших етапах, і вони мають будуть коштувати як часу, так і людських життів. Саме тому важливо посилити механізми контролю якості, забезпечити прозорість усіх процесів та підтримувати постійне навчання та розвиток фахівців.

У перспективі подальший розвиток системи НТО в Україні повинен орієнтуватися на впровадження сучасних технологій — цифрових картографічних систем, баз даних, супутникової розвідки та розвідки з допомогою дронів. Це дозволить пришвидшити процес обстеження, зробити його більш точним і забезпечити саперів максимально повною та актуальною інформацією перед початком розмінування.

Загалом, нетехнічне обстеження — це не просто підготовчий етап. Це стратегічний інструмент управління ризиками, який здатен визначити темпи, ефективність і безпеку усього процесу гуманітарного розмінування. В умовах України його роль не можна переоцінити, адже якісно виконане НТО — це запорука того, що розмінування буде точним, оперативним і врятує якомога більше людських життів.

Література

1. Беспалько Р., Гуцул Т., Казімір І., Мирончук К. Сучасні підходи до оцінювання черговості гуманітарного розмінування територій. *Технічні науки та технології*. 2023. № 1 (31). С. 146–157.
2. Руководство по вопросам противоминной деятельности. Изд. 2-е. Женева : ЖМЦГР (GICHD), 2005. 265 с.
3. Про прийняття за основу проєкту Закону України про протимінну діяльність в Україні : Постанова Верхов. Ради України від 06.11.2018 № 2606-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/260619#Text> (дата звернення: 20.03.2025)
4. ДСТУ-П 8820:2018. Протимінна діяльність. Процеси управління.
5. СОП 08.10/ДСНС. Порядок проведення нетехнічного обстеження територій.
6. IMAS 08.10:2019. International Mine Action Standards. Non-technical Survey.
7. IMAS 04.10 “Glossary of mine action terms, definitions and abbreviations”. IMAS. URL: <https://www.mineaction-standards.org/standards/04-10/> (дата звернення: 23.08.2024).
8. Про затвердження Інструкції з правил поведження військослужбовців на місцевості, на який є вибухонебезпечні предмети, та дотримання заходів мінної безпеки: наказ ГШ ЗСУ від 19.04.2018 № 161. 138 с.
9. Geneva International Centre for Humanitarian Demining. Best Practices in Non-Technical Survey.
10. UNMAS (United Nations Mine Action Service) Reports on Humanitarian Demining Initiatives.
11. IMAS 07.11 Вивільнення землі.
12. IMAS 07.12 Управління якістю протимінної діяльності.

УДК 621.391.822:623.746.7

Хоменко Євген Валентинович

аспірант, начальник

Центр досліджень

Khomenko Yevhen

PhD Student, Head

Research Center

ORCID: 0009-0006-7006-3439

Краснов Роман Володимирович

кандидат технічних наук, доцент,

офіцер відділу проблем розвитку озброєння та військової техніки,

застосування безпілотних комплексів та систем радіоелектронної боротьби

Центр досліджень

Krasnov Roman

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

Officer of the Department for the Development of Armaments and

Military Equipment, Use of Unmanned Systems and Electronic Warfare Systems

Research Center

ORCID: 0009-0005-8889-1868

Буданов Олег Валентинович

офіцер відділу проблем розвитку озброєння та військової техніки,

застосування безпілотних комплексів та систем радіоелектронної боротьби

Центр досліджень

Budanov Oleg

Officer of the Department for the Development of Armaments and

Military Equipment, Use of Unmanned Systems and Electronic Warfare Systems

Research Center

ORCID: 0000-0002-1105-4245

Льїн Сергій Олександрович

інженер відділу проблем розвитку озброєння та військової техніки,

застосування безпілотних комплексів та систем радіоелектронної боротьби

Центр досліджень

Pyin Serhiy

Engineer of the Department for the Development of Armaments and

Military Equipment, Use of Unmanned Systems and Electronic Warfare Systems

Research Center

ORCID: 0009-0009-1066-4891

Бондар Віктор Юрійович

начальник відділу досліджень проблем у сфері технічного прикриття

єдиної транспортної системи України та критичної інфраструктури

Центр досліджень

Bondar Viktor

Head of the Department for Research on Technical Security Issues

of Ukraine's Unified Transport System and Critical Infrastructure

Research Center

ORCID: 0009-0004-8286-4060

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10851

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ТА МЕЖ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ І МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ЗАДАЧАХ ДЕТЕКТУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

ANALYSIS OF EXISTING APPROACHES AND LIMITATIONS OF MODERN COMPUTER VISION AND MACHINE LEARNING ALGORITHMS IN THE DETECTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Анотація. Вступ. Досліджено сучасний стан розвитку та застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у цивільній та військовій сферах, що зумовило зростання потреби в ефективних засобах їх виявлення та протидії, особливо навколо об'єктів критичної інфраструктури. Встановлено, що одним із перспективних напрямів є візуальне виявлення БПЛА із застосуванням алгоритмів комп'ютерного зору та машинного навчання. Показано, що цей підхід має низку обмежень, пов'язаних із зовнішніми умовами (освітлення, погода), параметрами сенсорів (роздільна здатність, оптика), а також обмеженнями обчислювальних ресурсів і точністю алгоритмів. Водночас визначено ключову перевагу – пасивність візуального методу, що ускладнює його виявлення засобами радіоелектронної розвідки, та є критично важливим у військовому контексті.

У статті здійснено огляд сучасних комерційних і військових систем протидії БПЛА, визначено їхні технічні обмеження та відповідність актуальним викликам. Особливу увагу приділено методам виявлення, що ґрунтуються виключно на обробці візуальних даних. Проаналізовано межі ефективності таких методів з огляду на сучасні алгоритми глибинного навчання та доступні апаратні засоби.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, комп'ютерний зір, машинне навчання, детектування об'єктів.

Summary. Introduction. The current state of development and application of unmanned aerial vehicles (UAVs) in both civilian and military domains is examined, highlighting the growing need for effective means of detection and counteraction, particularly around critical infrastructure sites. It is established that one of the promising directions is visual UAV detection using computer vision and machine learning algorithms. This approach, however, has several limitations related to external conditions (lighting, weather), sensor parameters (resolution, optics), as well as computational resource constraints and algorithm accuracy. At the same time, a key advantage is identified – the passive nature of the visual method, which complicates its detection by electronic intelligence systems, making it critically important in a military context.

The article reviews modern commercial and military counter-UAV systems, identifying their technical limitations and how well they address current challenges. Special attention is given to detection methods based solely on visual data processing. The limits of effectiveness of such methods are analysed considering current deep learning algorithms and available hardware.

Key words: unmanned aerial vehicle, computer vision, machine learning, object detection, counteraction.

Аналіз важливості візуального детектування для СП БПЛА

Сучасні СП БПЛА є складними програмно-апаратними комплексами, які поєднують обробку даних із різноманітних сенсорів для точної ідентифікації загроз та інтеграції з існуючими системами безпеки. У переважній більшості сучасні комплексні СП БПЛА сконцентровані на відстеженні та нейтралізації загроз, пов'язаних із використанням цивільних БПЛА I класу [1, с. 3] або їх незначних модифікацій. Військові системи також призначені для захисту від безпілотників II та III класів. Основними засобами виявлення (ЗВ) БПЛА є активні радары, радіоелектронне детектування протоколів

та засобів зв'язку, візуальне виявлення оптичними системами та акустичне сканування. Усі ці канали інформації поєднуються завдяки алгоритмам обробки даних, що дозволяє покращувати точність кожного з них окремо, нівелювати їх недоліки, для того щоб заздалегідь реагувати на потенційні загрози й мінімізувати ризики для об'єктів, що перебувають під захистом.

Усі ЗВ БПЛА можна умовно поділити за радіусом на дальні (сотні метрів і більше) і ближні (кілька сотень метрів і менше) (див. рис. 1).

Критерієм потрапляння в категорію є здатність певного типу сенсора незалежно від інших каналів отримання інформації виявляти БПЛА в певному

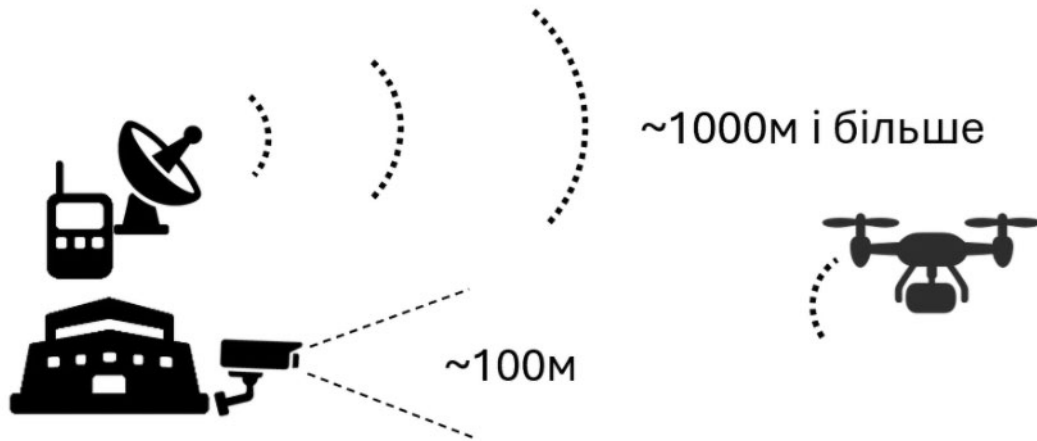


Рис. 1. Зони дії різних типів сенсорів

Джерело: розробка авторів

діапазоні відстаней [1, с. 9]. До дальніх ЗВ можемо віднести:

- радары (Ka-, Ku-, X-, C-діапазонів), які виявляють цілі на значних відстанях, хоча можуть мати складнощі з низькою ефективною площею розсіювання, яку мають більшість БПЛА, і малою висотою польоту;
- радіочастотні сканери, що виявляють типові частоти сигналів керування і зворотного зв'язку чи телеметрії.

До ближніх ЗВ БПЛА можна віднести:

- оптичні та тепловізійні камери з можливістю розпізнання та класифікації БПЛА;
- акустичні сенсори.

Після детектування, локалізації, та визначення ступеня загрози від БПЛА, вживаються наявні засоби протидії. Серед них можна виокремити:

- Засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ) — для перешкоджання або придушення каналів керування й навігації БПЛА [1, с. 16];
- Кінетичні та механічні методи — від фізичного знищення засобами вогневого ураження, до спеціалізованих БПЛА-перехоплювачів.
- Засоби високоенергетичної спрямованої дії (лазерна зброя, мікрохвильове випромінювання) [1, с. 23], які поки обмежені високою вартістю та не підтвердженими функціональними характеристиками. У більшості існують в якості дослідницьких прототипів.

Найпоширеніша конфігурація сучасних СП БПЛА — поєднання радарів і оптичних засобів (камер видимого та ІР діапазонів) зі спрямованими системами радіоелектронної боротьби (РЕБ) і рідше, у військових застосуваннях, кінетичних засобів ураження. Комбінування оптичних сенсорів з радарми обумовлене тим, що навіть у найкращих зразків активних радарів похибка в азимуті сягає близько 1°, а у відстані до виявленого об'єкта — кількох метрів, що навіть на відстанях у кілька сотень метрів

значно погіршує точність наведення та ідентифікацію цілей. Це не є критичним для застосування засобів РЕБ, але використання кінетичних засобів без оптичного наведення майже неможливе.

Швидкий розвиток та здешевлення відповідних технологій привів до масштабного виготовлення і широкого використання БПЛА-камікадзе різного типу, які виконують функції розвідки та високоточних засобів ураження особового складу та техніки під час російсько-української війни [2]. Саме через масштаби використання БПЛА та колосальну різницю вартості сучасних СП та об'єктів, які вони покликані захищати, виникає потреба в ефективних, легко масштабованих і економічно обґрунтованих рішеннях, які можна застосовувати на чисельних об'єктах вздовж усієї лінії бойового зіткнення.

Незважаючи на широкий набір ЗВ, існуючі СП БПЛА мають обмеження у боротьбі зі швидко еволюціонуючими технологічними рішеннями, орієнтованими на нейтралізацію або прихований обхід відомих засобів. Новітні БПЛА, що використовують нестандартні протоколи зв'язку, алгоритми автоматичного наведення, стають дедалі автономнішими і менш помітними для стандартних ЗВ. Наприклад, значні складнощі створює використання оптоволоконного кабелю для передачі сигналів керування БПЛА, що робить практично неможливим виявлення загрози радіочастотними сканерами (через повну відсутність випромінювання), а низька висота польоту при такому типі керування значно ускладнює виявлення за допомогою радарів. У результаті нівелюються зони виявлення дальнього радіусу дії. У найскладніших випадках СП БПЛА залишається покладатися лише на візуальні чи акустичні системи виявлення ближнього радіусу дії.

Мета роботи. У цій роботі автори оцінюють можливість створення повністю пасивного етапу детектування ближнього радіусу дії засобами візуальної ідентифікації з використанням простих

оптичних систем та існуючих алгоритмів обробки візуальної інформації. Проведено порівняльний аналіз алгоритмів візуального детектування об'єктів і прикладів їх практичного застосування або тестування на реальних даних. Оскільки для задач захисту від БПЛА критичним є максимізація часу для використання наявних засобів протидії, аналізуються підходи, які дозволяють виявляти БПЛА на максимально можливій відстані згідно з оптичними характеристиками поширених сенсорів.

Виклад основного матеріалу. Підходи до оцінки якості детектування. У літературі по детектуванню об'єктів на зображеннях часто для оцінки успішності виявлення використовують класичний критерій Джонсона [3]. Він сформулював співвідношення між роздільною здатністю видимих лінійних пар відносно розміру об'єкту, та здатністю спостерігача виконувати завдання, такі як детектування, орієнтацію, розпізнавання та ідентифікацію з імовірністю 50%. На практиці це зручно, оскільки, знаючи оптичні параметри використовуваної системи, можна просто розрахувати відстань до виявленого об'єкта. Проте оригінальний критерій Джонсона має цілий ряд обмежень, якщо намагатись його застосовувати безпосередньо до результатів роботи сучасних алгоритмів КЗ та цифрових форматів представлення зображень. У спробах адаптувати критерій Джонсона під сучасні вимоги, запропоновано цілий ряд оновлених підходів до оцінки якості задач детектування об'єктів. В роботах, які стосуються перегляду критерія Джонсона, [4] оригінальні межі детектування, як правило, збільшуються, тобто показано, що для стійкості практичного використання результатів розпізнавання потрібно більше інформації.

У широкому спектрі задач розпізнавання складних за формою об'єктів, прив'язка оцінки результатів роботи алгоритмів візуального розпізнавання безпосередньо до розмірів об'єктів у пікселях на вхідному зображенні є складною і не завжди досяжною. На практиці значно частіше використовуються метрики, прив'язані до якості результатів розпізнавання [5]. Найпоширеніші з них:

- *Recall (R)* — повнота, фактично це відсоток виявлених алгоритмом об'єктів певного класу (або кількох класів);
- *Average Precision (AP)* — інтегральна характеристика точності та повноти розпізнавання, вона характеризує здатність алгоритму визначати клас об'єктів, розташування, та одночасно не пропускати об'єкти у вхідних зображеннях;
- *Mean Average Precision (mAP)* — середнє значення для кількох класів об'єктів;
- *Intersection over Union (IoU)* — міра точності детектування окремого об'єкта, характеризує наскільки алгоритм якісно визначив саме розташування об'єкта на вхідному зображенні.

Залежно від задач або меж застосування алгоритмів, для наочності, також часто виокремлюють

метрики, специфічні для деяких підкласів, — середня точність для розпізнавання об'єктів, визначених у рамках експерименту або тестового набору даних як маленькі

Ці та інші критерії мають свої межі та умови застосування, і їх інтерпретація може зміщуватись відповідно до специфіки задач, класу об'єктів розпізнавання, тощо. У контексті даної роботи вони нас цікавлять саме як найбільш поширені критерії для того, щоб мати змогу узагальнювати та інтерпретувати результати численних досліджень, фокусуючись на детектуванні дрібних об'єктів.

Архітектурні особливості в розпізнаванні дрібних об'єктів алгоритмами CNN

Останніми роками відбувся відчутний прогрес у сфері розпізнавання та класифікації об'єктів на цифрових зображеннях. У значній мірі це відбулось завдяки розвитку алгоритмів сімейства CNN, починаючи від фундаментальних архітектур, таких як LeNet та AlexNet [6], до сучасних складних багаторівневих нейронних мереж. Успіх CNN обумовлений не тільки численними інноваціями в архітектурі, а також вдосконаленням методів навчання, зростаючою доступністю великих обсягів даних та високопродуктивних обчислювальних платформ. Ці алгоритми не лише перевершують класичні методи КЗ в традиційних для останніх сферах застосування, але й ефективно застосовуються у задачах детектування об'єктів, семантичної сегментації та навіть генерації зображень.

Алгоритм розпізнавання на основі CNN обробляє зображення шляхом послідовного сканування для визначення ділянок, де ймовірно можуть бути присутні відомі об'єкти, та класифікації цих ділянок за типами [7]. У цьому процесі, серед інших, нас цікавлять два з чотирьох основних етапів (див. Рис. 2):

- *Згортка* — у CNN так називають спеціальну математичну операцію, що використовується для обробки зображень або інших типів даних. Параметри цих операцій визначаються автоматично під час процедури навчання;
- *Пулінг* — це операція зменшення розмірності мап ознак, отриманих після згортки, з метою узагальнення інформації та оптимізації обчислень.

Спочатку алгоритм CNN отримує змістовні візуальні ознаки із вхідного зображення, використовуючи згорткові шари. У результаті такої операції отримується карта ознак, у якій в концентрованому вигляді виділені певні характеристики вхідного зображення, наприклад, краї, контури, текстури. Після цього CNN локалізує об'єкти в певних областях зображення, класифікує їх серед відомих категорій (транспортні засоби, люди, будівлі, тощо) та присвоює кожному детектуванню чисельну міру вірогідності.

Наведені особливості роботи CNN алгоритмів на жаль, є джерелом обмежень в задачах детектування

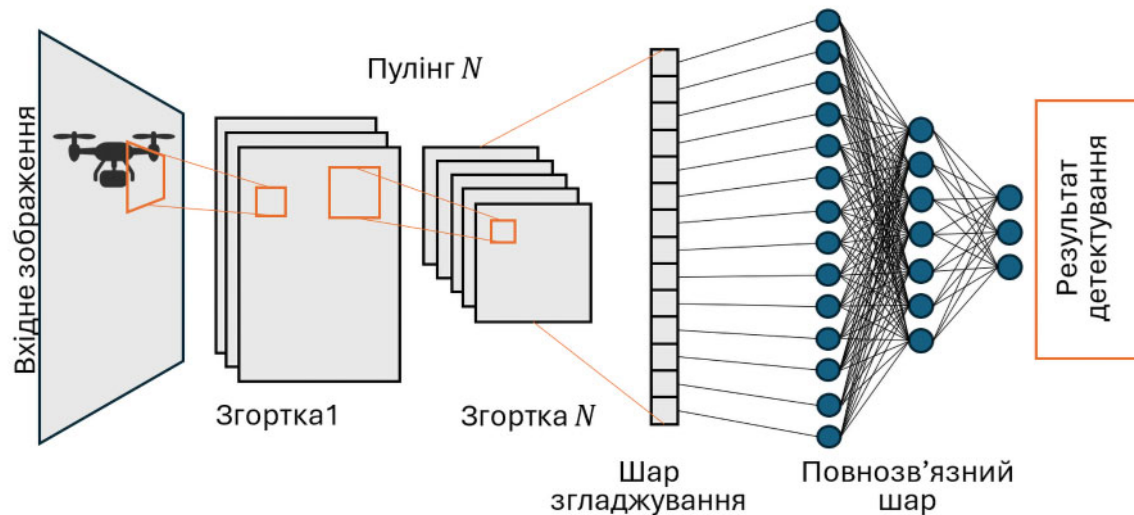


Рис. 2. Типова схема CNN мережі
Джерело: розробка авторів на основі [18]

дрібних об'єктів. Однією з головних проблем є те, що у процесі роботи CNN зображення послідовно зменшується, проходячи через шари мережі, саме через застосування згорток та пулінгу. Таке зменшення роздільної здатності призводить до втрати просторових деталей, що особливо критично для точного розпізнавання та локалізації малих об'єктів. Крім того, дрібні об'єкти містять меншу кількість пікселів, через що отримані ознаки часто є недостатньо чіткими й можуть бути легко переплутані з фоном чи шумами. Також у CNN алгоритмах іноді використовуються заздалегідь визначені опорні рамки, призначені для виділення можливих областей розташування об'єктів, або просто крок сканування може бути не оптимальним з тих чи інших причин для задачі детектування дрібних об'єктів, що значно погіршує міру точності і відчутно знижує оцінку кінцевих результатів детектування.

