

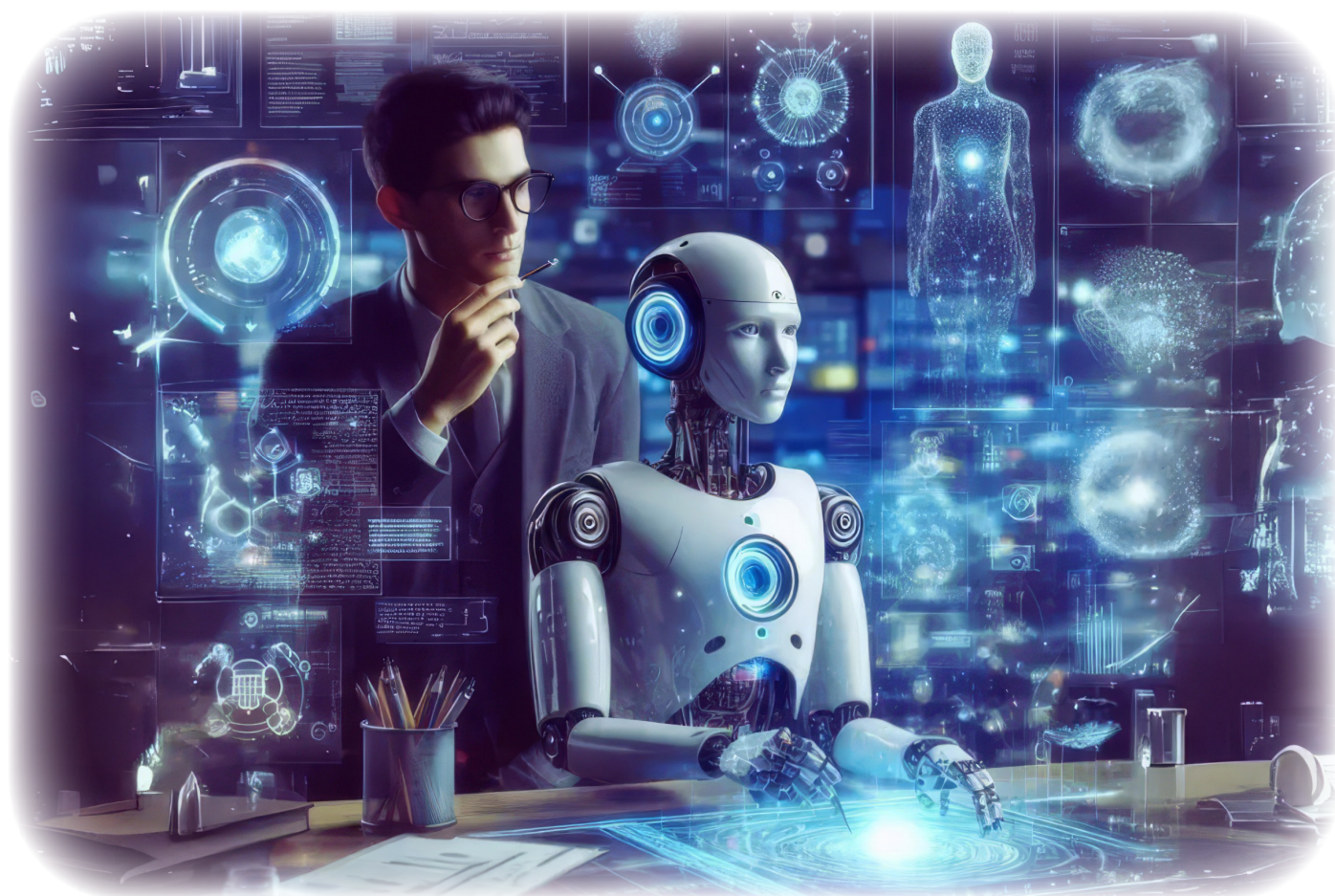
МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

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

INTERNATIONAL
SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»



№ 10(177) / 2025



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

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

Збірник наукових праць

№ 10 (177)

Київ 2025

ББК 1
УДК 001
М-43



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: **Карімулов Жасур Іманбосєвич** — доктор економічних наук, доцент (Ташкент, Республіка Узбекистан)

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

Член редакційної колегії: **Копилук 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 «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 Абдукаримович** — 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 «Психологічні науки»:

Член редакційної колегії: **Щербан Тетяна Дмитрівна** — доктор психологічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України, ректор Мукачівського державного університету (Мукачеве, Україна)

Член редакційної колегії: **Корсун Сергій Іванович** — кандидат психологічних наук, доцент (Подгайська, Словачка Республіка)