Через згадані вище особливості архітектури алгоритмів на базі CNN, їх ефективність у детектуванні дрібних об'єктів зазвичай поступається результатам при виявленні відносно великих і виразних цілей. Зрозуміло, що така специфіка роботи і контекст задач вимагають адаптації загальних підходів. Виходячи з оглядових досліджень та порівняльного аналізу результатів тестів різних варіантів реалізації CNN-алгоритмів, наведених у працях [8; 9; 10; 11] можна виокремити кілька найперспективніших модифікацій базової архітектури, які оптимізують її для детектування дрібних об'єктів на зображеннях:

- *Мережа пірамід ознак* (англ. *Feature Pyramid Network*) — значно покращують здатність вилучення ознак на високих згорткових рівнях, що є ключовим для малих об'єктів, оскільки саме там відбуваються основні втрати інформації про цільовий об'єкт через зменшення роздільної здатності;

- *Механізми уваги* — модулі уваги допомагають CNN фокусуватись на регіонах, де імовірно знаходиться об'єкт детектування [12], підсилюючи інформативні ознаки (наприклад, дрібних об'єктів) та пригнічуючи зайву інформацію (наприклад, ділянки однорідного фону тощо);
- *Контекстне посилення ознак* — використання ширшої контекстної інформації суттєво покращує виявлення малих об'єктів завдяки інтеграції інформації про оточення. Так, для задач виявлення БПЛА цей підхід може покращити детектування на фоні хмарного неба;
- *Інтеграція Transformer-CNN* — це ще один механізм врахування контексту цілого вхідного зображення, Transformer-модулі додають до CNN можливість враховувати взаємозв'язки між далекими частинами зображення. Наприклад, *Detection Transformer (DETR)* використовує механізм самоуваги для одночасної обробки усєї сцени [19];
- *Розширені згортки* (англ. *Dilated Convolutions*) — це механізм штучного збільшення рецептивного поля згортки без збільшення кількості параметрів. Фактично, на вхід в операцію згортки подається зображення з пропусками окремих рядків та стовпчиків пікселів, що розширює область навколо об'єкта, яку аналізує мережа CNN. Це дозволяє зменшити ефект втрати просторової роздільної здатності і покращує точність виявлення малих об'єктів. Підбираючи коефіцієнт розширення, можна адаптувати детектування під потрібний розмір та масштаб вхідних даних;
- *Спеціалізовані функції втрат* — користувацькі функції втрат, орієнтовані на підвищення ефективності виявлення малих об'єктів. В таких задачах CNN-алгоритм здебільшого виконує передбачення для фону або інших неінформативних областей, що призводить до дисбалансу під час навчання (малі

об'єкти статистично мають незначний вплив на загальні показники помилки). Через це мережа навчається поступово їх ігнорувати, ускладнюючи інтерпретацію результатів;

- *Стратегії розширення даних (англ. Data Augmentation)* — набір технік, які дозволяють штучно збільшити обсяг навчальних даних [13]. Якість та достатній об'єм даних, на якому навчається та або інша модель CNN, має критичне значення для отримання Бажаних результатів. На практиці побудова навчальних чи тестових наборів даних є дуже складною задачею, яка вимагає значних ресурсів. Тому стратегії розширення і набули своєї популярності, адже вони дозволяють підвищити якість навчання мережі та точність детектування, навіть за умови обмежених навчальних вибірок для об'єктів будь-яких розмірів;
- *Безанкерні методи (англ. Anchor-Free Methods)* — окремий підхід до розпізнавання об'єктів, який не використовує спеціалізовану вхідну розмітку, так звані анкери. І хоча безанкерні методи використовують аналогічні до інших CNN ановані дані для навчання, вони значно менше покладаються на розмітку для визначення меж об'єктів, що зменшує залежність результатів від якості розмітки;
- *Гіпер-виведення (англ. Slicing Aided Hyper Inference (SAHI))* — полягає в розбитті зображення на фрагменти з перекриттям [14], незалежному детектуванні об'єктів у кожному фрагменті та об'єднанні результатів. Метод SAHI може застосовуватися до різних моделей детектування на базі CNN без необхідності зміни їхньої архітектури або перенавчання, оскільки він працює як зовнішній механізм і фактично адаптує зображення більшої роздільної здатності до оптимального розміру на якому проводилось навчання. Практичні тести показують, що SAHI покращує точність та повноту виявлення дрібних об'єктів. Значним недоліком методу є зростання обчислювального навантаження через паралельне виконання кількох розпізнавань.

Ці архітектурні та методологічні вдосконалення подекуди частково або повністю усувають специфічні обмеження CNN, які впливають на якість розпізнавання невеликих об'єктів. Багато з цих підходів можна використовувати одночасно модифікуючи базові варіанти реалізації різних алгоритмів. Це на практиці породжує десятки, якщо не сотні варіацій реалізації алгоритмів CNN для розпізнавання зображень. Це породжує окрему задачу визначення, яка з варіацій є найбільш вдалою в рамках поставлених задач, оскільки суто теоретично передбачити це неможливо.

Публічні набори даних для перевірки алгоритмів розпізнавання

Для навчання та оцінки результатів роботи CNN-алгоритмів доступні численні публічні набори даних, однак більшість із них орієнтовані на досить загальні задачі детектування об'єктів, де

в пріоритеті надається кількості розпізнаваних класів, а не розмір у кадрі. У таких наборах як PASCAL VOC, VisDrone2019-DET чи MS COCO [9], хоч і присутні об'єкти різного масштабу, виявлення справді дрібних цілей не є основним завданням. Натомість спеціалізовані набори, як наприклад UA-DETRAC, DOTA-v2.0 та SODA-D [10], у значно більшій мірі фокусуються на малорозмірних об'єктах, у складних і реалістичних умовах, релевантних для цільового контексту.

На практиці існують десятки або навіть сотні різних вузько спеціалізованих наборів оптимізованих для розпізнавання тих чи інших класів об'єктів. Вони були вилучені з аналізу, оскільки орієнтовані на розпізнавання об'єктів занадто специфічної геометричної форми (наприклад дорожні знаки), або на однорідному фоні (судна, або інші об'єкти які плавають на воді, люди на фоні одноманітних пейзажів, як-от пляж). Це зроблено свідомо, оскільки подібні фактори значно впливають на результати детектування. Крім того, так як нас значною мірою цікавить порівняння якості та меж розпізнавання різних алгоритмів між собою, логічним буде обмежитись популярними та широко використовуваними наборами даних у яких порівняння результатів є більш надійним.

На жаль, у публічних наборах тестових даних немає чіткого визначення того, що можна вважати «невеликим об'єктом». Умовно їх розмір в пікселях на зображенні можна визначити відштовхуючись від одного з найбільших і найпопулярніших наборів MS COCO. В дослідженнях, які його використовують, до метрики результатів тестів AP_{small} відносять усі об'єкти, які мають розміри на зображенні менші за 32×32 пікселі. Хоча це й важко назвати стандартом, але на практиці використовується як умовний орієнтир. Цієї межі переважно дотримуються і спеціалізовані набори даних.

Найбільший інтерес в рамках даної роботи звісно представляють набори даних, які безпосередньо містять фото та відео БПЛА: TIB-Net, Det-Fly, DUT Anti-UAV, ARD-MAV, UAVfly [15]. У зазначених публічних наборах можна знайти зображення лише комерційних моделей квадрокоптерів, що, безумовно, є найближчою апроксимацією до оцінюваних можливостей оптичного детектування БПЛА. До того ж, характер фону типового фону представленого в цих наборах, оточення, та форми самих об'єктів є найбільш релевантними для аналізу детектування.

Для порівняння, ключові характеристики згаданих вище тестових наборів представлено в таблиці 1.

З огляду на відмінність підходів до тестування та розробки наборів даних, дуже складно визначити єдиний, однозначно інтерпретований критерій оцінки точності детектування. Через велику кількість варіацій реалізації кінцевої архітектури CNN-алгоритмів майже неможливо провести порівняльний тест в абсолютно однакових умовах. Крім того,

Таблиця 1

Порівняння публічних наборів тестових даних

Характеристика	Розмір набору	Кількість категорій	Складність сцени	Відсоток малих об'єктів	Розміри малих об'єктів в пікселях
PASCAL-VOC	~2.6 млн	20	Середня	~10%	~200×200–50×50
VisDrone2019-DET	~0.5 млн	13	Висока	~20%	~80×80–10×10
MS COCO	~2.6 млн	80	Висока	~10%	~250×250–30×30
UA-DETRAC	~1.2 млн	5	Середня	~10%	~30×30–20×20
DOTA-v2.0,	~1.8 млн	18	Середня	~70%	~50×50–10×10
SODA-D	~280000	9	Висока	~70%	~32×32–16×16
TIB-Net	~3000	2	Висока	~80%	~45×45–10×10
Det-Fly	~13300	1	Висока	~50%	~60×60–20×20
DUT Anti-UAV	~10000	1	Висока	~90%	~30×30–10×10
ARD-MAV	~110000	1	Висока	~90%	~30×30–8×8
UAfly	~10000	1	Висока	~80%	~50×50–20×20

Джерело: розробка авторів на основі [34; 35; 36]

далеко не всі версії доступні публічно для розгортання і виконання тестів незалежно. Тому так чи інакше доводиться покладатися на найбільш поширені метрики AP_{small} , та групувати чисельні результати за розмірами, у тих випадках де дослідники їх явно диференціюють.

Найбільш вдалі алгоритми CNN для розпізнавання дрібних об'єктів

Ціла низка порівняльних досліджень містить набір результатів детектування дрібних об'єктів на зображеннях різними реалізаціями алгоритмів CNN [11; 16, с. 22; 17, с. 19; 15 с. 22]. На основі даних з оглядів було відібрано реалізації, які досягають найвищих показників AP_{small} . Ці моделі також демонструють високі результати для об'єктів середнього та великого розміру. Також численні тести показують, що моделі, які добре працюють на спеціалізованих даних для БПЛА, мають високі показники для інших класів об'єктів із загальних наборів даних і, відповідно, алгоритми розпізнавання значно більш чутливі до загальної архітектури і підбору даних для навчання, ніж до конкретного типу об'єктів. Тому до списку рекомендованих результатів можна включати алгоритми CNN, які мають підтвержені результати на малих об'єктах загального призначення. Це дозволяє мати ширший вибір для узагальнення особливостей CNN, які корисні в задачах розпізнавання дрібних об'єктів.

Отже, найвищої точності в різних дослідженнях на різних типах даних, де явно виокремлюються результати детектування дрібних об'єктів досягають наступні реалізації CNN: Faster R-CNN, Grid-RCNN [11, с. 23], STDnet-ST++ [18, с. 9], DETR [19], ESOD [20] та FreeAnchor [21]. Вони поділяють кілька вищезгаданих підходів до детектування, дрібних об'єктів, які підтвержені експериментально, як мінімум в кількох незалежних роботах:

- *Мережа пірамід ознак* — мабуть найпоширеніше і одне з найрезультативніших вдосконалень, яке

значною мірою покращує врахування візуальних ознак дрібних об'єктів;

- *Механізми уваги* — у тій чи іншій формі більшість згаданих архітектур CNN реалізують механізми уваги і підсилюють окремі зони детектування;
- *Уточнення локалізації* — часто зниження загальної якості розпізнавання відбувається через низькі показники IoU , наявність різноманітних механізмів компенсації цієї проблеми для дрібних об'єктів також дає відчутний позитивний результат.

Також важливою спільною рисою усіх цих алгоритмів є те, що вони являють собою так звані двоступеневі детектори, через це досить вимогливі до обчислювальних потужностей. Це є суттєвим аргументом для практичного застосування у вбудованих або автономних системах. Як з точки зору споживання енергії, так і з огляду необхідності застосування відповідного обладнання.

Від цих алгоритмів зовсім незначно відстає найпопулярніший одноступеневий алгоритм сімейства YOLO (скорочення від You Only Look Once). Цей алгоритм надзвичайно популярний і на сьогодні існує аж одинадцять поколінь [22]. Останнє з яких з покоління в покоління інтегрувала варіації майже усіх згаданих вище вдосконалень CNN для детектування дрібних об'єктів, при цьому зберігши фокус на швидкість відпрацювання, загальний розмір даних навчених моделей, тощо. Тому, за умови виконання детектування автономними системами в режимі реального часу, цей алгоритм є однозначним лідером з практичної точки зору.

Згадані в цьому розділі реалізації CNN мають практичні результати які засвідчують їх здатність детектувати об'єкти розміром від 32 до 16 пікселів на зображеннях. Після цієї межі, якість розпізнавання різко зменшується, особливо відчутно падає повнота виявлення, тобто алгоритми перестають бачити значний відсоток об'єктів, що є неприпустимо для СП БПЛА. Розмір об'єкта в 16 пікселів на

Таблиця 2

Максимальна відстань детектування типового БПЛА квадрокоптерного типу

	Роздільна здатність	Кут 60°, відстань м	Кут 90°, відстань м
VGA	640×480	~16	~10
HD	1280×720	~32	~20
FullHD	1920×1080	~47	~31
2K	2560×1440	~62	~41
4k	3870×2160	~93	~61
8k	7680×4320	~187	~122

Джерело: розробка авторів

цифровому зображенні можна на сьогодні оцінити як межу розпізнавання сучасних алгоритмів CNN при якому більшість об'єктів у кадрі будуть виявлені і локалізовані. З огляду на це, можна оцінити максимальну відстань виявлення об'єктів типового розміру для БПЛА квадрокоптерного типу (порядку 30 см по горизонталі). У таблиці 2 наведено результати розрахунку відстані для найпоширеніших стандартів відеоданих та камер, які мають типові кути огляду і які найчастіше використовуються у вбудованих обчислювальних платформах, робототехніці, та подібних галузях.

Детектування і відстеження БПЛА в режимі обробки відео

В типових задачах СП БПЛА, корінь первинного детектування потрібно здійснювати супровід цілі під час її руху для ідентифікації загрози та активації засобів протидії. Для цього широко використовуються спеціальні алгоритми відстеження. Якщо перейти від обробки зображень окремих кадрів до відео, то у потік вхідної інформації додається окремий часовий вимір і зростає обсяг даних для алгоритмів обробки. Це дає додаткові дані, які можуть впливати на кінцевий результат детектування.

В найбільш поширеному вигляді алгоритми стеження можуть базуватись на КЗ (статистичне диференціювання кадрів чи віднімання фону) в комбінації з класичними фільтрами Калмана чи фільтра частинок [23, с. 3], для відсіювання хибних результатів. Для покращення результатів також широко використовуються різні алгоритми CNN [23]. Така комбінація свого часу стала досить поширеним підходом з наступними типовими кроками:

- виявлення руху використовується для звуження пошуку (привертання уваги);
- детектування об'єкта в цій області за допомогою CNN-алгоритму підтверджує результат;
- результат застосовується для стеження для зіставлення окремих детектувань між собою та відкидання хибних з цього ряду.

Найбільш відомими та вдалим реалізаціями цього підходу можна назвати алгоритми SORT, Deep SORT, Byte Track, [24]. Вони підвищують стабільність роботи алгоритмів відстеження, так як

справжні цілі імовірніше залишатимуться стійкими між кадрами, шум буде зазнавати більше випадкових змін, а використання CNN надає додаткові можливості для фільтрації. Проте, це не впливає значною мірою на здатність детектування менших об'єктів у кадрі і межа використання залишається близькою до обмежень використаного детектора, оскільки він незалежно виконує свою функцію на кожному окремому кадрі.

У процесі розвитку алгоритмів нейронних мереж, для обробки інформації з послідовною структурою, виник цілий підклас так званих Recurrent Neural Networks [24]. Ці мережі мають перевагу для обробки аудіо чи відео, так як не розглядають введення даних незалежно, а мають приховану пам'ять, яка враховує попередні стани вхідних даних. Для задач відстеження об'єкту в кадрі, природною є ідея інтегрувати часовий розподіл даних, який дає відео потік безпосередньо з алгоритмом розпізнавання, об'єднавши детектування і відстеження в одну мережу. Відомі спроби реалізувати цей підхід було зроблено в реалізаціях алгоритмів D&T, RCN, FairMOT [24]. Усі вони поділяють загальну ідею: замість розподілу задач детектування та відслідковування як послідовних і незалежних, ці методи намагаються поєднати часові закономірності руху у вигляді траєкторій та просторові ознаки об'єктів виявлених на окремих зображеннях, таким чином, щоб вони підсилювали одні одних. Головний принцип полягає в тому, що часова зв'язаність (темпоральна узгодженість) певною мірою компенсує недостатні візуальні дані для детектування.

Слід зауважити, що паралельне виконання двох задач (незалежних чи зв'язаних), на перший погляд, підвищує вимоги до загальної обчислювальної потужності. Але для обох груп алгоритмів, описаних вище, детектування може оптимізуватись лише частинами зображень, де спостерігають рухомі об'єкти, тому однозначної відповіді дати не можна — вимоги можуть як збільшуватись, так і зменшуватись залежно від комбінації реалізації стеження/детектування. Це параметр на практиці завжди слід враховувати, оскільки неможливість обробляти кожен кадр в режимі реального часу може значно впливати на отримані результати.

Підсумовуючи вплив алгоритмів відстеження на загальну якість або ефективність детектування малих об'єктів, можна однозначно стверджувати, що поєднання обох задач має позитивний вплив на повноту виявлення. Тобто додавання розподілу кадрів в часі з відео потоку, дозволяє виявляти більший відсоток малих об'єктів, ніж з використанням окремих кадрів. Але їх абсолютний розмір у пікселях, а отже, критичний для нас параметр, максимальна відстань детектування — залишається майже незмінним.

Обговорення і Висновки. Проведений аналіз демонструє, що, незважаючи на значний прогрес у розвитку алгоритмів глибокого навчання та комп'ютерного зору, детектування малих об'єктів, зокрема БПЛА, за допомогою оптичних систем залишається складним завданням із низкою об'єктивних обмежень. Сучасні CNN-архітектури, включаючи найуспішніші реалізації, починають суттєво втрачати точність розпізнавання на об'єктах, розмір яких у кадрі менше 16×16 пікселів. Це обмежує максимальну відстань ефективного виявлення БПЛА навіть за умови використання камер з високою роздільною здатністю та вузьким кутом огляду.

Разом з тим, певні архітектурні рішення (мережі пірамід ознак, механізми уваги, SAHI, тощо), дозволяють частково компенсувати втрати

інформативності, підвищуючи якість виявлення в складних умовах. Об'єднання алгоритмів детектування та стеження також дозволяє покращити повноту виявлення, особливо в умовах обробки відео даних.

У контексті побудови ефективних СП БПЛА ближнього радіусу дії, навіть обмежені можливості сучасних CNN-алгоритмів можуть бути використані в економічно ефективних рішеннях, особливо в ситуаціях, коли інші канали виявлення (радар, радіочастотний моніторинг) є неефективними.