Член редакційної колегії: **Фільова-Русева Красимира Георгієва** — кандидат психологічних наук, доцент (Пловдив, Республіка Болгарія)

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 «Фізико-математичні науки»:

Член редакційної колегії: **Задерей Петро Васильович** — доктор фізико-математичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Ковальчук Олександр Васильович** — доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник (Київ, Україна)

Розділ «Архітектура»:

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

ЗМІСТ
CONTENTS

АРХІТЕКТУРА

- Васильєва Елла Володимирівна, Авдеева Наталія Юріївна**
ФУНКЦІОНАЛЬНІ СХЕМИ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ: АНАЛІЗ
АМЕРИКАНСЬКОГО ДОСВІДУ, ПОРІВНЯННЯ З УКРАЇНОЮ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 10

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

- Khalamandro Mykhaylo**
INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE CONSUMER GOODS SECTOR DURING
RECESSION: SUCCESS FACTORS FOR ENTERPRISES FROM DEVELOPING COUNTRIES 23
- Nehodenko Viktoria, Ovcharyk Roman, Fedorovych Diana**
AUDIT OF VALUE ADDED TAX (VAT) SETTLEMENTS AT A MANUFACTURING ENTERPRISE 31
- Nehodenko Victoria, Stekhnovych Ivanna**
INTERNAL CONTROL AND AUDIT AT THE ENTERPRISE IN CONDITIONS
OF DIGITALIZATION “ROSTOK-ELEKOM” IN COMPARISON WITH THE GLOBAL
EXPERIENCE OF DIGITALIZATION AT ENTERPRISES 39
- Strutovska Nataliia**
LEGAL CHALLENGES AND APPROACHES TO TAXATION OF DIGITAL ASSET
TRANSACTIONS 44
- Яценко Олександр Володимирович, Лаврова-Манзенко Олена Олексіївна,
Маркова Анна Сергіївна**
ОБЛІКОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОПЕРАЦІЙ В ЦИФРОВОМУ
СЕРЕДОВИЩІ 48

ІСТОРИЧНІ НАУКИ

- Mulyar Anatoly**
ZHVANETS: HISTORICAL AND SOCIAL DEVELOPMENT OF A TOWN IN PODILLIA
(14TH-19TH CENTURIES) 55

ПСИХОЛОГІЧНІ НАУКИ

- Єсмаханова Алуа Умурзаківна**
ОСОБЛИВОСТІ ВИЯВУ АУТОАГРЕСІЇ У ВИМУШЕНО ПЕРЕМІЩЕНИХ ОСІБ 62
- Німчук Богдан**
АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ СУТНОСТІ І ЗМІСТУ ПСИХОЛОГІЧНОЇ
ПІДТРИМКИ ПЕРСОНАЛУ ПІД ЧАС ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ ВІЙСЬКОВИМИ
ЧАСТИНАМИ (ПІДРОЗДІЛАМИ) 67