Перспективні напрямки подальших досліджень включають:

- створення спеціалізованих навчальних вибірок із фокусом на реальні умови детектування БПЛА (фон, освітлення, масштаб);
- оптимізацію обчислювальних моделей для вбудованих платформ з обмеженими ресурсами;
- тестування в умовах, наближених до бойових або польових, із фіксацією реальних метрик якості виявлення для різних конфігурацій систем.

Таким чином, попри об'єктивні технологічні межі, сучасні алгоритми CNN залишаються придатними для використання в оптичному детектуванні БПЛА на обмежених відстанях, за умови правильного підбору архітектури, сенсорів та контексту застосування.

Література

1. Castrillo V. et al., A Review of Counter-UAS Technologies for Cooperative Defensive Teams of Drones. *Drones*, 6(3), 65. doi: 10.3390/drones6030065
2. Kunertova D., (2023). The war in Ukraine shows the game-changing effect of drones depends on the game *Bulletin of the Atomic Scientists*, 79, 95–102.
3. Sjaardema T., Smith C.S., & Birch, G.C. (2015). History and Evolution of the Johnson Criteria., doi: 10.2172/1222446.
4. DesAutels G., (2021). A Modern Review of the Johnson Image Resolution Criterion. *Optik*. doi: 10.1016/j.ijleo.2021.168246.
5. Padilla R., Netto S.L., & da Silva E.A., (2020). A Survey on Performance Metrics for Object-Detection Algorithms. 2020 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), 237–242.
6. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E., (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Commun ACM* 60(6):84–90. doi: 10.1145/3065386
7. Krichen, Moez. (2023). Convolutional Neural Networks: A Survey. *Computers*, 12(8), 151; doi: 10.3390/computers12080151.
8. Chen G. et al., A Survey of the Four Pillars for Small Object Detection: Multiscale Representation, Contextual Information, Super-Resolution, and Region Proposal, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 52, no. 2, pp. 936–953, Feb. 2022, doi: 10.1109/TSMC.2020.3005231
9. Kaur R., Singh S., A comprehensive review of object detection with deep learning. *Digit Signal Process*. 2022; doi: 10.1016/j.dsp.2022.103812
10. Xu C. et al., (2024). Oriented Tiny Object Detection: A Dataset, Benchmark, and Dynamic Unbiased Learning. *ArXiv*, abs/2412.11582.
11. Feng Q., Xu X., Wang Z., Deep learning-based small object detection: A survey. *Math Biosci Eng*. 2023;20(4):6551–6590. doi: 10.3934/mbe.2023282
12. Hu J., Shen L. and Sun G., “Squeeze-and-Excitation Networks,” 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Salt Lake City, UT, USA, 2018, pp. 7132–7141, doi: 10.1109/CVPR.2018.00745., doi: 10.1109/CVPR.2018.00745
13. Shorten C., Khoshgoftaar T., A survey on image data augmentation for deep learning. *J Big Data*. 2019;6(1):60. doi: 10.1186/s40537-019-0197-0

14. Zhang H. et al., Adaptive Slicing-Aided Hyper Inference for Small Object Detection in High-Resolution Remote Sensing Images. *Remote Sensing*. 2023; 15(5):1249. doi: 10.3390/rs15051249
15. Yasmeen A.; Daescu O., Recent Research Progress on Ground-to-Air Vision-Based Anti-UAV Detection and Tracking Methodologies: A Review. *Drones* 2025, 9, 58. doi: 10.3390/drones9010058
16. Yu X. et al., Scale Match for Tiny Person Detection, 2020 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, pp. 1246–1254, doi: 10.1109/WACV45572.2020.9093394.
17. Wang X. et al., Small Object Detection Based on Deep Learning for Remote Sensing: A Comprehensive Review. *Remote Sensing*. 2023; 15(13):3265. doi: 10.3390/rs15133265
18. Bosquet B., Mucientes M, Brea V.M., STDnet-ST: Spatio-temporal ConvNet for small object detection, 2021,107929, <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2021.107929>
19. Zhu X., et al. “Deformable detr: Deformable transformers for end-to-end object detection.” arXiv preprint arXiv:2010.04159 (2020)
20. Liu K., et al., (2024). ESOD: Efficient Small Object Detection on High-Resolution Images. *IEEE Transactions on Image Processing*.
21. Zhang Q., Zhang H., Lu X. and Han X., Anchor-Free Small Object Detection Algorithm Based on Multi-scale Feature Fusion, 2022 5th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2022, pp. 370–374, doi: 10.1109/PRAI55851.2022.9904251.
22. Jegham et al., (2025). YOLO Evolution: A Comprehensive Benchmark and Architectural Review of YOLOv12, YOLO11, and Their Previous Versions. doi: 10.13140/RG.2.2.15952.83201.
23. Mirzaei B et al., Small Object Detection and Tracking: A Comprehensive Review. *Sensors (Basel)*. 2023 Aug 3;23(15):6887. doi: 10.3390/s23156887.
24. Sajid, H. (2025, January 4). Top 10 video object tracking algorithms in 2025. URL: <https://encord.com/blog/video-object-tracking-algorithms/> (дата звернення: 03.04.2025).

Burlachenko Petro*Chairman of the public human rights organization “Prava Center”*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10894

INSTITUTIONAL MECHANISMS OF INTERACTION BETWEEN GOVERNMENT AGENCIES AND HUMAN RIGHTS ORGANIZATIONS

Summary. The article is devoted to the study of institutional mechanisms of interaction between government agencies and human rights organizations aimed at ensuring more effective protection of human rights. The relevance of the topic is due to the growing role of national institutions in the context of global challenges and the need to improve legal response mechanisms. The novelty of the work lies in the comparative analysis of the practices of various countries, which demonstrates how interdepartmental coordination platforms and independent structures (for example, national human rights institutions) can form a sustainable basis for the implementation of international legal standards. The study describes the main models of interaction, examines the factors influencing the effectiveness of joint activities, and traces the role of political will in ensuring stable funding and an independent mandate. Particular attention is paid to the issues of civil society involvement and public reporting, promoting transparency and strengthening public trust. The work aims to identify the optimal tools for increasing the effectiveness of national human rights protection mechanisms. For this purpose, a comparative method, analysis of scientific sources and a systems approach were used. The conclusion substantiates the value of coordination and mutual control, and provides recommendations relevant to legislators and human rights structures. The article will be useful for specialists in the field of law, management and human rights.

Key words: human rights, government bodies, national institutions, human rights organizations, interaction, coordination mechanisms, civil society, legal framework, public reporting, political will.

Introduction. The current stage of development of the state and society is characterized by an increasing focus on the protection of human rights as a key indicator of the legitimacy of power and the effectiveness of governance mechanisms. The relevance of the topic is reinforced by global trends, where international standards clash with local peculiarities of legal systems and political priorities. In order to ensure a high level of human rights protection, states create various institutions and mechanisms, yet their effectiveness is largely determined by the ability to interact productively and take into account the opinions of civil society.

The aim of the research is to identify and describe the optimal approaches to institutionalizing mechanisms that promote effective cooperation between government bodies and human rights organizations. Based on this aim, the objectives are as follows:

To systematize the experience of various countries regarding the interaction between governmental structures and human rights organizations.

To identify the main factors (political will, funding, independent mandate, transparency) that influence the effectiveness of joint activities.

To study how the identified patterns and factors can support the development of national human rights strategies under modern conditions.

The novelty of the work lies in the analysis of research materials that cover not only the formal legal framework but also the organizational, resource, and political aspects that determine the practical effectiveness of cooperative mechanisms.

Materials and Methods. In preparing the study, works by various authors dedicated to the interaction between government structures and human rights organizations were utilized. For example, Jeffery R. and Dannhauer P. [1] analyzed the role of national institutions in transitional justice and emphasized the importance of national accountability mechanisms. E. Durmush [2] examined local authorities and their contribution to human rights, highlighting legal pluralism as a factor that facilitates state involvement in the adherence to international norms. T. Gashaw [3] investigated the experience of national human rights institutions in the context of transitional justice in Ethiopia, paying particular attention to optimal models of interaction with other government structures. Jensen S. L., Lagoutte S., and Lorion S. [4], along with colleagues, focused on the concept of “internal institutional embedding” of human rights, demonstrating how national institutions form a solid foundation for the implementation of international standards. L. Li [7] analyzed issues in the interaction between

international and domestic law from the perspective of international politics, showing how principles of global governance influence national legal systems. A. Jodanovich [5] paid special attention to the functioning of the Human Rights Committee, examining its contribution to international human rights protection and elucidating the mechanisms of complaint handling and accountability. S. Lorion and R. Murray [8] studied the interaction between national human rights institutions and national mechanisms in the field of implementation and accountability, emphasizing recommendations and practical tools that enhance the effectiveness of joint work. H. Sunardi [9], together with colleagues, analyzed the role of human development and the principles of “good governance” in improving the efficiency of local self-government. O. Khomenko [6], with colleagues, focused on the transformation of interaction between the government and civil society under wartime conditions, emphasizing legal aspects and the mutual influence on social and legal processes. Finally, S.M. Topp [10] and co-authors examined the methodology of power analysis in policy and healthcare systems research, revealing how mechanisms of power and mutual accountability affect decision-making and the effectiveness of implemented reforms.

Methods. In preparing the work, a comparative method and analysis of scientific sources were used to compare the models and approaches proposed in the literature for establishing institutional interaction mechanisms. In addition, a systems approach was applied, including the study of the legal framework and the identification of the main factors affecting the effectiveness of the interaction between government bodies and human rights organizations. This methodological toolkit allowed for the systematization of the experience of various countries and the formulation of conclusions aimed at improving national human rights strategies.

Results. The study’s findings indicate that existing institutional mechanisms are demonstrating increasingly active coordination between government bodies and human rights organizations to ensure the protection of fundamental rights and freedoms across various contexts [1]. An analysis of scientific works underscores that these mechanisms rely on systematically integrated procedures, legal guidelines, and oversight structures that effectively establish mutual accountability and communication between government representatives and civil society [2].

Researchers note that National Human Rights Institutions (NHRIs) play a key role in bridging the gap between government bodies and human rights organizations. Typically, NHRIs operate within formalized mandates that include monitoring, receiving complaints, and conducting public education in the field of human rights, while also acting as intermediaries that facilitate the connection between society and state authorities [3].

In several instances, it is precisely the NHRIs that assist in collecting factual data, providing feedback on policy issues, and objectively resolving disputes regarding rights violations or potential abuses [4]. It is emphasized that in order to preserve the independence of NHRIs, clear legal guarantees and sufficient funding are necessary to prevent external pressure that might hinder impartial investigations [7]. It is also worth noting the importance of an overall implementation process, within which agencies and organizations jointly set priorities for ensuring compliance with both international and domestic legislation [5]. A systemic approach fosters alignment between government bodies and specialized institutions — including committees on civil and political rights, local ombudsmen, and other supervisory agencies focused on accountability and oversight in public administration [8].

Studies confirm that coordination platforms, ranging from interagency working groups to national reporting committees, help harmonize the interpretation of norms and ensure the uniformity of measures adopted in response to international recommendations [9]. In this process, human rights organizations actively provide up-to-date data on emerging issues and participate in the adjustment of legal frameworks, thereby assisting government bodies in aligning domestic norms with global standards [6].

Multifaceted cooperation with civil society becomes a decisive factor in the development of constructive interactions between the state and non-governmental organizations aimed at supporting vulnerable population groups. Documents indicate that local groups, academic institutions, and charitable foundations, together with government agencies, work on refining guiding principles and regulations, accelerating legal reforms, and increasing the transparency of public institutions [2]. As a result, additional channels emerge for discussing issues of discrimination, access to justice, and social services. Official consultations, as stipulated in national legal acts, are bolstered by more flexible initiatives — such as round-table meetings and working seminars — that allow for the rapid incorporation of ideas on human rights protection into the legislative framework [1].

Analysts emphasize that the effectiveness of such activities largely depends on the political support that national leadership provides to initiatives aimed at fostering partnerships with civil society. In contexts where the importance of such cooperation is well understood, government bodies promote practices that ensure the participation of human rights organizations in project implementation, monitoring, and resource allocation [10]. Conversely, in the absence of sufficient support, systematic interaction risks being reduced to mere formal compliance, without bringing about real improvements. The best examples in the literature confirm that appointing dedicated teams and providing regular funding for such institutions lead to more integrated and effective human rights protection [3].

It is also important to highlight the significance of common control mechanisms and joint progress assessments in the field of human rights. In some cases, permanent committees, action plans, and standardized evaluation methods effectively bring together governments, NHRIs, and non-governmental organizations to monitor the dynamics of fundamental rights [8]. Public documentation of achievements and challenges helps to promptly address problems, fostering a sense of shared responsibility among all participants in promoting rights and freedoms [9]. Additionally, a fundamental role is played by the coordinated collection of data and open access to final reports, which strengthens trust in government bodies and engaged partners [6].

The following data are presented from a study [9], reflecting the distribution of respondents' opinions in the assessment of the principles of "good governance." With nearly 88% of the maximum ratings of "4," the remaining 12% of responses are ratings of "3" and "2," and isolated cases receive a "1" (see Figure 1). For a study focused on the institutional mechanisms of interaction between government bodies and human rights organizations, this statistic indicates a high level of satisfaction among certain groups of respondents with the quality of existing governance practices.

A high percentage (approximately 87.96%) of respondents awarding the highest rating indicates that, from the perspective of the majority, certain aspects of governance (such as process transparency, decision accountability, and open dialogue with civil society) are implemented effectively. However, the 12% of lower ratings suggest that some participants still see a need for improvements in processes related to

the involvement of local communities and independent oversight institutions. In terms of the article's theme concerning human rights organizations, these data allow for a deeper understanding of how public perceptions of "good governance" can influence the effectiveness of collaborative activities between state bodies and human rights institutions.

Various authors note that the nature of interaction between government structures and human rights organizations is not static [4]. Institutional mechanisms must adapt to changing social challenges, legal reforms, and international requirements. Thus, flexibility is seen as a fundamental principle that enables effective coordination — especially when addressing acute issues, whether in the field of public health or within the context of transitional justice [10].

Below are two summary tables that clearly illustrate the main elements and conclusions. The tables reflect the primary trends and aspects of interaction between government bodies and human rights organizations, as well as the factors influencing the effectiveness of institutional cooperation mechanisms.

The following table (Table 2) systematizes the factors affecting the effectiveness of institutional mechanisms in the field of human rights protection. It demonstrates that the effectiveness of cooperation is determined both by formal political and legal conditions as well as by the availability of adequate resources and political will.

Overall, the results confirm that the institutionalization of forms and procedures for interaction between government agencies and human rights organizations has a positive impact on the openness and systematic nature of governance. With sufficient political will and

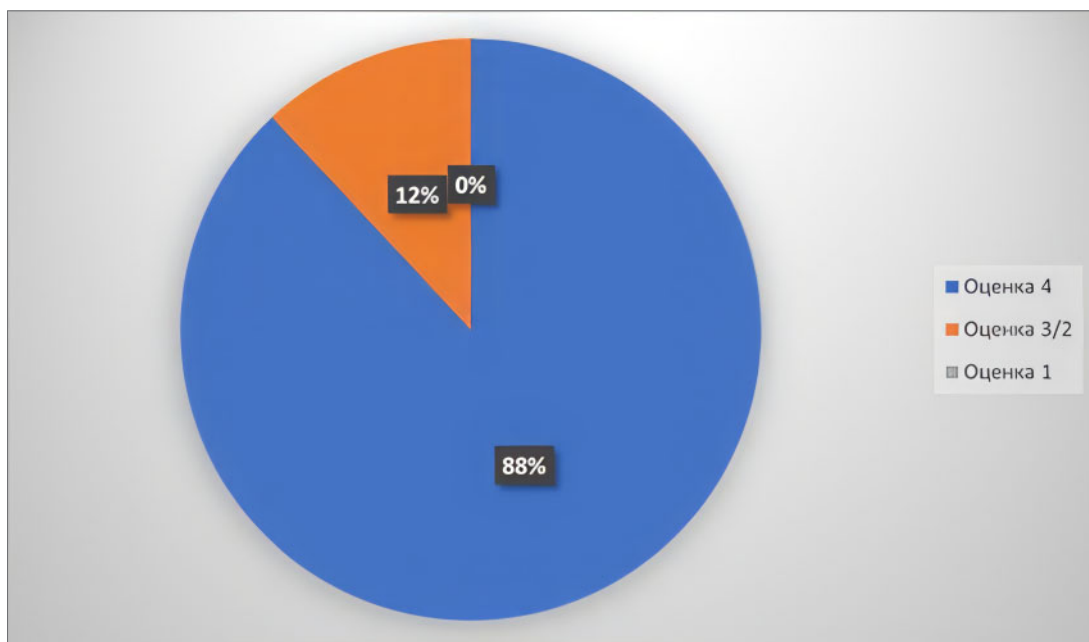


Fig. 1. Assessment of the Principles of "Good Governance"
Source: systematized by the author based on [9]

Table 1

Main Areas of Activity and Characteristics of Interaction

Area of Activity	Description	Impact on Outcome
Governmental Oversight of Rights Compliance (ministries, committees, ombudsmen)	Formal state-level competence; monitoring enforcement of legislation; availability of resources and political support; issuance of binding legal acts.	Ensures the implementation of laws and standards; reduces risks of systemic rights violations; enhances the legitimacy and transparency of state actions.
National Human Rights Institutions (NHRIs)	Independent structures that conduct monitoring, receive complaints, and provide public education on human rights; serve as intermediaries between the state and society.	Increase public awareness; facilitate objective dispute resolution; enhance state accountability for human rights protection.
Civil and Non-Governmental Organizations	Monitor violations, formulate recommendations, and analyze systemic issues; possess flexibility and can freely advocate for the interests of vulnerable groups; participate in lobbying for legislative changes.	Provide alternative evaluations and oversight; improve the effectiveness of implementation measures; create pressure for reform and transparency.
Interagency/National Coordination Platforms	Coordinate the implementation of international standards and recommendations; include specialized ministries, NHRIs, experts, and NGOs; optimize the process of information sharing and decision-making.	Enhance the consistency of actions; facilitate effective information exchange; enable comprehensive consideration of all aspects of human rights compliance.
Joint Monitoring Groups and Committees	Verify state compliance with its commitments; provide regular reporting; monitor the outcomes of national strategies and plans in the field of human rights.	Form a systemic vision of progress and challenges; strengthen public trust; enable timely adjustments to legal policies.

Source: systematized by the author based on [2; 3; 4; 7; 8; 10]

adequate resources, cooperation with human rights organizations enhances the effectiveness of measures to uphold legal standards [2]. The analytical material shows that well-defined and sufficiently flexible procedures lead to a significant strengthening of rights protection in various political conditions, thereby

underscoring the importance of improving such mechanisms on a global scale [1].

Discussion. The review of the presented studies shows that the effectiveness of the interaction between government structures and human rights organizations depends not only on formal regulatory acts but

Table 2

Factors Affecting the Effectiveness of Institutional Mechanisms

Factor	Description	Impact on Outcome
Political Support and Leadership Will	The level of involvement of top state leadership; access to resources and priority support for human rights initiatives.	When strong support is present, mechanisms work more effectively; when weak, they risk becoming mere formalities without real impact.
Legal Frameworks and Independent Mandate	Legislative entrenchment of powers and status; transparent working conditions; protection from political pressure.	Increases the resilience of institutions; guarantees impartial monitoring and objectivity in decision-making.
Adequacy of Financial and Human Resources	Level of funding, personnel qualifications, and staffing; regular training and development of competencies.	Enables timely responses to violations, promotion of initiatives, and sustainable monitoring and public education.
Level of Engagement and Competence of Civil Society	Participation of NGOs, local and international organizations; professionalism of experts; readiness for collaborative efforts.	Facilitates objective assessments and well-considered recommendations; strengthens public oversight and trust.
Information Transparency and Public Reporting	Regular publication of reports; access to statistical data and investigation outcomes; mechanisms for public oversight.	Increases transparency and accountability; improves feedback, which helps to promptly adjust measures and strategies.
Flexibility and Adaptability of Mechanisms	Review of interaction procedures; adaptation to changing conditions (e.g., crises, new international agreement requirements).	Maintains long-term effectiveness; reduces the risk of process stagnation; increases system resilience.

Source: systematized by the author based on [1; 2; 4; 7; 10]

also on the participants' ability to establish flexible and adaptive cooperation mechanisms [3; 6]. Experience from various countries indicates that organizational prescriptions alone are insufficient: if a favorable environment is not created — one that ensures adequate funding, political support, and the involvement of independent experts — any legal innovations may remain merely declarative [4].

At the same time, the practice of interagency coordination platforms and joint monitoring committees [2; 8] confirms that clear allocation of responsibilities and the establishment of reporting procedures significantly enhance the transparency of decision-making. A necessary condition for the successful functioning of such structures is the presence of an independent mandate for human rights institutions (for example, national commissions or ombudsmen) and open access to information on detected violations [1; 9]. As some authors [5; 10] show, sufficient public information and the involvement of local NGOs in data analysis promote the formation of an early warning system for legal conflicts and violations.

Observations [1; 6] indicate that the political will of leadership plays a crucial role in determining how deeply cooperation mechanisms will be implemented in practice. The absence of systemic support minimizes the impact even of the most well-developed institutions, whereas, with strong government interest, national mechanisms receive real tools for prompt responses to emerging problems. The human factor is also important: having qualified human rights specialists who can competently interpret international norms and adapt them to local legislation is one of the key links in strengthening the partnership between the state and society [3].

Additional attention [2; 8] is given to the feedback mechanism. Coordinated reporting not only enables the tracking of progress but also allows for timely adjustments, avoiding a merely formal approach in which reports are prepared “for show.” Moreover, involving civil society in monitoring increases trust in

the analysis results, as independent experts and human rights advocates can objectively assess the effectiveness of the measures taken [10].

Thus, the body of sources analyzed confirms that sustainable and effective interaction is possible provided there is a balance between the legal foundation, material and human resources, and transparent procedures for involving civil society in decision-making. Adherence to these principles justifies the assertion that robust human rights mechanisms are being strengthened and public trust in state institutions is growing.

Conclusion. The study presents a synthesis and analysis of practices of interaction between government structures and human rights organizations in various countries. In addressing the first objective, the main models of effective cooperation were identified, including mechanisms of interagency platforms, independent human rights institutions, and joint monitoring groups. The analysis showed that these forms of interaction facilitate the more effective implementation of international norms and increase the level of public trust.

In addressing the second objective, the focus was on identifying the necessary factors for effectiveness: political support, independent mandate, adequate resources, the involvement of civil society, and transparent reporting. These aspects demonstrate that combining a formal legal framework with genuine institutional independence and financial support creates a favorable environment for productive activity.

The third objective examined how the identified patterns and factors can contribute to the improvement of national strategies in the field of human rights. The final conclusions emphasize the importance of a comprehensive approach: only by aligning legal, organizational, and social components can long-term strengthening of the human rights protection system be ensured. The results of the study provide essential analytical guidelines for specialists and all stakeholders seeking to deepen interaction in the field of human rights advocacy.

References

1. Jeffery, R., Dannhauer, P. Ensuring accountability, combatting impunity? The role of national human rights institutions in transitional justice. *Australian Journal of Human Rights*. 2024. Vol. 30, No. 1. P. 60–81. DOI: 10.1080/1323238X.2024.2413262.
2. Durmush, E. A typology of local governments' engagement with human rights: Legal pluralist contributions to international law and human rights. *Netherlands Quarterly of Human Rights*. 2020. Vol. 38, No. 1. P. 30–54. DOI: 10.1177/0924051920903241.
3. Gashaw, T. The Proper Role of National Human Rights Institutions in Transitional Justice Processes: the case of the Ethiopian Human Rights Commission. *International Journal of Constitutional Law*. 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/378268281_The_Proper_Role_of_National_Human_Rights_Institutions_in_Transitional_Justice_Processes_the_case_of_the_Ethiopian_Human_Rights_Commission (accessed: 18.03.2025).
4. Jensen, S. L., Lagoutte, S., Lorion, S. The Domestic Institutionalisation of Human Rights: An Introduction. *Nordic Journal of Human Rights*. 2019. Vol. 37, No. 3. P. 165–176. DOI: 10.1080/18918131.2019.1682235.

5. Jodanović, A. Protection of Human Rights at the International Level: The Role of the Human Rights Committee. *Review of Law and Rights of Citizens*. 2023. Vol. 4. DOI: 10.56461/iup_rirc.2023.4.ch3.
6. Khomenko, O., Shyian, O., Kravchuk, P., Movchan, O., Morgun, S. Transformation of interaction between the government and civil society institutions in the context of war: Legal and regulatory aspect. *Social & Legal Studios*. 2024. Vol. 7, No. 2. P. 86–95. DOI: 10.32518/sals2.2024.86.
7. Li, L. Research on the Interaction between International Law and Domestic Law based on the Perspective of International Politics. *SHS Web of Conferences*. 2024. Vol. 200. Art. 01017. DOI: 10.1051/shsconf/202420001017.
8. Lorion, S., Murray, R. Interactions between National Human Rights Institutions and National Mechanisms for Implementation, Reporting and Follow-up: Research and Recommendations. *The Danish Institute for Human Rights*. September 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/374119476_Interactions_between_National_Human_Rights_Institutions_and_National_Mechanisms_for_Implementation_Reporting_and_Follow-up_Research_and_Recommendations (accessed: 17.03.2025).
9. Sunardi, Djazuli, A., Handayani, R. D., Hidayat, B. A., Saksono, H. The Role of Human Development in Improving Local Government Performance Through Good Government Governance. *Jurnal Bina Praja*. 2022. Vol. 14, No. 3. P. 571–582. DOI: 10.21787/jbp.14.2022.571-582.
10. Topp, S. M., Schaaf, M., Sriram, V., Scott, K., Dalglish, S. L., Nelson, E. M., Sr R., Mishra, A., Asthana, S., Parashar, R., Marten, R., Costa, J. G. Q., Sacks, E., Br R., Reyes, K. A. V., Singh, S. Power analysis in health policy and systems research: a guide to research conceptualisation. *BMJ Global Health*. 2021. Vol. 6, No. 11. Art. e007268. DOI: 10.1136/bmjgh-2021-007268.

Мошковський Андрій Олегович

аспірант Юридичного інституту

Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана

Moshkovskiy Andrii

Postgraduate of the Law Institute

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

ORCID: 0000-0001-5957-7662

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10907

АДМІНІСТРАТИВНІ ПРОЦЕДУРИ РЕЄСТРАЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ ЗА ДІЯЛЬНІСТЮ МОЛОДІЖНИХ І ДИТЯЧИХ ГРОМАДСЬКИХ ОБ'ЄДНАНЬ

ADMINISTRATIVE PROCEDURES FOR THE REGISTRATION AND OVERSIGHT OF YOUTH AND CHILDREN'S PUBLIC ASSOCIATIONS

Анотація. У статті досліджено адміністративно-правові аспекти регулювання діяльності молодіжних та дитячих громадських об'єднань в Україні, зосереджуючи увагу на адміністративних процедурах їх реєстрації та здійснення державного контролю в Україні.

Визначено основні проблеми практичного застосування законодавства у сфері адміністративного регулювання діяльності громадських об'єднань. Проаналізовано нормативно-правову базу, яка регламентує створення, реєстрацію, діяльність та припинення молодіжних і дитячих громадських об'єднань, зокрема положення Конституції України, Закону України «Про громадські об'єднання», а також низки підзаконних нормативно-правових актів. Розглянуто процедуру державної реєстрації таких об'єднань, яка передбачає подання визначеного пакету документів до уповноважених органів, строки їх розгляду, підстави для відмови у реєстрації та можливість оскарження таких рішень.

Окрему увагу приділено механізмам державного контролю за дотриманням вимог законодавства в процесі діяльності молодіжних та дитячих об'єднань. Визначено наглядові функції відповідних органів виконавчої влади, порядок проведення перевірок, а також заходи реагування у разі виявлення порушень.

Сформульовано пропозиції щодо удосконалення чинного законодавства та практики його застосування, зокрема в напрямку спрощення процедур реєстрації, забезпечення правового захисту учасників об'єднань, усунення надмірного адміністративного тиску з боку контролюючих органів. Наголошено на необхідності формування сприятливого правового середовища для розвитку інститутів громадянського суспільства, особливо в молодіжному середовищі.

Ключові слова: адміністративне право, громадські об'єднання, молодіжні організації, державна реєстрація, адміністративна процедура, правове регулювання, організації, дитячі організації, процедура державної реєстрації, удосконалення законодавства.

Summary. The article explores the administrative and legal aspects of regulating the activities of youth and children's public associations in Ukraine, with a particular focus on the administrative procedures of their registration and state oversight. The main issues concerning the practical application of legislation in the field of administrative regulation of public associations' activities are identified. The legal framework governing the establishment, registration, operation, and termination of youth and children's public associations is analyzed, including the provisions of the Constitution of Ukraine, the Law of Ukraine "On Public Associations", and a number of subordinate legal acts.

The article examines the procedure for state registration of such associations, which involves submitting a defined package of documents to authorized bodies, the timeframes for their review, the grounds for refusal of registration, and the possibility of appealing such decisions. Particular attention is given to the mechanisms of state control over compliance with legal requirements during the operation of youth and children's associations. The supervisory functions of the relevant executive authorities, the procedure for conducting inspections, and response measures in case of violations are outlined.

Proposals are formulated to improve the current legislation and its implementation practices, particularly in simplifying registration procedures, ensuring legal protection of association members, and eliminating excessive administrative pressure from supervisory bodies. Emphasis is placed on the need to create a favorable legal environment for the development of civil society institutions, especially among youth.

Key words: administrative law, public associations, youth organizations, state registration, administrative procedure, legal regulation, organizations, children's organizations, state registration procedure, legislative improvement.

Постановка проблеми. Наприкінці ХХ століття Україна стала на шлях демократичного реформування суспільства і держави. Фундаментальні соціально-політичні реформи, перехід до ринкових відносин в економіці, створення демократичних інститутів сприяли зростанню громадської активності українців та змінили характер розвитку громадянського суспільства в Україні [3].

Участь молоді в процесі прийняття державно-управлінських рішень є частиною політики щодо молоді, яка проводиться сьогодні в державі. Останні тенденції розвитку державної молодіжної сфери в Україні визначають молодіжні організації рівноправними партнерами держави у формуванні та здійсненні молодіжної політики.

У сучасних умовах розвитку громадянського суспільства в Україні молодіжні та дитячі громадські об'єднання відіграють важливу роль у формуванні активної громадянської позиції молоді, сприяють її соціалізації та залученню до суспільного життя. Ефективне функціонування таких об'єднань значною мірою залежить від належного адміністративно-правового регулювання процедур їх реєстрації та контролю за діяльністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання правового регулювання діяльності молодіжних громадських організацій в Україні досліджувалися в багатьох наукових працях, зокрема, Старокожко А. О., яка акцентувала увагу на проблемах правового регулювання діяльності молодіжних громадських організацій. Проте, аспекти адміністративних процедур реєстрації та контролю за діяльністю молодіжних та дитячих об'єднань потребують більш глибокого подальшого аналізу з урахуванням сучасних змін у законодавстві, практиці їх застосування та відповідно до ситуації в державі [4].

Мета і завдання статті. Метою статті є аналіз адміністративних процедур реєстрації та контролю за діяльністю молодіжних і дитячих громадських об'єднань в Україні, виявлення проблемних аспектів та формулювання пропозицій щодо їх удосконалення. Для досягнення цієї мети передбачається виконання таких завдань:

- дослідити нормативно-правову базу, що регулює реєстрацію та контроль за діяльністю зазначених об'єднань;
- проаналізувати практику застосування відповідних адміністративних процедур;
- виявити основні проблеми та недоліки в існуючому правовому регулюванні;

- запропонувати шляхи вдосконалення адміністративно-правового механізму реєстрації та контролю за діяльністю молодіжних і дитячих громадських об'єднань.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є суспільні відносини, що виникають у процесі реєстрації та здійснення контролю за діяльністю молодіжних і дитячих громадських об'єднань. Предметом дослідження є адміністративно-правові норми та механізми, що регулюють зазначені процедури в Україні.

Використані методи. У процесі дослідження застосовувалися загальнонаукові та спеціальні юридичні методи. Серед них: системно-структурний метод, порівняльно-правовий метод, формально-юридичний метод для тлумачення правових норм.

Виклад основного матеріалу. Нині в Україні діють різноманітні молодіжні та дитячі об'єднання: гуртки, секції, клуби за інтересами, літні табори, громадські організації тощо. Такі громадські організації переважно виникають і діють на базі навчально-виховних закладів, створюючи додаткові можливості для педагогічного впливу на особистісний розвиток молоді особи. Вони мають достатній потенціал, щоб стати самостійним інститутом, що забезпечує соціальне становлення особистості, залучаючи її до суспільно-корисних справ, формує активну життєву позицію, задовольняючи інтереси особистості, і сприяє її подальшому розвитку [5].

Процес реєстрації молодіжних та дитячих громадських об'єднань в Україні регулюється низкою нормативно-правових актів, серед яких ключовими є Закон України «Про громадські об'єднання» та Закон України «Про основні засади молодіжної політики». Відповідно до статті 12 останнього, молодіжні та дитячі громадські об'єднання користуються правами та виконують обов'язки згідно із зазначеними законами та іншими законодавчими актами України [1].

Закон України «Про громадські об'єднання» визначає загальні засади створення, реєстрації та діяльності громадських об'єднань, включаючи молодіжні та дитячі. Зокрема, стаття 11 цього закону встановлює процедуру державної реєстрації громадських об'єднань, яка включає подання відповідного пакету документів до уповноваженого органу та прийняття рішення про реєстрацію або відмову в ній протягом 10 робочих днів [2].

Закон України «Про основні засади молодіжної політики» також передбачає особливості утворення та діяльності молодіжних та дитячих громадських

об'єднань. Зокрема, стаття 11 цього закону встановлює, що вступ дітей віком до 14 років до таких об'єднань здійснюється за письмовою згодою їхніх батьків чи інших законних представників, у тому числі оформленою в електронній формі із застосуванням кваліфікованого електронного підпису [1].

Проте, на практиці існують проблеми з ефективністю контролю. Зокрема, відсутність чітких механізмів моніторингу та звітності ускладнює оцінку ефективності використання наданих ресурсів. Крім того, недостатній рівень правової обізнаності членів об'єднань щодо вимог звітності може призводити до порушень законодавства.

З моменту набрання чинності Законом України «Про громадські об'єднання» з 1 січня 2013 року, процедура реєстрації громадських організацій, включаючи молодіжні та дитячі, зазнала значних змін. Зокрема, було спрощено процес реєстрації, зменшено кількість необхідних документів та скорочено терміни розгляду заяв. Так, за період з 1 січня по 1 вересня 2013 року було зареєстровано 1990 громадських об'єднань та прийнято 443 повідомлення про їх утворення. Це свідчить про позитивний вплив законодавства на активізацію громадянського суспільства [6].

Однак, на практиці виникають певні труднощі. Зокрема, деякі органи реєстрації вимагають додаткові документи, які не передбачені законодавством, або затягують процес розгляду заяв. Такі дії суперечать принципам адміністративної процедури та можуть розглядатися як порушення прав громадян на свободу об'єднання.

Незважаючи на наявність нормативно-правової бази, існують певні проблеми в адміністративно-правовому регулюванні діяльності молодіжних та дитячих громадських об'єднань. Зокрема, відсутність чітких механізмів контролю за цільовим використанням бюджетних коштів та матеріальних ресурсів може призводити до порушень фінансової дисципліни.

Для вирішення цих проблем доцільно вдосконалити процедури звітності та контролю, зокрема, шляхом запровадження електронної системи подання звітів та моніторингу використання бюджетних коштів. Також необхідно забезпечити належну підготовку кадрів, відповідальних за здійснення контролю за діяльністю молодіжних та дитячих громадських об'єднань, та підвищити рівень їхньої правової обізнаності.

Крім того, варто розглянути можливість внесення змін до чинного законодавства з метою уточнення повноважень органів державної влади та місцевого самоврядування у сфері контролю за діяльністю молодіжних та дитячих громадських об'єднань, а також встановлення чітких критеріїв оцінки ефективності їхньої діяльності.

Таким чином, вдосконалення адміністративно-правового регулювання діяльності молодіжних та дитячих громадських об'єднань сприятиме підвищенню ефективності їхньої роботи та забезпеченню належного контролю за використанням бюджетних коштів і матеріальних ресурсів.

Висновки. Аналіз адміністративно-правового регулювання діяльності молодіжних і дитячих громадських об'єднань засвідчив, що даний сегмент суспільних відносин потребує постійної уваги з боку держави, вдосконалення правових механізмів та підвищення ефективності реалізації адміністративних процедур. Аналіз практики застосування адміністративних процедур реєстрації та контролю за діяльністю молодіжних і дитячих громадських об'єднань в Україні свідчить про наявність як позитивних змін, так і проблемних аспектів. Для підвищення ефективності цих процедур доцільно:

- удосконалити нормативно-правову базу, зокрема, шляхом розробки чітких інструкцій для органів реєстрації та контролю;
- провести навчання для членів громадських об'єднань щодо вимог законодавства до їх діяльності;
- забезпечити регулярний моніторинг діяльності органів реєстрації та контролю за метою виявлення та усунення порушень.

Контроль за діяльністю таких об'єднань часто зводиться лише до перевірки звітності щодо використання бюджетних коштів, тоді як важливо забезпечити системний підхід до контролю діяльності молодіжного та дитячого громадського об'єднання, з основною метою забезпечити дотримання принципів відкритості, прозорості та законності. У той же час, необхідно уникати надмірного адміністративного втручання, яке могло б обмежити свободу діяльності організації.

Такі зміни дозволять створити сприятливі умови для діяльності та розвитку громадянського суспільства, активного залучення молоді до суспільного життя та забезпечення прозорості та ефективної діяльності молодіжних і дитячих громадських об'єднань в Україні.

Література

1. Про основні засади молодіжної політики : Закон України. *ВВР*. 2021. № 28. Ст. 233. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1414-20#Text> (дата звернення: 01.04.2025).
2. Про громадські об'єднання: Закон України. *ВВР*. 2013. № 1. Ст. 1. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4572-17#Text> (дата звернення: 01.04.2025).
3. Курило В. І., Рамазанова У. В. Адміністративно-правові засади діяльності громадських об'єднань в Україні : монографія. *Національний університет біоресурсів і природокористування України*. 2016. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/73c7f7a6-6bfc-43a3-b0ec-88406507c83d/content> (дата звернення: 01.04.2025).
4. Старокожко А. О. Проблеми Правового регулювання діяльності молодіжних громадських організацій в Україні. 2020. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/443aa649-c767-41b2-8080-5a20ed2aa708/content> (дата звернення: 01.04.2025).
5. Рукоманова Д. О., Бухтіярова І. Г. Адміністративно-правовий статус дитячих громадських організацій як різновиду громадських об'єднань в Україні. Пріоритетні напрями діяльності Національної поліції України. Харків, 2018. URL: https://univd.edu.ua/general/publishing/konf/12_12_2018/pdf/54.pdf (дата звернення: 01.04.2025).
6. Практична реалізація норм Закону України «Про громадські об'єднання: проблеми та їх рішення». Аналітична записка. 2014. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/gromadyanske-suspilstvo/praktichna-realizaciya-norm-zakonu-ukraini-pro-gromadski> (дата звернення: 01.04.2025).