СОЦІАЛЬНІ КОМУНІКАЦІЇ**Богдан Павло Дмитрович****ТЕЛЕЖУРНАЛІСТИКА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ҐАДЖЕТИЗАЦІЇ. СУЧАСНІ ФОРМИ****Й МЕТОДИ РОБОТИ..... 74****СОЦІОЛОГІЧНІ НАУКИ****Лопасева Олена Миколаївна, Байбарза Дар'я Віталіївна****СОЦІОЛОГІЧНЕ РОЗУМІННЯ ГЕНДЕРУ В ПРАВООХОРОННИХ ОРГАНАХ.....82****ТЕХНІЧНІ НАУКИ****Fialko Nataliia, Sigal Oleksandr, Sherenkovskiy Julii, Meranova Nataliia,****Polozenko Nina, Bikorez Evgenii, Dashkovska Iryna****THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES ON THE FORMATION****OF PEAK LOADS 86****Fialko Nataliia, Sherenkovskiy Julii, Meranova Nataliia, Klishch Andrii,****Rokytko Kostiantyn, Khmil Dmitro, Misiura Tymofii, Melnichenko Taras,****Siryi Alexander, Gladkov Danylo****FEATURES OF THE TEMPERATURE REGIME OF THE ACTIVE COMBUSTION ZONE****IN MICRO-JET TYPE BURNERS 89****Fialko Nataliia, Sigal Oleksandr, Sherenkovskiy Julii, Aleshko Sergey,****Yurchuk Volodymyr, Bykoriz Evgenii, Kutnyak Olha****FEATURES OF PEAK LOAD FORMATION IN THE UKRAINIAN ENERGY SYSTEM.....94****Fialko Nataliia, Stepanova Alla, Novakivskii Maksim,****Gnedash Georgii, Shevchuk Svitlana****OPTIMIZATION OF HEAT-RECOVERY SYSTEM PARAMETERS FOR HEATING AND****HUMIDIFYING COMBUSTION AIR 97****Багнюк Володимир Сергійович, Баланюк Наталія Юріївна****ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АНАЛІЗУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ВЕЛИКИХ****ОБСЯГАХ ДАНИХ..... 101****Барболіна Тетяна Миколаївна, Баранник Тетяна Анатоліївна****ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ****ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЄКТАМИ 108****Сидорів Максим Сергійович****АНАЛІЗ MLP МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ СПУФІНГУ СИНХРОННИХ****GPS-СИГНАЛІВ..... 112****Фіалко Наталія Михайлівна, Навродська Раїса Олександрівна,****Шевчук Світлана Іванівна, Сергієнко Роман Володимирович,****Гнедаш Георгій Олександрович****ЕФЕКТИВНІСТЬ НОВИХ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЇ ДИМОВИХ****ГАЗІВ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК..... 118****Фіалко Наталія Михайлівна, Шеренковський Юлій Владиславович,****Кліщ Андрій Володимирович, Меранова Наталія Олегівна,****Альошко Сергій Олександрович, Положенко Ніна Петрівна,****Кутняк Ольга Миколаївна, Хміль Дмитро Петрович,****Місюра Тимофій Олексійович****ЗАКОНОМІРНОСТІ ІЗОТЕРМІЧНОЇ ТЕЧІЇ В МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКАХ****СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ 122**

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

Подошвелев Юрій Георгійович, Кононович Тетяна Олександрівна АНАЛІЗ СИМЕТРИЙ СИСТЕМ РІВНЯНЬ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ В СЕРЕДОВИЩАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ	129
---	-----

ІНШЕ

Davydenko Olha THE IMPACT OF CUTTING FREQUENCY WITH “HOT SCISSORS” ON HAIR END SPLITTING.....	133
Hordiichuk Tetiana MODERN COLOR IN FINE ART PHOTOGRAPHY: BETWEEN SCIENCE, PERCEPTION AND AESTHETIC EXPERIMENT	137
Телеманюк Валерія Валеріївна ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФРЕЗ РІЗНИХ ТИПІВ (АЛМАЗНИХ, КЕРАМІЧНИХ, АБРАЗИВНИХ) У ПРОЦЕСІ ЗНЯТТЯ ШТУЧНИХ ПОКРИТТІВ.....	141
Yatsiuk Anatolii DEVELOPING ADAPTIVE AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR RAILWAY OPERATIONS USING NEURAL NETWORK MODELS	146

Васильєва Елла Володимирівна*студентка магістратури**кафедри інноваційної архітектури та дизайну**ВСП «Інститут інноваційної освіти**Київського національного університету будівництва і архітектури»***Vasylieva Ella***Master's Student of the**Department of Innovative Architecture and Design**Separate structural unit «Institute of Innovative Education of**Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture»*

ORCID: 0009-0008-8266-2943

Авдєєва Наталія Юріївна*кандидат архітектури, доцент**кафедра інноваційної архітектури та дизайну**ВСП «Інститут інноваційної освіти**Київського національного університету будівництва і архітектури»***Avdieieva Nataliia***PhD in Architecture, Associate Professor**Department of Architectural and Design.**SSU «Institute of Innovative Education of**Kyiv National University of Construction and Architecture»*

ORCID: 0000-0001-8310-1744

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11517

ФУНКЦІОНАЛЬНІ СХЕМИ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ: АНАЛІЗ АМЕРИКАНСЬКОГО ДОСВІДУ, ПОРІВНЯННЯ З УКРАЇНОЮ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

FUNCTIONAL SCHEMES OF REHABILITATION CENTERS FOR MILITARY PERSONNEL: ANALYSIS OF AMERICAN EXPERIENCE, COMPARISON WITH UKRAINE, AND RECOMMENDATIONS