Kazko Dmytro*Head of the Olympia Dance Group at the Schoolmaster's House**(Center for Children and Youth Creativity)**National University of Physical Education and Sports of Ukraine*

ORCID: 0009-0001-4577-1787

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10908

MODULAR SOLUTIONS FOR RAPID RENOVATION OF DAMAGED FRAMELESS STRUCTURES

Summary. This article assumes the existence of the Isadora effect: the proposition that motor development plays a primary role in brain development, and that the first understanding of symbolic meaning in young children arises from the understanding of movements and gestures. The last few decades have demonstrated that dance education and the early use of movement symbolism significantly improve the cognitive development of young children.

The purpose of the article is to use dance in the development of coordination, musical ear and confidence in children.

The materials of the study are the works of foreign and Ukrainian authors in the field of literary studies and biographical studies. The methodology used in the work is based on a combination of game, fairy tale and sensorimotor teaching methods, which correspond to the level of perception of toddlers and make the learning process natural and effective.

Results. The article describes the author's methodology for teaching ballroom dancing for children 3–4 years old, describes practical methods and results of the methodology. This methodology opens the door to the world of ballroom dancing for the youngest students. It allows children to start learning earlier and in a natural format, combining play, music and technique. It is not just a set of rules, but a purposeful system that forms a strong foundation for future champions. Analysis of the educational process showed that 82% of children who completed the full course according to the author's methodology significantly improved their physical and psycho-emotional indicators. With the data obtained, dance teachers can attract various types of support necessary for learning.

Prospects. In addition to physical skills, students demonstrate higher self-confidence, openness in communication and easy adaptation to public speaking. Parents note an improvement in the general discipline, concentration and positive emotional state of children in everyday life.

Key words: Cognition and dance; dance and child development; first dance of childhood; dance research; dance teaching.

Problem statement. In modern pedagogical practice, special attention is paid to the integration of various activities that contribute to the formation of children's health competence [1]. Among such means, an important place is occupied by choreography, which is a powerful tool for developing not only physical skills, but also emotional, social and cognitive competence of children. Choreography plays an important role in the comprehensive development of the individual, as it combines the physical, emotional, intellectual and social components of child development [2]. Dance activity helps to activate cognitive processes, such as attention, memory, thinking, and the ability to analyze and synthesize information.

Children's dancing is the study of the basic means of expression (movements and postures, plasticity and facial expressions, rhythm), which are associated with the emotional impressions of a small person from the

world around him or her. Children's dance begins with rhythmic, where the study of dance begins with simple movements, often, classes are more like a game, but in this game the child will learn things that will be very useful to him in life. Modern ideas about providing access to dance for young children have changed, but not completely, and the benefits of early dance experience for children should be communicated [3]. For example, the Washington Ballet School introduced creative movements for 4–5 year olds ten years ago, but the class has evolved into a more formal pre-flight class due to parental requests [4]. Often, in childhood, the question of whether it is advisable for children to take up dancing arises. Many parents believe that if a child is engaged in choreography, he or she must become a dancer. In fact, dancing allows a child to release their energy, while also energizing them.

Despite the growing awareness of the overall developmental benefits of learning what dance represents for young children, many dance studios have not reported results. Meanwhile, due to the growing popularity of preschool dance classes, dance for young elementary-aged children has become a cash cow for studios. They often hire the youngest, least experienced teachers, who almost universally lack knowledge of early childhood development. Therefore, it is also important to focus on the development of children's creative thinking and to help them learn about themselves and the world through dance.

Analysis of recent research. According to the literature [5–7], involving children under 5 in dance and using symbolic movements significantly improves the cognitive development of young children. Creative movement in early childhood: (a) contributes to the neurological organization of the brain and promotes the development of complex thinking processes, (b) develops spatial intelligence, and (c) creates a primary symbolic system that precedes language and develops neurological connections for the further use of symbols. The authors of [8–9] have proposed that these three assumptions are combined to create a phenomenon that I call the Isadora effect. The Isadora effect refers to Isadora Duncan (1877–1927), who is historically considered the “mother of modern dance” [10]. At the turn of the twentieth century, the American Isadora Duncan was forced to give up ballet as a prisoner, but she invented a new form of expressive creative movement, and performed it in a loose tunic. She gave birth to a new era in dance, which began to focus on aesthetics [11], as well as the nature and rhythm of dance forms [12]. The study of dance education in early childhood is a relatively young topic of research, but it is extremely necessary.

The purpose of the article is to use modular solutions for the rapid restoration of damaged frameless structures.

Research results. Movement development in early childhood contributes to neurological and cognitive growth, leading to primary symbolic systems and spatial awareness. However, many dance studio owners and teachers do not recruit groups of children under 5–7 years old and do not fully understand the needs or opportunities for dance in early childhood. Therefore, it is important to reveal the opportunities for creative movement and the wonderful developmental learning that dance embodies [13]. Professional ballet studios such as the School of American Ballet in New York, Balanchine's training ground, still do not accept students under the age of six [14].

Of great importance for the preservation of children's physical and psychological health is the activation of their creative potential, the creation of an atmosphere of search, joy, satisfaction, the development of children's individuality, and the satisfaction of their individual needs and interests. The authors

propose a methodology for teaching ballroom dancing to children aged 3–4. Traditionally, ballroom dancing training begins at the age of 5–6 years [15], as it is believed that young children are not yet ready for complex coordination of movements [16–17]. However, Dmitriy Kazko's author's methodology allows you to start learning as early as 3–4 years old, using specially adapted techniques. It helps children to develop musicality, sense of rhythm, coordination, posture, and flexibility faster.

The methodology is based on a combination of game, fairy tale and sensorimotor teaching methods that correspond to the level of perception of children and make the learning process natural and effective. Basic principles of the methodology:

1. ****Development through play.**** Using fairy tale stories, characters and plots to explain movements and positions.

2. **Sensorimotor approach** ****** Developing micromotor skills in fingers, feet and hands for correct movement technique.

3. **Smooth transition to classical technique** ****** Simplification of movements and positions for gradual mastery.

4. **Emotional involvement** ****** Children do not just repeat the movements, but interact with the stories, which makes the classes interesting.

5. **Development of correct posture and balance** ****** Using special exercises to understand body position.

Stages of training:

****3–4 years — Introduction to dance**.**

– Formation of basic motor skills through play.

– Familiarization with the first dance positions through fairy tales.

– Sensory exercises, finger gymnastics, footwork.

– Learning the musical rhythm through simple exercises (clapping, stomping in rhythm).

****4–5 years — Development of coordination and first combinations**.**

– Formation of pair interaction through game tasks.

– Work on balance, equilibrium and smooth transitions.

– First combinations of movements adapted to the child's level.

****5–6 years old — Preparation for classical training**.**

– Formation of a clear understanding of positions and basic movements.

– Teaching pair interaction in a structured format.

– Formation of emotional expression in dance.

Practical methods:

****A fabulous approach:****

For example, children learn foot positions through a story: the right and left feet quarreled, and to make up, they have to go through the first and second positions. This helps children intuitively memorize the correct foot position.

****Finger and foot exercises:****

Using finger exercises to develop foot flexibility, which is important for proper dance technique.

****Posture game exercises:****

Children are encouraged to pretend they are a prince or princess with a crown on their head (or a book), which helps to develop correct posture in a natural way.

****Musical exercises:****

Children learn to feel the music through rhythmic tasks, such as moving to a slow waltz or a fast cha-cha-cha.

****Role-playing activities.**

Children are encouraged to imagine themselves as a butterfly flying to light music or an elephant stomping to the beat. This creates a first understanding of dance through emotion.

Results of the methodology

The methodology was tested on groups of 3–4 year old children who had no previous experience in dancing. Main results:

- ****Faster learning of basic positions.**** Children memorized foot positions better because of the game format.
- ****Motor skills development.**** Improved coordination and flexibility.
- ****Increased interest in dancing.**** Thanks to interactive learning, children stayed motivated.
- ****Easier transition to classical training.**** Students adapted more quickly to traditional training after the age of 6.

Children’s learning outcomes

The analysis of the educational process showed that 82% of children who completed the full course according to the author’s methodology significantly improved their physical and psycho-emotional indicators.

In particular, there was a noticeable increase in the level of coordination, endurance, flexibility and sense of rhythm. Thanks to the integration of game elements, fairy tales and imaginative thinking, children learn basic dance positions and techniques better.

In addition to physical skills, students demonstrate greater self-confidence, openness in communication and easy adaptation to public speaking. Parents note an improvement in their children’s overall discipline, concentration and positive emotional state in everyday life.

Student achievements

In recent years, students who have been systematically trained according to the proposed methodology have achieved high results in both ballroom dance and other forms of performing arts. They have become prize-winners and winners of national tournaments, among others:

- “Diamonds Spring cup”, 2024 (Vinnytsia) — I place in the category Juvenile 1, Super baby
- “Bar Cup”, 2024 (Bar) — 1st place in the category solo girls debut
- “Golden Pectoral”, 2024 (Khmelnysky) — I place in the category Solo Girls under 5
- “Cup of Ukraine Freedom to people”, 2025 (Kyiv) — Finalists in the category children school



Many of the students continue to improve their skills in older age groups, take part in master classes with international coaches, and prepare to participate in European championships. Their success confirms the effectiveness of the methodology, which not only develops physical and creative abilities, but also creates a strong motivation for self-development and love for the art of dance. To understand the importance of this methodology, we should compare it with the classical approach (Table 1).

Table 1

Comparison of the author’s methodology with the classical approach

	Characteristics	Disadvantages	Advantages
The classic approach	Using standard rules without adapting to children’s perception	Focuses on technique from an early age, which can be challenging for children May overload children with complex movements	High complexity of execution, which allows you to have an advantage in competitions
Author’s methodology	Uses a fairy tale and playful approach for better perception Makes learning accessible and comfortable for children aged 3–4	Lack of standard rules	Integrates sensorimotor exercises for natural development

Conclusion. The methodology proposed by the authors opens the door to the world of ballroom dancing for the youngest students. It allows children to start learning earlier and in a natural format, combining game, music and technique. This is not just a set of rules, but a holistic system that forms a strong foundation for future champions. Previously, it was difficult for children aged 3–4 to learn according to the classical

system, as it does not take into account their psychological characteristics. And with the combination of physical development and creativity, children did not just repeat movements, but learned through play, which stimulated their imagination and contributed to effective preparation for serious training. Children who complete this program have a better basis for further education.

References

1. Partnership for 21st Century Learning. (n.d.). Framework for 21st-century learning. Available at: <http://www.p21.org/our-work/p21-framework> (accessed: 20 April 2025).
2. Paton, G. (2019). The dance schools giving a lift to education. *BBC News*. Available at: <https://www.bbc.com/news/education-47382792> (accessed: 20 April 2025).
3. Odemis, S. G., and Adilogullari, I. (2016). The effects of a Latin dance training programme on self-confidence in university students. *Journal of Education and Learning*, 9(3), pp. 207–215.
4. Charleroy, A., Gentry, C., Greco, A., Rubino, N., & Schatz, M. (2011). Arts education standards and 21st century skills: An analysis of the National Standards for Arts Education as compared to the 21st Century Skills Map for the Arts. New York, NY: The College Board. Available at: <http://nccas.wikispaces.com/21stCCenturyCGapCAAnalysis> (accessed: 20 April 2025)
5. Oney, E., and Oksuzoglu-Guven, G. (2015). Confidence: A Critical Review of the Literature and an Alternative Perspective for General and Specific Self-Confidence. *Psychological Reports*, 116(1), pp. 149–163.
6. Pan, C. Y., et al. (2018). Dance and Social Competence in Children with Autism Spectrum Disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 45, pp. 1–12.
7. Payne, H., and Costas, B. (2020). Creative Dance as Experiential Learning in State Primary Education: The Potential Benefits for Children. *Journal of Experiential Education*. DOI: 10.1177/1053825920968587.
8. Pavri, S., and Monda-Amaya, L. E. (2018). Effects of creative dance instruction on creative and social behaviour of young children. *Early Child Development and Care*, 188(3), 356–367.
9. Piya-amornphan, N., et al. (2020). Dance and Empathy in Children and Adolescents. *Journal of Youth Studies*, 23(6), pp. 789–807.
10. Straus, R. (2012). Isadora Duncan: Mother of modern dance. *Dance Teacher*, 34(1), 44–46.
11. Rath, E. (1914). *Aesthetic dancing*. New York, NY: A. S. Barnes
12. Beegle, M. P., & Crawford, J. (1916). *Community drama and pageantry*. New Haven, CT: Yale University Press.
13. Podolski O. S., Whitfield T., Schaaf L., Cornaro C., Köbe T., Koch S., Wirth M. (2023). The Impact of Dance Movement Interventions on Psychological Health in Older Adults without Dementia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sci*, 13(7), 981. Available at: <https://doi.org/10.3390/brainsci13070981> (accessed: 20 April 2025)
14. Rahman, M. S. (2020). The advantages and disadvantages of using qualitative and quantitative approaches and methods in language testing and assessment research: A literature review.
15. Rashman, L. (2020). Comparing qualitative and quantitative research methodologies. *Research Journal*, 15(3), pp. 225–236.
16. Reinders, N., Fletcher, P., and Bryden, P. (2015). Dreams Do Come True: The Creation and Growth of a Recreational Dance Programme for Children and Young Adults with Additional Needs. *Journal of Dance Education*, 15(3), pp. 100–109.
17. Ribeiro, L., Matsunaga, M. J., Maltais, C., and Barsalou, L. (2019). Dance and Creativity: A Study on University Students' Executive Functions. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 13(1), pp. 76–84

Sapianov Yevhenii
Hairdresser

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-10864

TRICHOLOGY FOR HAIRDRESSERS: HAIR ANATOMY AND PHYSIOLOGY

Summary. In the modern beauty industry, the profession of a hairdresser goes beyond simply creating hairstyles. Today, a hairdresser must not only master the technique of cutting and coloring, but also understand the structure and physiology of hair. Trichology, a science that studies the structure, growth and diseases of hair, is becoming an important part of the professional training of hairdressers.

This article examines in detail the anatomical structure of hair, its chemical composition, growth phases and factors affecting its health. Particular attention is paid to why a hairdresser needs to understand the basics of trichology. This knowledge allows you to minimize damage during procedures, choose the right care and give clients scientifically based recommendations. The introduction of trichology into hairdressing practice improves the quality of services and strengthens customer trust.

Key words: Trichology, hairdressers, hair anatomy, physiology.

Introduction. A modern hairdresser is not just a performer, but an expert in the field of hair health. Clients increasingly expect not only an aesthetic transformation, but also the preservation of the hair structure after coloring, curling or heat styling. Without understanding the basics of trichology, a hairdresser will not be able to correctly assess the condition of the client's hair and select gentle techniques.

Trichology helps a hairdresser explain why some procedures can harm, while others can restore hair. For example, knowledge of the structure of the cuticle allows you to understand how aggressive coloring destroys the protective layer, leading to dryness and brittleness. Awareness of the life cycle of hair helps to distinguish between natural hair loss and pathological alopecia.

In addition, clients increasingly turn to hairdressers with questions about proper care, hair nutrition and the selection of professional products. If the master cannot give a reasoned answer, trust in him decreases. Thus, trichology is not just an additional discipline, but a necessary condition for professional growth in the beauty industry.

Hair anatomy: structure and composition

Hair is a complex structure consisting of two main parts: the visible shaft and the root hidden under the skin. The hair shaft is a dead tissue formed by keratin cells, but its condition directly depends on the health of the hair follicle.

The outer layer of the hair, the cuticle, consists of overlapping keratin scales that protect the inner layers from mechanical and chemical damage. When the

cuticle is destroyed (for example, due to frequent use of curling irons or aggressive dyes), the hair becomes porous, loses its shine and breaks easily.

The middle layer, the cortex, makes up to 90% of the hair mass and is responsible for its strength, elasticity and color. It is in the cortex that the processes associated with perming and coloring occur. If the cortex is damaged, the hair loses elasticity, becomes lifeless and does not hold its shape well.

The medulla is the central layer, which is not present in all hair types. In fine hair, the medulla may be absent, while in coarse hair, it may be well-defined. Although its exact function is not fully understood, it is believed to play a role in thermoregulation and nutrition of the hair.

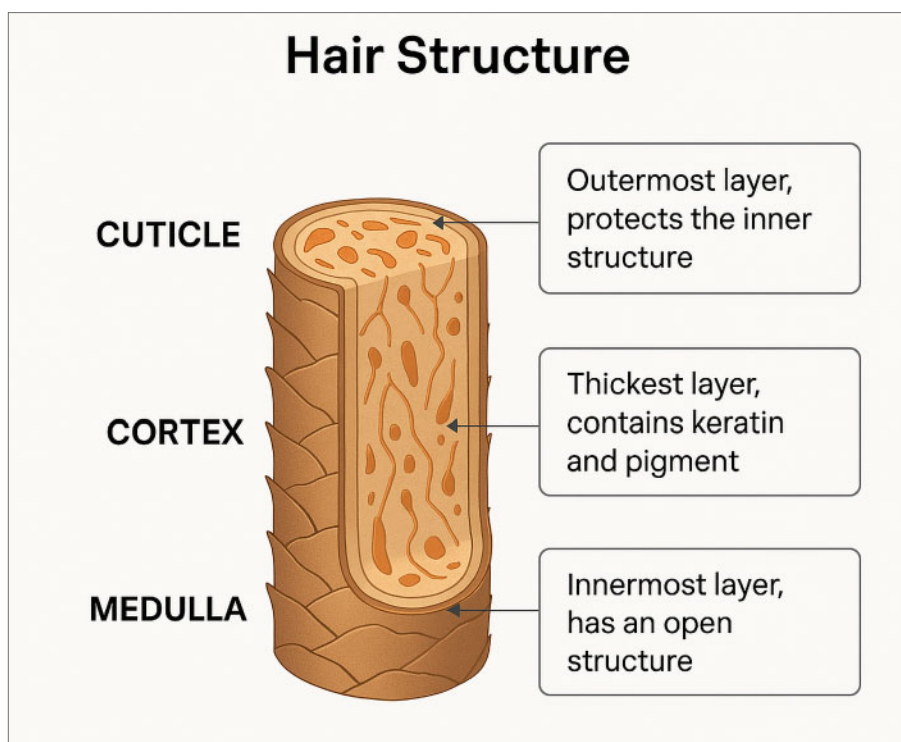
Hair life cycle

Hair growth occurs cyclically and includes three main phases: anagen, catagen and telogen. Anagen is the period of active growth, which lasts from 2 to 6 years. During this phase, the cells of the hair follicle divide intensively, ensuring the lengthening of the hair.

Catagen is a short transitional phase, lasting about 2–3 weeks. During this period, hair growth slows down, the follicle contracts, and the hair gradually separates from the vessels that feed it.

Telogen is the resting phase, when the old hair falls out and a new one begins to form. Normally, about 10–15% of hair is in the telogen phase, and their daily loss (50–100 pieces) is a natural process.

Understanding these phases helps the hairdresser explain to the client why some hairs fall out and others continue to grow. If the client experiences increased



Graph 1. Hair structure (a detailed diagram with all layers and their functions indicated)

hair loss, the hairdresser may recommend consulting a trichologist to rule out pathological causes, such as hormonal imbalances or nutritional deficiencies.

Chemical composition of hair

Hair is 80–85% keratin protein, which is formed from amino acids such as cysteine, serine and glutamic acid. Disulfide bonds (bridges between cysteine molecules) play a special role, giving hair strength. During perming or straightening, these bonds are broken and restored in a new position, which changes the structure of the hair. Water makes up 10–15% of hair and affects its elasticity. Without enough moisture, hair becomes dry and brittle, so it is important to use moisturizers, especially after heat treatment.

Lipids (fats) are part of the cuticle and intercellular cement, providing protection from external influences. If they are lacking, hair loses its smoothness, becomes dull and difficult to comb. Minerals such as zinc, iron and sulfur play a key role in the synthesis of keratin and maintaining healthy hair. Deficiencies in these elements can lead to slow growth, thinning and even alopecia.

The impact of external and internal factors on hair condition

External factors such as frequent coloring, heat styling, exposure to ultraviolet radiation and chlorinated water can seriously damage hair. For example, high temperatures destroy keratin, making hair porous, and UV rays oxidize the pigment, causing fading.

Internal factors include hormonal changes (for example, during pregnancy or menopause), stress,

poor nutrition and chronic diseases. Deficiency of B vitamins, iron and protein directly affects hair growth and quality.

A hairdresser who knows trichology can recommend not only professional care to the client, but also lifestyle changes, such as including foods rich in omega-3 in the diet or taking vitamin complexes.

Main trichological problems and their causes

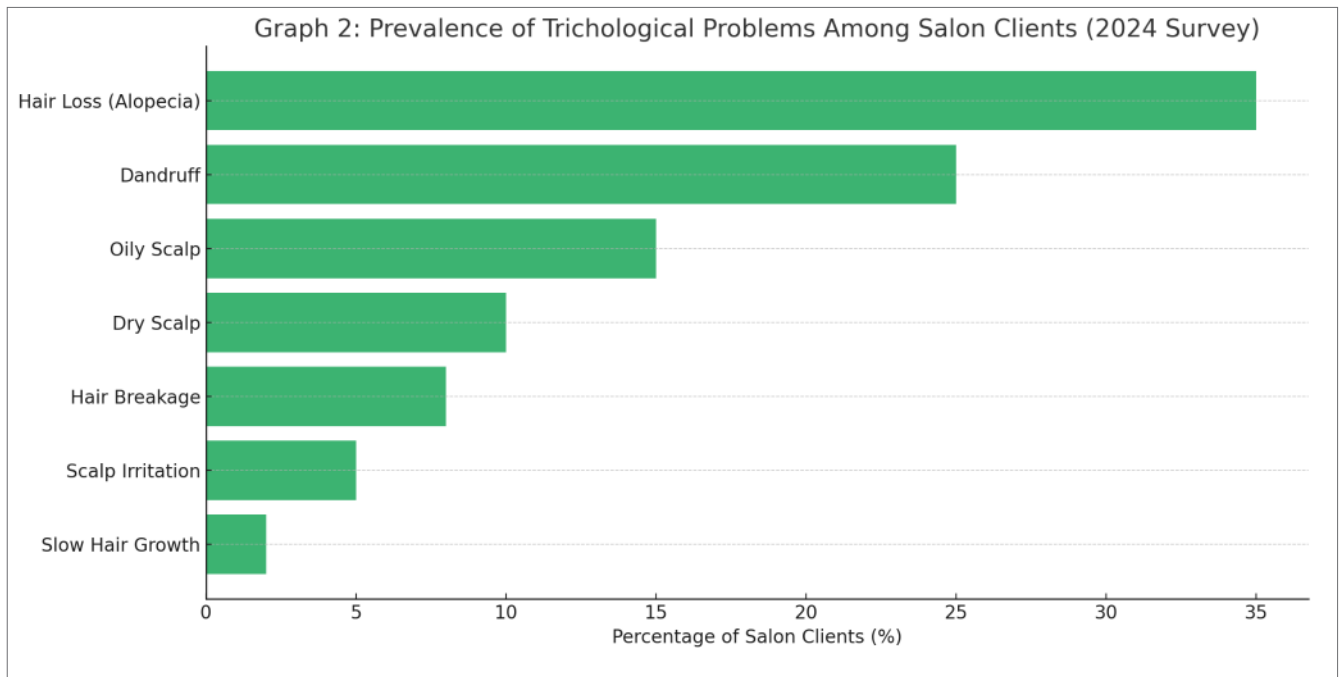
Dryness and brittleness of hair are most often associated with damage to the cuticle. This occurs due to frequent use of a hair dryer, irons or chemical procedures. The protective layer can be restored with keratin masks and serums with silicones (temporary) or protein complexes (long-term).

Oily hair is caused by hyperfunction of the sebaceous glands. This can be a genetic feature or a consequence of hormonal imbalance. For correction, mild cleansing shampoos with zinc and salicylic acid are used.

Alopecia (hair loss) has many causes: from stress and vitamin deficiency to autoimmune diseases. If a client complains of severe hair loss, a hairdresser should recommend a consultation with a trichologist and hormone tests.

The Importance of pH in Hair Care

The acid-alkaline balance (pH) plays a fundamental role in the health of the hair and scalp. The optimal pH level for hair is 4.5–5.5, which is slightly acidic. This pH keeps the cuticle closed, providing smoothness, shine and protection of the inner layers.



Graph 2. Prevalence of trichological problems among salon clients (according to a 2024 survey)

Most professional procedures, such as coloring, perming or lightening, use alkaline formulations with a pH of 9–11. They lift the cuticle scales so that the active components penetrate the cortex. However, if the acid balance is not restored after the procedure, the hair remains porous, which leads to dryness, brittleness and rapid color fading.

A hairdresser must understand how acidic and alkaline products work:

Alkaline products (permanent dyes, perming formulations) require the subsequent use of acidic balms (pH 3–4), which seal the cuticle.

Sulfate shampoos have a high pH (up to 8), so their frequent use disrupts the hydrolipid barrier. An alternative is sulfate-free formulas with a neutral pH.

Acid rinses (apple cider vinegar, lemon water) help restore balance, but should be used in doses so as not to dry out the hair.

For clients with sensitive scalp or a tendency to irritation, it is especially important to choose products with a physiological pH. For example, with seborrheic dermatitis, alkaline shampoos can aggravate the problem, while mild cleansing products with a pH of 5.5 reduce itching and flaking.

Practical application of trichology in hairdressing

A modern hairdresser who knows the basics of trichology is no longer just a performer and becomes a true expert in hair health. This knowledge is used in every aspect of the work — from diagnostics to the selection of care. Before any serious procedure, a professional conducts a thorough analysis of the condition of the hair and scalp, assessing their elasticity, porosity and the

degree of damage. When dyeing, trichological knowledge helps to correctly select the concentration of the oxidizer, use gentle techniques and recommend optimal intervals between procedures. When working with chemical curls and straightening, understanding the structure of the hair allows you to avoid excessive damage to disulfide bonds. Even when cutting and styling, a master who understands trichology selects tools and techniques that match the type and condition of the hair. Of particular importance is the ability of a hairdresser to give clients competent recommendations for home care — from the selection of professional lines to nutritional advice for strengthening hair. In complex cases, when signs of alopecia, seborrhea or other trichological problems are detected, an educated master will not experiment, but will competently refer the client to a trichologist.

Hairdresser training in the basics of trichology

Today, high-quality hairdressing education is impossible without a deep study of trichology. The basic course should include not only the anatomy and physiology of hair, but also the basics of its biochemistry, diagnostic principles, and the difference between cosmetic and medical problems. Modern training formats combine traditional lectures with interactive master classes, where real examples are used to discuss different types of hair and methods of working with them. Of particular value are workshops on the use of diagnostic equipment — trichoscopes and microscopes, which allow you to study in detail the condition of the hair and scalp. Leading educational centers are already introducing VR technologies, creating virtual simulators for practicing diagnostic skills. No less

important is the system of certification and continuous education — professional associations are developing knowledge standards, advanced training programs and registers of certified specialists. Regular participation in conferences, studying professional literature and sharing experience with colleagues are becoming mandatory elements of growth for a modern master.

Conclusion. Trichology has revolutionized the concept of the hairdresser's profession, turning it from a craft into a science of hair health. Today, a hairdresser who does not possess this knowledge cannot be considered a true professional. Understanding the structure and physiology of hair allows you not only to perform procedures, but to do so taking into account

their long-term impact on the condition of the hair. For clients, this means not only an aesthetic result, but also maintaining the health of hair after dyeing, curling or other manipulations. The beauty industry as a whole benefits from this approach — the professional level increases, the amount of damaged hair decreases, and trust between hairdressers and clients is strengthened. The future of hairdressing is seen in even closer integration with medical knowledge, the emergence of new specializations and the development of hardware diagnostics directly in salons. Mastering trichology is not just following a trend, but a necessary condition for those who want to remain a sought-after specialist in the rapidly developing beauty industry.

References

1. Robbins, C.R. (2012). *Chemical and Physical Behavior of Human Hair*. 5th ed. Springer.
2. Bouillon, C. & Wilkinson, J. (2005). *The Science of Hair Care*.
3. Tobin, D.J. (2017). *Hair in Toxicology: An Important Biomarker*.
4. Trüeb, R.M. (2020). *Hair Growth and Disorders*. Springer.
5. Draelos, Z.D. (2015). *Hair Care: An Illustrated Dermatologic Handbook*. Gavazzoni Dias, M.F. (2015). "Hair cosmetics: An overview".

Levchenko Serhii*Expert in business resilience
(Chicago, USA)*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-12066

MODULAR BUSINESS FRAMEWORK: A METHODOLOGY FOR TRANSFORMING FUNCTIONAL DEPARTMENTS INTO PROFIT CENTERS TO IMPROVE THE OPERATIONAL RESILIENCE OF AN ENTERPRISE

Summary. The article examines a methodology for developing a modular business framework based on transforming selected functional departments into modular profit centers. The study shows that this approach reveals the hidden resource potential of internal units, strengthens operational resilience, and creates additional revenue streams within a single legal entity. The article defines the features of a modular profit center, proposes readiness criteria for departmental transformation, and presents an implementation algorithm.

Key words: modular business framework, functional department, profit center, operational resilience, enterprise, available capacity, internal resources, management methodology, business system.

Modern enterprises increasingly depend on the performance of individual functional departments that accumulate competencies, equipment, client data, and managerial expertise. In the traditional organizational model, such departments are usually treated as cost centers, and their contribution is assessed through budget compliance and execution of internal tasks. As a result, their latent commercial potential often remains unused. Under conditions of demand volatility, supply disruptions, workforce shortages, and uneven workload, this creates a managerial problem: the enterprise may possess valuable internal resources but lack a mechanism for converting them into measurable business value. Therefore, the central research question of this study is how functional departments can be transformed into modular profit centers while preserving the stability of the core business process.

The theoretical basis of the study is the concept of modular organizational design. R. Sanchez and J. T. Mahoney show that standardized links between product and organizational components reduce coordination costs and support knowledge management within the firm [1]. In the context of this study, a department can be considered an organizational module when its work is described through a specific product, measurable outcomes, established workflows, and quality indicators.

The aim of this study is to develop a methodology for transforming functional departments into modular

profit centers in order to enhance enterprise operational resilience.

The study is based on scholarly publications devoted to organizational modularity, business models, profit centers, operational resilience, and resource reserves. The methods include theoretical generalization, modeling, comparative analysis, and organizational design. Following M. A. Schilling's view of modularity as a system of relationships between elements [2], a modular business framework is understood here as a management system in which departments receive independent performance indicators while remaining aligned with the overall goals of the enterprise.

The connection between modularity and the business model clarifies the economic meaning of the proposed approach. D. H. Clemente, J. Hsuan, and M. M. Carvalho show that modularity can be transferred from the product level to the organizational process of value creation [3]. Therefore, a department may be described through the module's product, customer, resource base, revenue mechanism, and rules of interaction with the core business.

In the author's interpretation, a modular business framework is a form of enterprise organization in which selected functional departments are transformed into modular profit centers. A modular profit center remains involved in internal processes, but also receives its own product intended for internal and external customers. External commercialization is possible only when the department has available

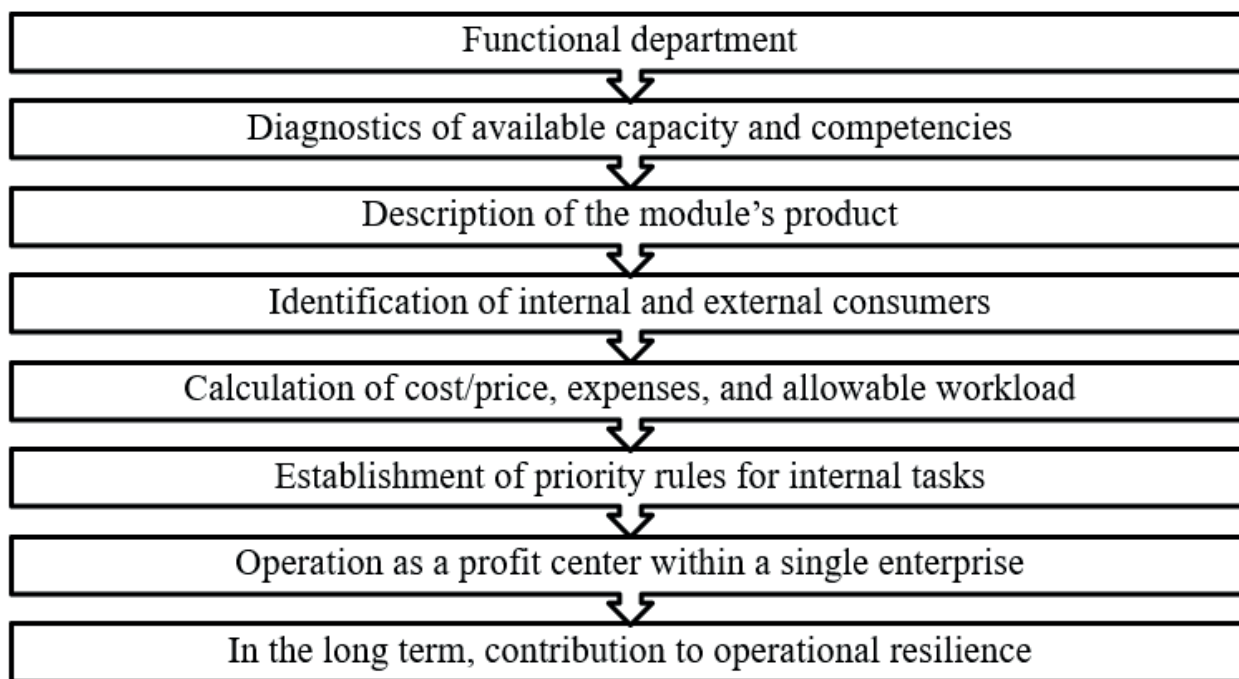


Fig. 1. Model for Transforming a Functional Department into a Modular Profit Center

Source: developed by the author

capacity, relevant competencies, measurable output, and verified market demand.

A module differs from a conventional department by four features: a clearly defined product, measurable costs and outcomes, responsibility of the module manager for performance, and priority rules that regulate the balance between internal tasks and external orders.

J. Vithayathil and V. Choudhary emphasize that the difference between a cost center and a profit center

is linked to authority over pricing, quality, service range, and decision-making boundaries [4]. Therefore, transformation into a profit center requires more than adding a revenue indicator. It also requires defining pricing rules, managerial authority, service standards, and procedures for evaluating the unit's contribution to the enterprise.

For this reason, the present study proposes a model for transforming a functional department into

Table 1

Criteria for assessing the readiness of a functional department for transformation into a modular profit center

Criterion	Description of the criterion	Guiding question	Evaluation indicator	Managerial decision
Module product	The department delivers an outcome understandable to an external customer	What exactly can be commercialized?	Service description, pricing, delivery time	Development of the product specification
Available capacity	A reserve of time, equipment, or expertise is available	What share of resources remains unallocated to the core process?	Utilization level (typically determined by a target benchmark; in manufacturing, often approaching 90–95%)	Calculation of a safe sales volume
Quality of execution	The outcome can be monitored in terms of timeliness and quality	How is order fulfillment measured?	Share of obligations fulfilled on time	Introduction of service standards
Financial performance	The module's revenue covers direct costs	How is the contribution to profit determined?	Margin, share of external revenue	Retention or revision of the module
Stable workforce structure	Module operations do not increase the risk of employee turnover	How does employee workload change?	Turnover, employee satisfaction, overtime	Adjustment of workload and compensation

Source: developed by the author

a modular profit center in order to support organizational transformation processes (Figure 1).

The proposed model shows that a modular profit center emerges through the sequential specification of product, customer, resources, and coordination rules. If the product is not defined, the department cannot be commercialized. If priority rules are not established, external orders may conflict with the core business process. Therefore, preliminary diagnostics become the central stage of transformation.

The diagnostics should determine whether the department has a commercializable product, available capacity, key competencies, transparent cost structure, and mechanisms for protecting internal obligations. These parameters form the basis for assessing

readiness for transformation into a modular profit center (Table 1).

The availability of clear explanations and substantiated answers to each of these questions makes it possible to proceed to the pilot implementation of the module.

The criteria in Table 1 are indicative and should be adjusted according to industry, enterprise scale, and seasonality. In manufacturing, the key issue is the preservation of reserve production capacity, while in service businesses the critical parameter is execution time, since delays reduce trust and service quality.

The implementation methodology should begin with selecting a department that has accumulated reproducible competencies and can deliver a stable

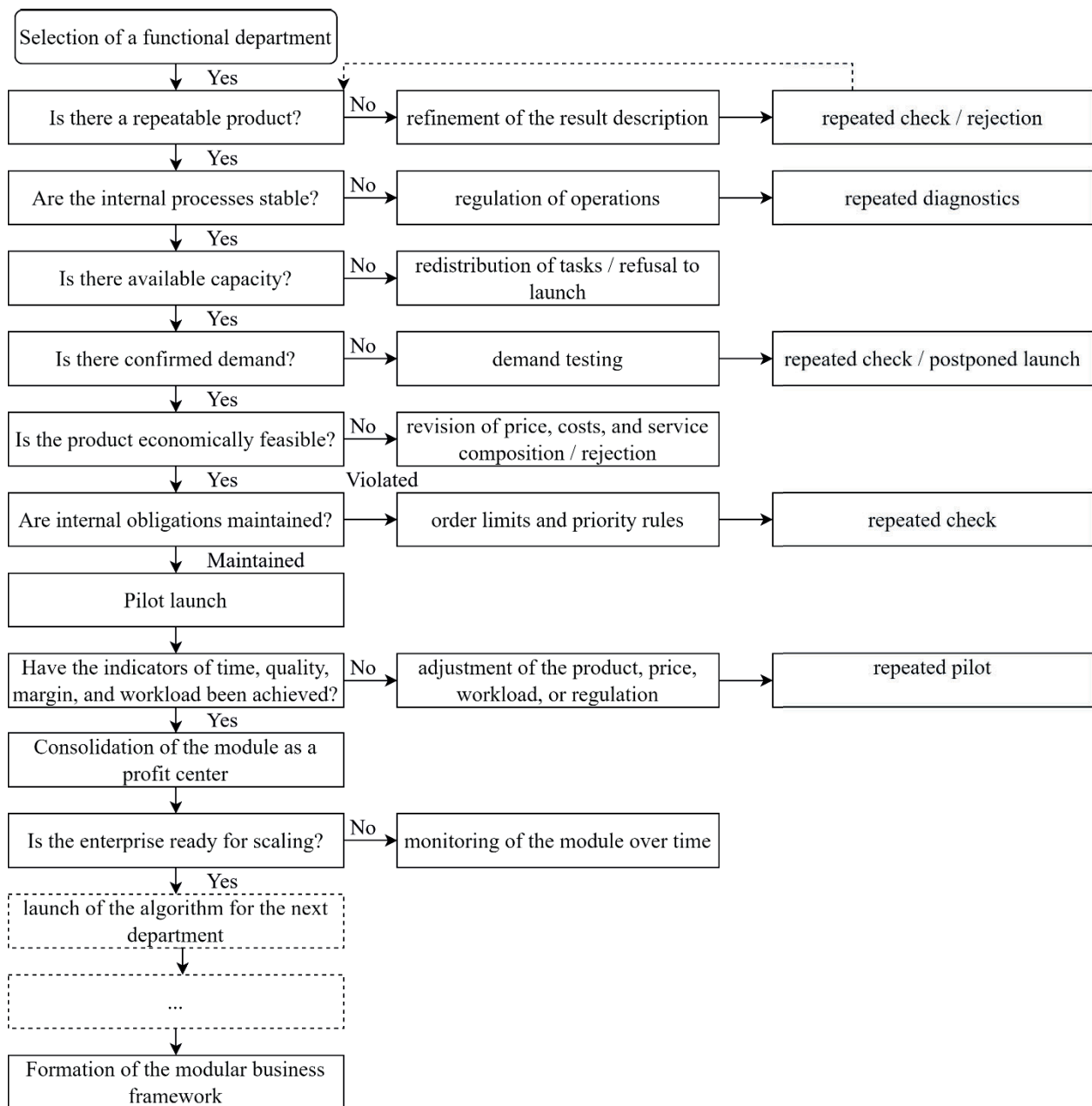


Fig. 2. Algorithm for implementing a modular business framework
Source: developed by the author

result. The initial module may be a marketing department, project office, transport service, IT department, training center, or analytics unit.