Анотація. У статті ґрунтовно проаналізовано потреби України у створенні багатофункціональних реабілітаційних центрів для військовослужбовців та ветеранів, з урахуванням демографічних прогнозів, регіонального навантаження та нормативно-інституційних рамок. Дослідження висвітлює архітектурні, функціональні та організаційні рішення, що забезпечують безперервність реабілітаційного процесу в багатофункціональних центрах для військовослужбовців та ветеранів. У фокусі – найкращі практики США, які інтегрують стаціонарне, перехідне (transitional housing) та амбулаторне відділення в єдину людиноцентровану систему. Детально розглянуто приклади сучасних американських центрів, які застосовують високотехнологічні методи, зокрема віртуальну реальність, адаптивні технології та інтегровану медичну допомогу (polytrauma care), а також використовують мультидисциплінарний підхід (фізична, психологічна, соціальна та професійна реінтеграція). Дослідження включає аналіз кейсів, як-от Polytrauma Rehabilitation Centers, NICoE (National Intrepid Center of Excellence) та центри Intrepid Fallen Heroes. Визначено ключові структурні та філософські відмінності між підходами організації реабілітації у США та існуючою інфраструктурою в Україні. На основі порівняльного аналізу та виявлення прогалин надано конкретні рекомендації для формування ефективних та гуманістично орієнтованих

функціональних схем майбутніх українських центрів, що сприятиме прискоренню діалектичного переходу військових до повноцінного цивільного життя.

Ключові слова: реабілітаційні центри, потреби ветеранів, архітектурні рішення, функціональні схеми, політравма, багатофункціональні комплекси, американський досвід, Україна.

Summary. The article provides a comprehensive analysis of Ukraine's needs in establishing multifunctional rehabilitation centers for servicemembers and veterans, taking into account demographic forecasts, regional service burdens, and regulatory-institutional frameworks. The research highlights architectural, functional, and organizational solutions that ensure continuity of the rehabilitation process in multifunctional centers designed for service members and veterans. Emphasizing best practices from the United States, the model integrates inpatient care, transitional housing, and outpatient services into a unified, person-centered system. The study thoroughly examines examples of modern American centers that utilize high-tech methods, including virtual reality, adaptive technologies, and integrated polytrauma care. These centers also employ a multidisciplinary approach encompassing physical, psychological, social, and professional reintegration. The research includes case studies of facilities such as Polytrauma Rehabilitation Centers, NICoE (National Intrepid Center of Excellence), and the Intrepid Fallen Heroes centers. Key structural and philosophical differences between the rehabilitation organization approaches in the US and the existing infrastructure in Ukraine are identified. Based on this comparative analysis and the identified gaps, specific recommendations are provided for establishing effective and humanistically oriented functional schemes for future Ukrainian centers. This approach will contribute to accelerating the rehabilitation of servicemembers and facilitating the harmonious transition of veterans to a fulfilling civilian life.

Key words: rehabilitation centers, veterans' needs, architectural design, functional schemes, polytrauma, multifunctional complexes, US experience, Ukraine.

Постановка проблеми. Повномасштабне вторгнення в Україну спричинило безпрецедентне зростання потреби в реабілітаційних послугах серед військовослужбовців, ветеранів та цивільного населення. За даними Міністерства охорони здоров'я України, щорічно понад 250 000 пацієнтів потребують реабілітації [1]. Бойові дії призводять до масових випадків політравм, інвалідності та психологічних травм, що вимагає негайної реорганізації та будівництва нової інфраструктури. Актуальність цієї теми досягає максимальної гостроти, оскільки загальна кількість ветеранів та їхніх сімей, які потребуватимуть підтримки, за прогнозами, зросте до 5–6 мільйонів осіб після завершення війни, причому станом на 2024 рік в Україні вже зареєстровано 1,2 млн. ветеранів. У відповідь на ці виклики формується нова архітектурна та функціональна модель реабілітаційних центрів, яка має враховувати як медичні, так і соціально-психологічні аспекти відновлення.

Держава активно реагує на цей виклик, що підтверджується Указом Президента України від 4 червня 2025 року № 389/2025 про створення Координаційної ради з питань реабілітації військовослужбовців. Серед ключових завдань Координаційної ради чітко визначена необхідність розбудови мережі реабілітаційних закладів, оновлення їхньої матеріально-технічної бази, а також будівництво нових центрів із забезпеченням належного рівня та обсягу надання необхідних послуг. Окремо наголошується на урахуванні європейського та світового досвіду, зокрема шляхів повернення ветеранів до цивільного життя.