K. A. Merchant, C. W. Chow, and A. Wu show that the evaluation of profit center managers depends on measurement, assessment, and incentive systems [5]. Therefore, the modular system should combine financial and operational indicators: revenue growth must not be achieved through delays in internal processes, quality decline, or excessive employee workload.

The algorithm assumes gradual implementation. A pilot launch reduces the risk of overloading the core process and allows the enterprise to verify market demand before scaling the module.

In this methodology, operational resilience is understood as the ability of an enterprise to maintain its core functions under changing external and internal conditions. Therefore, the modular business framework is treated as a managerial mechanism for strengthening continuity and reducing dependence on a single income source.

The effect of the proposed mechanism is manifested in three areas. First, the enterprise receives additional revenue streams from departments that previously functioned only as cost centers. Second, concealed resources, including unused time, equipment, expertise, and client data, are included in value creation. Third, department managers begin to link

costs, quality, workload, and financial result within their own modules.

Workforce stability is also a necessary condition for the modular framework. If external orders are fulfilled through permanent overtime, the module begins to weaken the core organizational system. J. H. Gittell, K. Cameron, S. Lim, and V. Rivas show that recovery after crisis depends on financial and relational resources, while large-scale layoffs may slow recovery [6]. Therefore, employee retention, workload distribution, and interaction quality should be included in module evaluation.

The proposed methodology has limitations, since not every department should be transformed into a profit center. Supervisory, legal, and certain support functions may generate conflicts of interest if commercialized. Therefore, modular transformation should be based on internal diagnostics and should begin with a single pilot department. The practical significance of the methodology lies in its ability to reduce the cost of organizational change, test the commercial potential of internal resources, and evaluate whether the transformation of a department into a modular profit center strengthens enterprise operational resilience. A promising direction for further research is the development of quantitative indicators for assessing the contribution of modular profit centers to enterprise resilience.

References

1. Sanchez, R., & Mahoney, J. T. (1996). Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. *Strategic Management Journal*, 17(S1), 63–76. <https://doi.org/10.1002/smj.4250171107>
2. Schilling, M. A. (2000). Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity. *Academy of Management Review*, 25(2), 312–334. <https://doi.org/10.5465/amr.2000.3312918>
3. Clemente, D. H., Hsuan, J., & Carvalho, M. M. (2019). The intersection between business model and modularity: An overview of the literature. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(3), 387–397. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2019.v16.n3.a3>
4. Vithayathil, J., & Choudhary, V. (2022). Organizational structure for the IT department: Profit center or cost center? *Information Systems Frontiers*, 24(6), 2053–2076. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10214-9>
5. Merchant, K. A., Chow, C. W., & Wu, A. (1995). Measurement, evaluation and reward of profit center managers: A cross-cultural field study. *Accounting, Organizations and Society*, 20(7–8), 619–638. [https://doi.org/10.1016/0361-3682\(95\)00021-Z](https://doi.org/10.1016/0361-3682(95)00021-Z)
6. Gittell, J. H., Cameron, K., Lim, S., & Rivas, V. (2006). Relationships, layoffs, and organizational resilience: Airline industry responses to September 11. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 42(3), 300–329. <https://doi.org/10.1177/0021886306286466>

Chirkin Ihor*Independent Researcher (Kyiv, Ukraine)*

ORCID: 0009-0003-5824-3902

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-4-12072

INNOVATIVE CONSTRUCTION APPROACHES AS AN INSTRUMENT FOR REDUCING THE COST OF AFFORDABLE HOUSING

Summary. Constant unaffordability of housing in high-cost urbanized regions has added pressure on construction measures to reduce the costs of the units in question, without affecting the quality, safety, or habitability of the resulting structures. This paper explores three alternative innovative construction approaches – modular construction, prefabricated systems, and value engineering – as modes for reducing costs for the affordability of housing, and assesses their effectiveness in relation to the four-pillar integrated engineering and management approach proposed by Chirkin. Building on a systematic review of peer-reviewed material, the article contends that all advanced methods alone do not reach their full potential until they have the backing of a structured system of operation that integrates engineering choices with the logic of project management. The contribution of small and medium-sized enterprises (SMEs) is explored as a relatively untapped market for applied construction technology innovation and the capability of the innovative approaches to be spread and scaled in varying regional and regulatory systems in different regions is investigated. The results show that the Chirkin methodology – based on lean operational logic, turnkey standardization, engineering-management coordination, and scalable modularity – becomes a systematic operational architecture for designing the approach to deploying, replicating, and enhancing construction new ideas systematically. Potential policy and practice implications are discussed, as well as directions for future empirical study.

Key words: modular construction, prefabricated housing, value engineering, SMEs, lean construction, construction innovation, affordable housing, Chirkin methodology.

Introduction. The difficulty of supplying affordable housing at scale has driven continued research and practitioner interest in construction techniques that can reduce per-unit costs without deteriorating the quality, safety, and long-term durability of residential property.

The traditional construction culture, with the supply chains being fragmented, the logic of construction based on craft, and project management led by project-by-project scheduling, has always been unable to drive down the cost of housing in the high-demand urban markets.

Baum-Snow (2023) identifies supply-side barriers – regulatory resistance and ineffectual delivery systems – as a significant driver of the housing affordability crisis, indicating that construction process would be a focus point interventionally [6].

An innovative construction practice comprising three families has been singled out in the literature for being a more suitable tool for reducing cost: modular construction where volumetric units are manufactured off-site and delivered to their final assembly site; prefabricated systems where structural and mechanical components are produced in a factory and installed on site; and value engineering where design decisions are audited with the aim of reducing costs without sacrificing operational performance.

Bertram et al. (2019) [8], Razkenari et al. (2019) [19], and Fei (2023) [13] jointly detail the cost and efficiency benefits of these strategies, whilst Cao et al. (2025) and Zohourian et al. (2025) identify organizational and systemic limitations that restrict their wider uptake [10; 23].

What the literature fails to address, is the capacity of these innovative approaches to be embedded in an integrated operational context – one which reconciles engineering decision making with management practice, sustains quality and safety standards when project scales change, and is available to the SMEs that represent the majority of those in the construction sector.

This void is the subject of the analysis in the current paper. The blended engineering management model introduced by Chirkin is framed here as such a model.

The four operational pillars such as engineering-management integration, turnkey standardization, lean operational logic and scalable modularity form a system on which innovative construction can be assessed.

The paper is structured around literature review which links that evidence to this basis, methodology

section which formalises the evaluative logic of the framework, findings arranged around the four theses, and finally discussion that draws implications for SME practice, regional scalability, and future studies.

Literature Review

2.1. Innovative Construction Approaches as Cost-Reduction Instruments. The modular and prefabricated construction literature represents the most developed literature on construction innovation as a cost-reduction tool.

Bertram et al. (2019) describe productivity gains of up to 20% on modular construction over traditional site-built techniques, noting that all of these improvements are connected to factory-controlled quality assurance, minimal-material waste, and a compression in building schedules as well as concurrent off-site and on-site activities [8].

Razkenari et al. (2019) situate these gains within a wider movement from craft-based to production-based construction logic, as per which industrialized construction is a systemic rather than merely technical innovation [19].

Fei (2023) adopts this analysis on prefabricated building construction in general and provides evidence of how technology improvement in prefabrication, including panelized wall construction, volumetric modules, and hybrid structural systems, enables uniform production quality and cost reproductions from one project to the next with similar high quality [13].

Zohourian et al. (2025) offer extensive coverage on the current state of modular construction, identifying that the technology is technically mature but unevenly adopted [23]. The authors explain this variability by noting that there are neither technical shortcomings, nor the failure to establish integrated management frameworks that can orchestrate design, fabrication, logistics, and on-site assembly.

Cao et al. (2025) support this conclusion, finding supply chain fragmentation, transportation logistics, and non-recognition of factory-constructed components as a couple of the most critical growth barriers — these were perceived as organizational and managerial, not engineering, issues [10]. The diagnosis directly implicates the necessity of a framework such as the one put forth by Chirkin and the approach to engineering and management decisions taken jointly rather than sequentially delegating.

Value engineering, the third novel methodology discussed in this paper, has a different logic from modular or prefabricated systems. Value engineering does not alter the production process but rather subjects designs to a rigorous cost-benefit analysis, aiming to maintain functional capability while removing cost without functional value.

Bae et al. (2023) have shown through an approach to building design optimization of residential buildings that systemic structure and mechanical optimization

can also result in significant construction cost reductions per unit [5]. Liu et al. (2020) expand on this argument to energy systems with their assertion that techno-economic design optimization for the installation of renewable energy components in domestic high-rise developments generates optimized lifecycle cost effects [16]. Bedon et al. (2023) set modular and value engineering methodologies in the wider context of structural innovation: methodological convergence between engineering disciplines is necessary to realize the maximal efficiency potential of individual approaches [7].

2.2. Design Optimization Without Compromising Quality and Safety. A long-standing worry in the realm of affordable housing is that the cost reduction — via new construction approaches or advanced value engineering — may not be achieved without detriment to structural resilience, habitability, or long-term durability of houses.

Galster and Lee (2021) emphasize that housing affordability is a complex model which cannot be simply summarized into unit cost: houses that are cheap to build but expensive to maintain or that do not meet standards for habitability are not indeed affordable housing [14].

Ezennia and Hoskara (2022) support this position by reviewing cost-based affordability metrics in an ordered and systematic manner and finding that the system-based measurement of cost only systematically underestimates the overall cost to households and the community of poor-quality housing construction [11].

Akinsulire et al. (2024) explicitly address this tension in their discussion on strategic planning for affordable housing investment: the most sustainable affordable housing investments are those where cost reduction and quality assurance are complementary and not opposing goals [2].

They find that this complementarity only happens to be possible when design optimization is integrated in a managerial framework that sustains quality indicators (as non-negotiable constraints to the cost reduction process) — right where the cornerstones of turnkey standardization come into play in the Chirkin model.

Moorhead et al. (2023) also report that developer feasibility assessments using quality and sustainability assessments with cost parameters are more likely to make projects that persist to the end of the asset lifecycle thereby decreasing the long-term public cost of providing affordable housing [18].

2.3. SMEs as Sources of Applied Construction Innovation. Small and medium-sized enterprises constitute the structural majority of the construction sector in most developed economies but their contribution as sources of applied innovation has been systematically overlooked in the scholarly and policy literatures.

Avelar et al. (2020) systematically examine the relationship between lean construction principles and continuous flow management in SMEs, proving that

organizations that adopt lean methodologies (with systematic waste elimination, pull-based scheduling, and continuous process improvement) achieve performance improvements close to those seen in large-scale industrialized construction, without the capital investment typically associated with large-firm approaches [3].

Adekunle et al. (2023) locate technology adoption as a fundamental bottleneck to SME innovation in terms of capacity, with barriers including upfront implementation costs, skills deficits and organizational reluctance to process change [1].

Vidalakis et al. (2020) and Makabate et al. (2022) find a convergent response on the individual case of Building Information Modelling (BIM), highlighting that the low level of adoption by SMEs does not represent ignorance, but rather deficiencies in an organisational system — management framework, workflow protocols or a degree of training capability — required for transforming access to tools into operational changes [17; 22].

Stehn and Jimenez (2024) find that firms doing business with stable, systematically structured production frameworks increase productivity over time via learning-by-doing effects, indicating that methodological stability can be seen as organizational capital in and of itself that SMEs can gain in exchange for scale [20].

The implication of this evidence is that SME innovation in construction stems much more from organizational methodology rather than investment in capital. Organizations that develop a cohesive organizational framework that combines engineering and management, creates consistent standards of quality, and defines a scalable way for improvement within processes are better equipped to implement innovative construction technologies in a way that works irrespective of size of the project. That competitive logic is what the Chirkin method provides for small contractors.

2.4. Scalability of Innovative Construction

Solutions. The scalability of novel construction approaches in different regional and regulatory contexts is an issue that the literature has not adequately explored.

Bertram et al. (2019) report on successful modular construction implementations across a variety of project scales as well as building types [8]. However, the latter focuses on the case of large-firm contexts where supply chain integration and regulatory engagement appear more feasible.

Cao et al. (2025) specifically highlight the regulatory aspect of scalability as a particularly problematic issue of scale as building codes in numerous regions have fallen short of technical capabilities of factory-produced structures, manifesting as approval constraints, which tend to impact smaller operators [10].

Brooks (2022) puts these scalability difficulties in the context of the broader arc of affordable housing provision across the U.S.: “nested in a history of the

very successful construction approach — from proposal to implementation to integration — but lacking at scale” — a failure that has had the absence of the organizational and policy infrastructure to reproduce project success at scale [9].

Hilber and Schoni (2022) extend this analysis further to an international perspective, observing that the scalability of any construction innovation is subject not only to, but is also constrained by the regulatory framework from which any construction innovation must proceed, and to which changes in formulating policy are needed also as a counterpart of methodological innovation [15].

Van Doorn et al. (2019) also provide a dimension on the role of market dynamics in the industry model, reporting that the economic incentives for the adoption of innovative construction innovation differ considerably through urban settings and are related to land value-based market strategies and construction cost indexes and strength of housing demand [21].

Favilukis et al. (2023) and Ayumu and Ohakawa (2024) focus on scalability in a financial modeling sense and show that the financial returns and social benefits of novel approaches to construction are maximized when scale is achieved which enables supply side returns to local housing markets [4; 12].

This finding suggests that the scalability of innovative construction is not simply a technical (or organizational) issue, but an economic one: the welfare gains from innovative affordable housing construction are scale-dependent — a finding that reinforces the need for frameworks that can be consistently replicated across innovative processes, from project types to contractor type and from region to region.

Methodology. The present paper uses an analytical review methodology whereby the integrated engineering and management framework developed by Chirkin acts as the predominant evaluative lens through which results from the peer-reviewed literature are evaluated.

We do not locate the Chirkin framework as one innovative method among many, but as the functional architecture from which innovative construction methodologies (modular construction, prefabricated systems, value engineering, etc.) can be systematically deployed, measured, and scaled.

This framing is consistent with the central empirical tenet of the paper: that the constraint to urban affordable housing construction innovation is not the lack of single modes of creating a new building, but rather the absence of a unitary approach to building housing, which is necessary to support and incentivize new projects to be built. The four interconnected pillars of the Chirkin framework collectively define the evaluative criteria that are applied throughout the Findings and Discussion sections. First pillar — engineering-management integration: Cost-reduction decisions in construction should be made at

engineering performance and operational viability, not in disparate disciplines, providing the evaluative benchmark against which the coordination failures documented in modular and prefabricated building literature are evaluated. The second pillar, turnkey standardization, is a set of replicable quality and cost benchmarks that dictate how a design optimization can work — to ensure that cost reductions do not compromise the habitability, safety, or structural integrity of a finished unit — thereby serving as the evaluative standard for the design quality literature. The third pillar, lean operational logic, regulates the removal of waste from site operations and supply chain management, and is the evaluative lens for comparing SME innovation practices. The fourth pillar, scalable modularity, describes the framework’s ability to adjust core protocols to projects with different scales and typology and serves as an evaluative frame for the literature around regional scalability.

Results. Examining novel construction strategies substantiates that modular construction, prefabricated systems, and value engineering all result in significant reduction in cost at the project level, with the best evidence for modular and prefabricated systems in per-unit cost reduction and construction timeline compression. But as the body of literature continually points out, organisational and managerial barriers-and not technical limitations-have become the main obstacles to realizing the full efficiency potential of these strategies. Structurally, this finding is congruent with the first pillar of Chirkin’s framework where the separation of engineering and management decision-making provides a mechanism for explaining those ‘coordination failures’ that thwart innovative construction techniques’ realization of their documented potential (See Fig. 1).

Table 1 offers comparisons between the main research innovative construction methods on different dimensions based on the Chirkin analysis framework:

cost reduction potential; design integrity; SME applicability; and scalability. The Chirkin integrated methodology outperforms on all four dimensions, which is in line with an overall integration framework, rather than a stand-alone approach. On their own, modular construction and prefabricated systems score highly in cost reduction and scalability but only moderately on SME applicability, in line with the barriers described by Adekunle et al. (2023) [1] and Makabate et al. (2022) [17]. Value engineering scores highly on design integrity and SME applicability but only moderately on scalability.

The findings of the study on SME innovation practice identify a significant common factor: smaller contractors who adopted lean methodology or implement turnkey protocols (and integrated scheduling systems) tend to systematically outperform peers of similar sizes adopting ad hoc project management practices. This result is consistent with that of Avelar et al. (2020) [3] and Stehn and Jimenez (2024), indicating that organizational methodology is the key determinant of the quality of performance of SMEs in the affordable housing construction market [20].

Table 2 shows the mapping of documented SME innovation practices to the main pillars of the Chirkin framework and their relevant outcomes. The mapping highlights that SME practices that target several pillars simultaneously — Coordinated Scheduling and Engineering which engages both engineering-management integration and lean operational logic — yield compounding efficiency gains that are higher than gained with single-pillar interventions. Noting this, this finding offers empirical evidence in favour of integration, rather than individual components, as the primary source of cost-reduction potential for the framework.

On the question of regional scalability, the results are more qualified. This literature alludes to the technical scalability of modular and prefabricated approaches across project sizes and building typologies

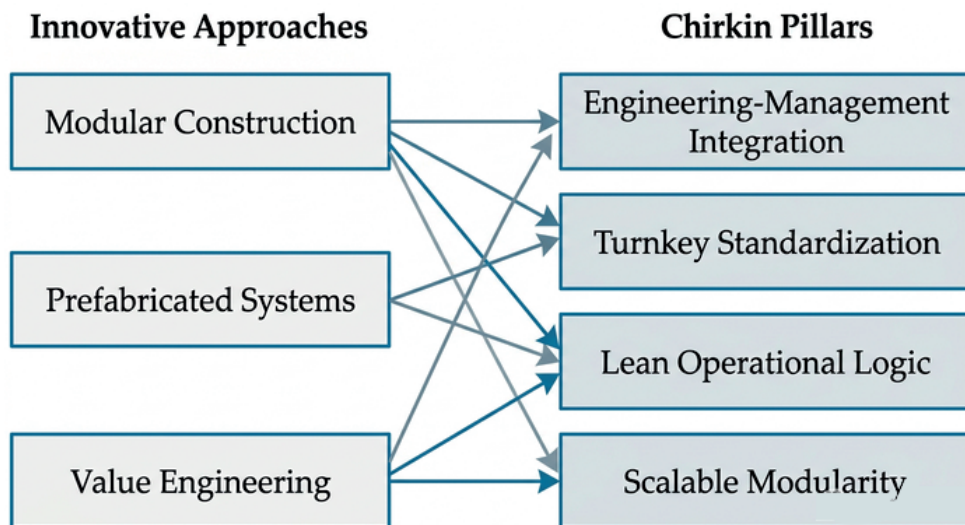


Fig. 1. Mapping of innovative construction approaches to the four pillars of the Chirkin integrated framework

Table 1

Comparative Assessment of Innovative Construction Approaches Against the Chirkin Framework Dimensions

Approach	Cost Reduction Potential	Design Integrity	SME Applicability	Scalability
Modular Construction	High	High	Moderate	High
Prefabricated Systems	High	Moderate-High	Moderate	High
Value Engineering	Moderate-High	High	High	Moderate
BIM-Integrated Design	Moderate	Very High	Low-Moderate	Moderate
Chirkin Integrated Methodology	Very High	Very High	Very High	Very High

Source: assessment based on synthesis of reviewed literature

Table 2

SME Innovation Practices Mapped to Chirkin Framework Pillars and Documented Outcomes

SME Practice	Chirkin Pillar Engaged	Documented Outcome
Lean workflow adoption	Lean Operational Logic	Reduced waste, faster cycle times
Prefab component integration	Scalable Modularity	Lower per-unit material costs
Turnkey renovation protocols	Turnkey Standardization	Consistent quality benchmarks
Coordinated scheduling & engineering	Engineering-Management Integration	Reduced rework and coordination cost

Source: Practices synthesized from Avelar et al. (2020), Vidalakis et al. (2020), Makabate et al. (2022), and Stehn & Jimenez (2024)

but consistently points to regulatory non-recognition, supply chain fragmentation and lack of integrated management frameworks as bottlenecks to systemic adoption. The Chirkin methodology directly addresses the last of these constraints; the first two require complementary policy and industry-level interventions.