В Україні проектування реабілітаційних центрів регулюється загальною нормативною базою, яка, хоча й забезпечує основи безпеки та інклюзивності, не враховує унікальну та багатофункціональну специфіку сучасних світових реабілітаційних

центрів для військових. Зокрема, застосовуються ДБН В.2.2-10:2022 «Заклади охорони здоров'я...», ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» для забезпечення доступності маломобільних груп населення, ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки і споруди» для зон соціальної адаптації, а також ДБН В.2.5–56:2014 «Системи протипожежного захисту» для безпеки, та інші профільні документи. Провідними нормативно-правовими актами виступають Закон України № 1053-IX від 03.12.2020 «Про реабілітацію у сфері охорони здоров'я», Постанова КМУ № 1462 від 16.12.2022 «Деякі питання організації реабілітації у сфері охорони здоров'я», розпорядженні Кабінету Міністрів України від 14 квітня 2021 р. № 366 «Про схвалення Національної стратегії із створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року», Наказ МОЗ № 2587 від 30.11.2020 «Про затвердження Порядку ведення Реєстру пацієнтів в електронній системі охорони здоров'я» (щодо загальних вимог з ведення цифровізації в усіх медичних закладах) та інші, які визначають організаційні аспекти реабілітаційних послуг. Однак відсутній окремий нормативний документ, який би інтегрував досвід найбільш прогресивних країн (США, Велика Британія, Ізраїль) у частині функціональних схем, що забезпечують безперервність реабілітації (від гострої фази до соціальної реінтеграції), багатофункціональність комплексів та людиноцентрований підхід. Така прогалина вимагає ґрунтовного дослідження для надання обґрунтованих архітектурно-організаційних рекомендацій, що базуються на новітніх світових стандартах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зарубіжних дослідженнях, зокрема американських, акцент робиться на функціональних схемах РЦ, що забезпечують комплексне відновлення:

від медичної допомоги до соціальної реінтеграції. Наприклад, Х.Х. Мхаїкл [2] аналізує архітектурні особливості американських центрів, таких як Фонд «Intrepid Fallen Heroes» у Сан-Антоніо (штат Техас), де функціональна структура включає блоки для комп'ютеризованої реабілітації (CAREN), лабораторії аналізу ходи (Gait Lab), мотиваційної терапії (Natatorium та Flow Rider), а також зовнішні рекреаційні зони. Цей центр використовує для відновлення віртуальну реальність, займається протезуванням та надає психологічну підтримку.

Національний центр досконалості (NICoE) фокусується на лікуванні черепно-мозкових травм з використанням MPT, віртуальної реальності та сімейних просторів, що сприяє відновленню мобільності та соціальної адаптації. Найбільш мультифункціональна система політравми (Polytrauma Rehabilitation Centers, PRC) Департаменту у справах ветеранів (VA) передбачає лікування політравм, за допомогою когнітивно-поведінкової терапії, протезування та сімейній підтримці, а також адаптації до життя в суспільстві, що робить її моделлю для комплексних функціональних схем і дає можливість розробити найбільш розширені функціональні схеми реабілітаційних центрів. У працях Моркляника та Паляниці [3] наголошується на важливості безбар'єрної архітектури, мультифункційного використання простору та інтеграції клінічного лікування з фізичним і психологічним відновленням.

Американський досвід у сфері архітектурного та функціонального планування реабілітаційних центрів для військовослужбовців демонструє високий рівень комплексності, що базується на синергії технологічних інновацій, мультидисциплінарного підходу та гуманістично орієнтованого середовища. Зокрема, сучасні центри, такі як National Intrepid Center of Excellence (NICoE) та Center for the Intrepid, інтегрують передові технології — асистуючі пристрої, системи віртуальної реальності (VR), CAREN-платформи, біомеханічні лабораторії — у щоденну практику реабілітації [4]. Зокрема, Center for the Intrepid у Сан-Антоніо (штат Техас) є зразком технологічно орієнтованого центру, що використовує CAREN (Computer Assisted Rehabilitation Environment), лабораторії аналізу ходи (Gait Lab), водну терапію (Flow Rider), а також зовнішні рекреаційні зони. Центр також надає послуги протезування, психологічної підтримки та використовує віртуальну реальність для мотиваційної терапії. National Intrepid Center of Excellence (NICoE) спеціалізується на лікуванні черепно-мозкових травм, використовуючи MPT, VR, сенсорні кімнати та сімейні простори, що сприяють соціальній реінтеграції.

Модель Polytrauma Rehabilitation Centers (PRC), що функціонує в межах Департаменту у справах ветеранів США, охоплює лікування політравм, когнітивно-поведінкову терапію, протезування, сімейну підтримку та соціальну адаптацію. PRC

є прикладом мультидисциплінарного підходу, що включає фізіатрів, психологів, ерготерапевтів, логопедів та соціальних працівників [5].

Міністерство оборони США (DoD) має значний досвід у реабілітації військовослужбовців, які отримали бойові травми. Ця сфера викликає зростаючий інтерес у рамках Глобальної взаємодії в галузі охорони здоров'я (Global Health Engagement, GHE), особливо в країнах з активними військовими діями, таких як Україна.

Ефективна реабілітація може сприяти як розвитку, так і безпеці, і, використовуючи свій власний досвід через реабілітаційну систему GHE, Міністерство оборони може зробити свій внесок у досягнення цих стратегічних цілей. Ключовим елементом функціонального планування є створення модульних зон, які забезпечують просторову гнучкість та адаптивність до індивідуальних потреб пацієнтів. Такі зони охоплюють фізичну реабілітацію (кінезіотерапія, водна терапія), психологічну підтримку (сенсорні кімнати, терапевтичні сади), а також професійну реінтеграцію (тренінгові майданчики, симуляційні лабораторії). Архітектурні рішення враховують регіональні кліматичні умови, демографічні особливості та культурні чинники, що дозволяє створити інклюзивне середовище, сприятливе для відновлення та соціальної адаптації ветеранів [6, 7].

Особлива увага приділяється психологічному впливу простору: текстури, кольори, освітлення та акустика відіграють важливу роль у формуванні емоційного комфорту пацієнтів. Наприклад, у NICoE застосовуються природні матеріали, м'яке освітлення та органічні форми, що сприяють зниженню рівня тривожності та покращенню когнітивного стану [4]. Такий дизайн відповідає принципам evidence-based design, що базується на науково підтвердженному впливі архітектури на психофізіологічний стан людини.

Таким чином, американська модель реабілітаційних центрів для військових є прикладом інтеграції технологій, медицини та архітектури в єдину функціональну систему, яка не лише лікує, але й відновлює особистість, сприяючи її поверненню до активного соціального життя. Аналогічні підходи впроваджуються в європейських закладах. Зокрема, Defence and National Rehabilitation Centre (DNRC) у Лестерширі (Британія) поєднує класичну архітектуру з сучасними технологіями. Центр включає CAREN, фізіотерапевтичні басейни, Zen-сади, простори для ампутантів та гнучке планування, що дозволяє адаптацію до нових методів лікування [8].

У Німеччині та країнах Балтії функціональні схеми реабілітаційних центрів орієнтовані на соціальну реінтеграцію, професійну реабілітацію та психотерапію. Використовуються модульні блоки, що дозволяють масштабування та адаптацію до регіональних потреб. Центри інтегрують фізичну терапію,

психологічну підтримку та професійне навчання в єдиний простір [9, 10].

Система реабілітації в Україні розвивається фрагментарно, часто на базі волонтерських ініціатив. Зокрема, з 2023 року ізраїльський досвід використовується як модель, однак існують обмеження: нестача спеціалізованих центрів, довгі черги, кадровий дефіцит [11]. Станом на 2024 рік доступ до спеціалізованих послуг із психосоціальної підтримки та фізичної й функціональної реабілітації залишається обмеженим, переважна більшість таких сервісів зосереджена у великих містах, тоді як у сільських та віддалених громадах їх майже немає. Окрім нерівномірного розподілу, серйозними перешкодами залишаються низька обізнаність населення про наявні можливості, відсутність чіткої навігації системою допомоги, а також соціальна стигматизація, що стримує звернення по підтримку. Додатково, фізичні бар'єри та недостатнє розуміння сутності реабілітації як безперервного процесу відновлення ще більше ускладнюють доступ до необхідних послуг [12]. Автори аналітичної доповіді Національного інституту стратегічних досліджень [13] відзначають потребу гармонізації та суттєвого зміцнення системи фізичної реабілітації, яка наразі перебуває на початковому етапі випробування значною кількістю постраждалих.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). З огляду на зазначене вище, метою статті поставлено виявити, проаналізувати та порівняти функціональні, архітектурно-планувальні та організаційні моделі сучасних багатофункціональних реабілітаційних центрів у США та Україні для розробки обґрунтованих рекомендацій щодо проектування нових людиноцентризованих комплексів, що забезпечують безперервність реабілітації військовослужбовців. Особливу увагу приділено розробці типових функціональних схем, з урахуванням підходів американських реабілітаційних центрів, та адаптації їх до українських реалій з урахуванням нормативного контексту, інфраструктурних можливостей і потреб цільових груп.

Розробити функціональні схеми реабілітаційних центрів в США, та запропонувати трансформацію цього досвіду до реалій України. Застосовані методи: системний аналіз нормативно-правової бази, порівняльний архітектурний аналіз, функціонально-структурний аналіз, графічний аналіз планувальних рішень (на основі відкритих джерел та кейсів).