Discussion. The principle takeaway of this paper—innovative construction techniques can achieve their full cost-reduction potential only if they are integrated into an operational framework — affects and is relevant for the construction industry, SMEs, policymakers, and researchers regarding the relation between innovation and affordability.

From an industry perspective, new methods in construction development have largely served as an additive rather than an integrative part of existing workflows: new techniques are adopted as supplements to existing workflows rather than as components of a redesigned operational architecture.

Zohourian et al. (2025) and Cao et al. (2025) both work in this regard in the modular construction industry, observing how organizations and companies needing to coordinate off-site fabrication to on-site assembly struggle with their own management capacity with the new production logic even as they have yet to update their operational fabric [10; 23].

Consequently, the gap is ever widening between the measured efficiencies of modular construction at the project-level and the efficiencies of the real projects being constructed — a gap the engineering-management integration pillar of Chirkin methodology uniquely aims to bridge.

The value engineering literature provides a complementary diagnostic. Bae et al. (2023) [5] and Liu et

al. (2020) prove that optimum results of design optimization emerge from the complete project scope process rather than to the isolated components [16].

This systemic application needs the level of the shared decision environment that a Chirkin methodology turnkey standardization pillar introduces — an aggregation of quality and cost metrics applicable to all the design choices, making sure that optimising at the piece level does not result in diseconomies at the system level.

Without this type of framework, value engineering risks devolving into a number of detached cost-cutting choices that compromise the structural or functional integrity of the completed unit, and ultimately, the very thing that Galster and Lee (2021) and Ezennia and Hoskara (2022) note as the systematic mode of failure of poorly run affordable housing projects (See Fig. 2) [11; 14].

The SME section of the analysis should be the focus, being the aspect that is the most closely associated to the applications of the Chirkin methodology in practice.

The reviewed literature consistently places SMEs as the largest and least-resourced actors in the construction industry, in terms of resources for their own operation (infrastructure, capital) and capability to adopt technology, to develop and carry out the integrating frameworks that innovative construction models require. Adekunle et al. (2023) call this a barrier problem [1]; Vidalakis et al. (2020) [22] and Makabate et al. (2022) [17] classify it as a problem of the frame/a framework.

The Chirkin methodology addresses all of these framings concurrently: providing a predefined

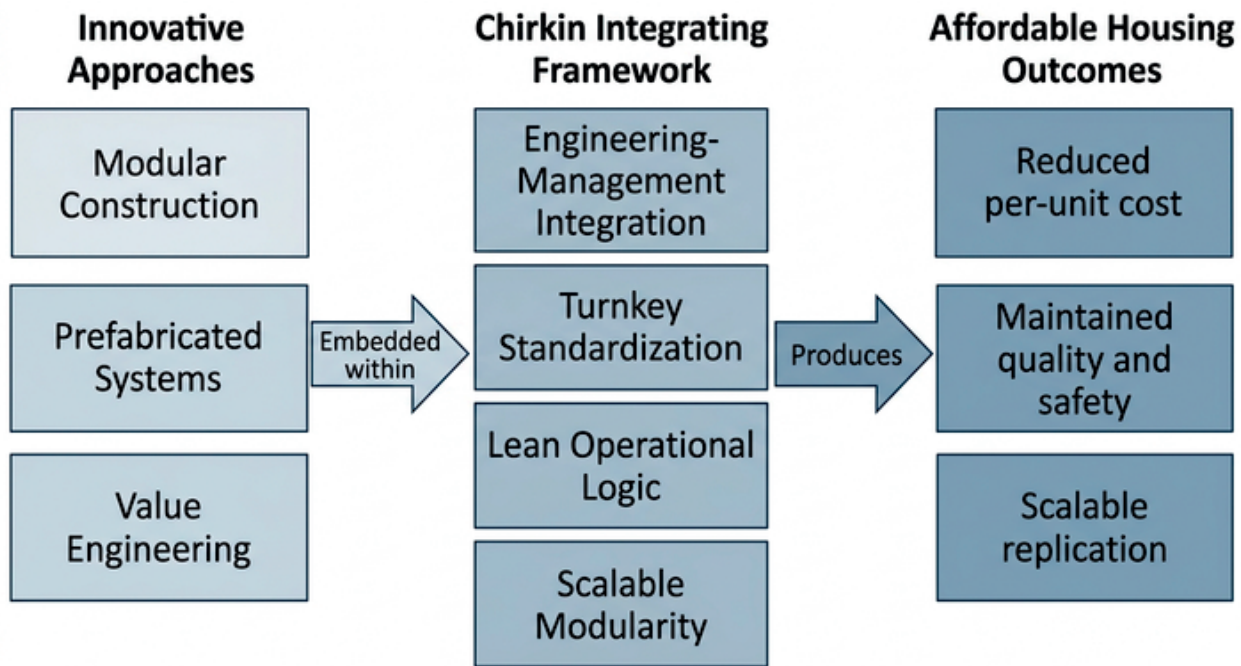


Fig. 2. The relationship between innovative construction approaches, the Chirkin integrating framework, and affordable housing outcomes

operational framework SMEs can adopt and fine-tune to their own project context will lower the organizational investment needed to exploit the efficiency gains provided by novel construction solutions.

The lean construction literature provides valuable lessons from their work. Avelar et al. (2020) show that SMEs implementing lean principles achieve comparable efficiency gains to larger firms by adoption of capital-intensive technology [3]. Stehn and Jimenez (2024) build on this by describing the additive character of these gains: in situations of systematic methodological consistency firms enhance performance over time via organizational learning, ultimately translating methodological consistency to a competitive advantage that replaces financial scale [20]. The lean operational logic pillar of the Chirkin methodology presents the specific mechanism by which these benefits of the method work, while the scalable modularity pillar ensures that — not only the innovation techniques associated with each methodology — the methodology has the potential for reproducibility across varied projects in size and complexity.

Scalability findings deserve careful interpretation. There is a clear distinction between two dimensions of scalability that is too often described within the literature and which are often conflated: technical scalability, the ability of an innovative approach to be broadly implemented for varying project sizes and typologies; and systemic scalability, the ability of a particular approach to be broadly embraced throughout the sector, to achieve supply-side effects on housing markets. The reviewed evidence provides evidence for the technical scalability of the approaches but begs the big question

of systemic scalability under regulatory constraints, fragmented supply chains, and the organizational limitations of SMEs. Through its parametric design, the Chirkin methodology addresses the organizational layer of systemic scalability directly: as the core protocols of the framework are maintained in both project types and projects, but project-specific parameters are modified through a structured customization process, SMEs that have internalized the methodology will be able to implement it consistently across a portfolio of projects accumulating organizational learning and supply chain relationships that gradually reduce the barriers to innovative construction adoption.

But on a policy and industry level, the regulatory and supply chain dimensions of systemic scalability require complementary interventions. Both Hilber and Schoni (2022) and Brooks (2022) pinpoint regulatory reform — specifically the update of building codes to include factory-built construction and the restructuring of approvals protocols to modular developments — as a required condition for the systemic adoption of innovative construction methods [9; 15]. Van Doorn et al. (2019) and Favilukis et al. (2023) argue the financial incentives and subsidy structures have to be shaped to encourage the methodological innovations to be rewarded rather than purely subsidy dependent methods rather than merely to support unit production, if the efficiency gains associated with novel methodologies are to translate into authentic affordability gains [12; 21]. Last and not least, the design quality and safety aspect of the design need special examination in the SME practice.

The fear that cost-reduction using innovative construction methods may result in a reduction in

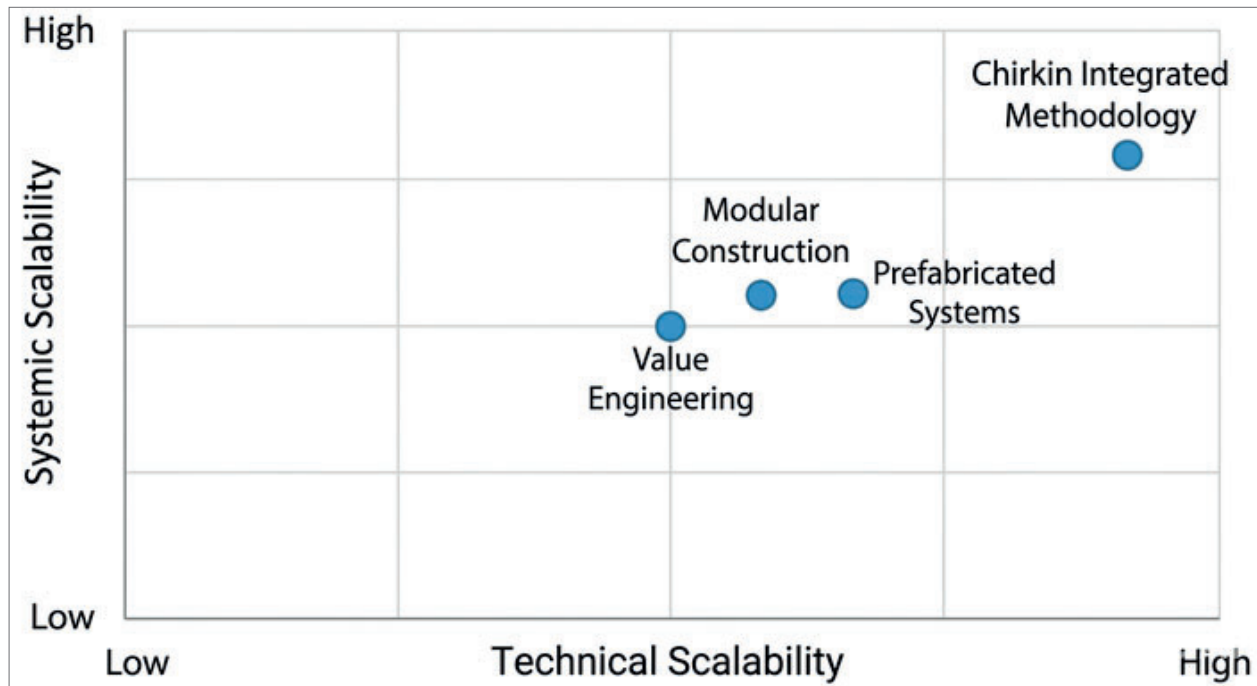


Fig. 3. Scalability dimensions of innovative construction approaches: technical versus systemic scalability, and the role of the Chirkin framework

habitability or structural integrity is not only valid — it is documented in Galster and Lee (2021) and Ezenia and Hoskara (2022) where cost-driven construction decisions yield cheap units that also require costly maintenance, but also that do not keep in good habitability over time [11; 14]. This risk is dealt with directly within the turnkey standardization pillar of the Chirkin methodology that sets quality benchmarks as a mandatory constraint on all cost cutting decisions — a means of governance that secures that innovative constructions methods are integrated into a quality assurance framework, not imposed in arbitrary cost cutting.

Akinsulire et al. (2024) and Moorhead et al. (2023) respectively, demonstrate that this quality-constrained cost-optimization generates projects with higher long-term sustainability, making the case for standardization as a pillar of any serious affordable housing innovation initiative (See Fig. 3) [2; 18].

Conclusions. This article has discussed new approaches to construction — modular construction, prefabricated systems, and value engineering — as avenues for reducing the cost of affordable housing, and contrasted with the four-pillar integrated engineering and management framework as defined by Chirkin.

The fundamental conclusion is that every creative approach yields significant cost savings at the project level, but their real value comes from being embedded in an integrating operational approach that integrates

engineering and management decisions, preserves quality standards, uses lean operational logic and is scalable as a model for replication across the process.

The purpose of the Chirkin approach is to precisely fill this integrating role, enabling SMEs — the key actors in construction — to benefit from improvements in efficiency in new construction methods, such as using advanced building solutions without the capital investment or the firm’s organizational scale that is typically seen in their uptake.

Together, the lean construction and industrialized building literatures show that methodological consistency is an organizational capital that accumulates over time, allowing smaller contractors to build competitive advantages in the affordable housing sector at the end of a series of learning rather than a scale calculation.

The scalability of the innovative construction solutions in different regional spaces will largely depend on such complementary policy interventions — regulatory reform, new building codes, financial incentive architectures rewarding methodological innovation.

We recommend that for future research, the performance claims of the Chirkin framework be empirically validated through controlled projects, longitudinal evaluations of SME capability development and cross-regional comparative surveys of the regulatory and market context which acts as a mechanism for the scalability of these innovative construction approaches.

References

1. Adekunle, S., Aigbavboa, C., Ejohwomu, O., & Ogunbayo, B. (2023, July). Barriers to the adoption of emerging technologies for sustainable construction in SMEs. In 11th World Construction Symposium (pp. 21–22). <https://doi.org/10.31705/WCS.2023.90>
2. Akinsulire, A. A., Idemudia, C., Okwandu, A. C., & Iwuanyanwu, O. (2024). Strategic planning and investment analysis for affordable housing: Enhancing viability and growth. *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*, 11(2), 119–131. <https://doi.org/10.30574/msarr.2024.11.2.0114>
3. Avelar, W., Meirino, M., & Tortorella, G. L. (2020). The practical relationship between continuous flow and lean construction in SMEs. *The TQM Journal*, 32(2), 362–380. <https://doi.org/10.1108/TQM-05-2019-0129>
4. Ayumu, M. T., & Ohakawa, T. C. (2024). Financial modeling innovations for affordable housing development in the US. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*, 4(6), 1761–1766. <https://doi.org/10.62225/2583049X.2024.4.6.4107>
5. Bae, Y., Kim, D., & Horton, W. T. (2023). Development of building design optimization methodology: Residential building applications. *Buildings*, 14(1), 107. <https://doi.org/10.3390/buildings14010107>
6. Baum-Snow, N. (2023). Constraints on city and neighborhood growth: The central role of housing supply. *Journal of Economic Perspectives*, 37(2), 53–74. <https://doi.org/10.1257/jep.37.2.53>
7. Bedon, C., Stochino, F., & Stepinac, M. (Eds.). (2023). *Innovation in structural analysis and dynamics for constructions*. Mdpi AG. ISBN: 978-3036585703
8. Bertram, N., Fuchs, S., Mischke, J., Palter, R., Strube, G., & Woetzel, J. (2019). *Modular construction: From projects to products*. McKinsey & Company: Capital Projects & Infrastructure, 1(1), 1–34.
9. Brooks, M. M. (2022). The changing landscape of affordable housing in the rural and urban United States, 1990–2016. *Rural Sociology*, 87(2), 511–546. <https://doi.org/10.1111/ruso.12427>
10. Cao, Z., Li, P., Zhang, J., Wang, L., Ling, C., Liu, F., & Fan, J. (2025). Modular building: Technical challenges and scaling opportunities in prefabricated housing. In *Proceedings of the 2025 2nd International Conference on Civil Engineering Structures and Concrete Materials (CESCM 2025)* (p. 197). Springer Nature.
11. Ezennia, I. S., & Hoskara, S. O. (2022). Applications of housing affordability measurement approaches used in planning affordable housing: A systematic review. *Journal of Building Construction and Planning Research*, 10(1), 1–36. <https://doi.org/10.4236/jbcpr.2022.101001>
12. Favilukis, J., Mabile, P., & Van Nieuwerburgh, S. (2023). Affordable housing and city welfare. *The Review of Economic Studies*, 90(1), 293–330. <https://doi.org/10.1093/restud/rdac024>
13. Fei, D. (2023). Research and analysis on technological innovation of prefabricated building construction. In *Advances in Urban Construction and Management Engineering* (pp. 447–452). CRC Press.
14. Galster, G., & Lee, K. O. (2021). Housing affordability: A framing, synthesis of research and policy, and future directions. *International Journal of Urban Sciences*, 25(sup1), 7–58. <https://doi.org/10.1080/12265934.2020.1713864>
15. Hilber, C., & Schoni, O. (2022). *Housing policy and affordable housing*. Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190625979.013.829>
16. Liu, J., Wang, M., Peng, J., Chen, X., Cao, S., & Yang, H. (2020). Techno-economic design optimization of hybrid renewable energy applications for high-rise residential buildings. *Energy Conversion and Management*, 213, 112868. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112868>
17. Makabate, C. T., Musonda, I., Okoro, C. S., & Chileshe, N. (2022). Scientometric analysis of BIM adoption by SMEs in the architecture, construction and engineering sector. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(1), 179–203. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2020-0139>
18. Moorhead, M., Armitage, L., & Skitmore, M. (2023). Feasibility practices of types of property developers. *Journal of Property Investment & Finance*, 41(1), 92–105. <https://doi.org/10.1108/JPIF-03-2022-0022>
19. Razkenari, M., Bing, Q., Fenner, A., Hakim, H., Costin, A., & Kibert, C. J. (2019, June). Industrialized construction: Emerging methods and technologies. In *ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2019* (pp. 352–359). American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784482438.045>
20. Stehn, L., & Jimenez, A. (2024). Industrialized house building productivity growth. *Construction Innovation*, 24(7), 143–162. <https://doi.org/10.1108/CI-04-2022-0097>
21. Van Doorn, L., Arnold, A., & Rapoport, E. (2019). In the age of cities: The impact of urbanisation on house prices and affordability. In *Hot Property: The Housing Market in Major Cities* (pp. 3–13). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11674-3_1
22. Vidalakis, C., Abanda, F. H., & Oti, A. H. (2020). BIM adoption and implementation: Focusing on SMEs. *Construction Innovation*, 20(1), 128–147. <https://doi.org/10.1108/CI-09-2018-0076>
23. Zohourian, M., Pamidimukkala, A., Kermanshachi, S., & Almaskati, D. (2025). Modular construction: A comprehensive review. *Buildings*, 15(12), 2020. <https://doi.org/10.3390/buildings15122020>

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»
INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»

Збірник наукових статей

№ 4 (171)

Голова редакційної колегії — д.е.н., професор *Камінська Т.Г.*

Київ 2025

Видано в авторській редакції

Засновник / Видавець ТОВ «Фінансова Рада України»
Адреса: Україна, м. Київ, вул. Павлівська, 22, оф. 12
Контактний телефон: +38 (067) 401-8435
E-mail: editor@inter-nauka.com
www.inter-nauka.com

Підписано до друку 30.04.2025. Формат 60×84/8
Папір офсетний. Гарнітура NewCenturySchoolbook.
Умовно-друкованих аркушів 25,58. Тираж 100.
Замовлення № 400. Ціна договірна.
Надруковано з готового оригінал-макету.

Надруковано у видавництві
ТОВ «Центр учбової літератури»
вул. Лаврська, 20, м. Київ
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2458 від 30.03.2006 р.