Виклад основного матеріалу дослідження. У межах Amputee Rehab Summit 2025 міністр охорони здоров'я України Віктор Ляшко окреслив прогрес у розвитку системи реабілітації, наголосивши на її пріоритетності в реалізації Національної стратегії безбар'єрності. За його словами, Україна вже перейшла від етапу будівництва до системного розвитку, зокрема через створення центрів досконалості, розширення мережі амбулаторних відділень

та впровадження сучасних стандартів реабілітаційної допомоги [14]. Станом на 2025 рік реабілітаційні послуги надають 569 медичних закладів, а фінансування в межах Програми медичних гарантій зросло до \$5,5 млрд., що утричі більше, ніж у 2021 році. У межах системної трансформації реабілітаційної інфраструктури в Україні реалізується низка масштабних проєктів, спрямованих на модернізацію медичних закладів та розширення доступу до реабілітаційних послуг. Зокрема, п'ять об'єктів — Рівненський обласний госпіталь ветеранів війни, Івано-Франківська обласна лікарня, Дубенська міська лікарня, Миколаївський госпіталь ветеранів війни та реабілітаційний центр у Чернігові, отримали фінансування на загальну суму 3,65 млрд. грн для оновлення інфраструктури та створення сучасних умов реабілітації. Паралельно, у межах спільної ініціативи МОЗ та Світового банку, впроваджуються три додаткові інвестиційні проєкти: у Всеукраїнському лікувально-реабілітаційному центрі «Циблі», Закарпатській обласній лікарні та Центрі комплексної реабілітації на Волині. При тому вже розроблено або фіналізовано стандарти для окремих категорій пацієнтів — при ампутаціях, ураженнях спинного мозку, інсультах, церебральному паралічі, переломах та для передчасно народжених дітей [14]. Попри динамічний розвиток, в Україні досі не затверджено окремого стандарту реабілітації для ветеранів. Це свідчить про фрагментарність нормативного забезпечення, що ускладнює системне планування реабілітаційної допомоги для військовослужбовців, і потребує додаткової уваги від науковців.

Наказ МОЗ № 2083 [15] визначає маршрути реабілітації для п'яти типів травм: травми спинного мозку, головного мозку, опіки, ампутації, складні скелетні травми. Визначається відстежуваність медичної допомоги з приводу гострої травми, що надається в закладах охорони здоров'я, які відносяться до сфери управління сил безпеки та оборони. Окремо регламентовано особливості реабілітації та санаторно-курортного лікування в закладах охорони здоров'я Національної гвардії України [16]. При цьому відзначається дисбаланс між стаціонарною та локальною реабілітацією, дефіцит доступних послуг на рівні громад. У 2025 році ключовим пріоритетом системи реабілітації визначено розгортання мережі амбулаторних реабілітаційних просторів у громадах на наступний рік. Із запланованих 300 відділень уже функціонують 90, що становить 40% від цільового показника. Такий підхід спрямований на забезпечення безперервності реабілітаційного процесу, скорочення інтервалів між етапами допомоги та наближення послуг до місця проживання пацієнтів. Але питання охоплення цими програмами реабілітації ветеранів, які потребують тривалого супроводу після поранень або захворювань, потребує додаткової уваги, особливо в контексті доступності та функціональної повноцінності реабілітаційних закладів [17].

Станом на 2024 рік в Україні вже функціонує мережа реабілітаційних центрів, що стали прикладами успішної синергії держави, волонтерських організацій та благодійних фондів, зокрема [18]: Національний реабілітаційний центр UNBROKEN (м. Львів) — комплексне лікування, протезування, фізична та психологічна реабілітація, соціальна реінтеграція; Центр психічного здоров'я «Лісова Поляна» МОЗ України (м. Київ) — лікування ПТСР, наслідків бойових дій, полону, тортур; Республіканський центр лікування та реабілітації наслідків нейротравми (м. Клевани, Рівненська обл.) — спеціалізація на черепно-мозкових травмах і спинальних ушкодженнях; SUPERHUMANS CENTER (м. Львів) — сучасний медичний центр з протезування, реконструктивної хірургії та психологічної допомоги, створений за участі міжнародних партнерів. Ці установи демонструють поступову трансформацію української моделі реабілітації у напрямку комплексного, пацієнтоцентричного підходу, що враховує як медичні, так і соціальні аспекти відновлення військовослужбовців.

Публікації українських науковців О.І. Морклянник & Х.Б. Паляниця [3], Куліченко, В., Ратушинський, Н., & Погранична, І. [19], Пекарчук О.П., & Паляниця Х.Б. [20] висвітлюють ключові підходи для обґрунтування просторових і функціональних рішень у проектуванні реабілітаційних центрів для військовослужбовців. Автори пропонують концептуальні засади архітектурного середовища, що враховують фізіологічні, психологічні та соціальні аспекти відновлення, з поглибленим врахуванням міжнародного досвіду.

Система реабілітації політравм, що функціонує в межах Управління у справах ветеранів США (VA) [5, 21], складається з п'яти основних компонентів: регіонального центру реабілітації політравм з стаціонарним відділенням, перехідної програми

реабілітації політравм, амбулаторій та гострих мережевих пунктів для пацієнтів з політравмою; а також призначених клінік підтримки пацієнтів, розташованих у медичних закладах. Ця модель забезпечує комплексну міждисциплінарну реабілітацію, що координує медичну, хірургічну, психіатричну допомогу та довгострокове спостереження. Згідно з архітектурними рекомендаціями, функціональне планування реабілітаційного центру має зосереджуватись на трьох основних блоках: стаціонарне відділення реабілітаційного центру, відділення перехідної програми реабілітації та амбулаторне відділення. Функціональна діаграма реабілітаційного центру, що включає всі три напрямки реабілітації в одному центрі представлена на рис. 1.

Пацієнти з політравмами — основна категорія клієнтів таких центрів. Політравма визначається як поєднання серйозних ушкоджень двох або більше систем організму, де хоча б одна травма загрожує життю. Наслідки включають фізичні, когнітивні та психологічні порушення, що обмежують здатність до повноцінного життя. Не всі пацієнти потребують проходження повного циклу за етапами реабілітації. Часто достатньо одного або двох блоків, після чого пацієнт повертається до соціального середовища, отримуючи підтримку в місцевих громадах. Це відкриває можливість проектування центрів з фокусом на одному з напрямків, доповнених елементами інших.

Реабілітація таких пацієнтів потребує залучення родини, яка відіграє важливу роль у процесі відновлення. Стаціонарні палати мають бути адаптовані до тривалого перебування членів родини, які часто виконують функції доглядачів. Дослідження вказують на необхідність створення «декомпресійних» зон — окремих рекреаційних просторів або комфортних кімнат для відпочинку, сімейного консультування та психологічної підтримки.

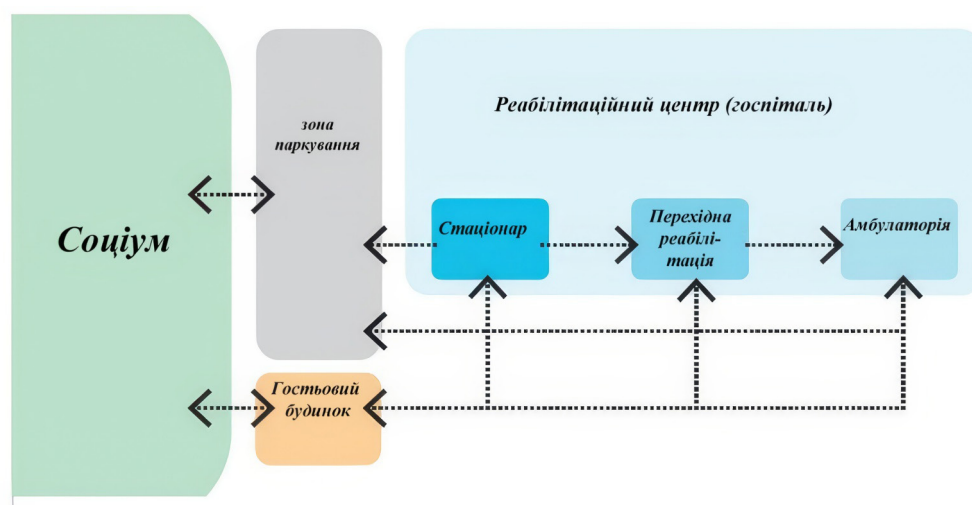


Рис. 1. Функціональна діаграма реабілітаційного центру, об'єднуючого три основні блоки реабілітації

Джерело: складено автором на основі [5]

В Україні реабілітаційні центри для військових найчастіше організовуються на базі лікарень, санаторіїв та інших медичних закладів. Медична та фізична реабілітація домінують, тоді як психологічна підтримка реалізується переважно силами військових психологів і перебуває на стадії розвитку. Такий підхід дозволяє оперативно масштабувати базову функціональність, проте обмежує можливості для комплексної архітектурної трансформації. Основний акцент у роботі центрів робиться на медичну та фізичну реабілітацію, тоді як психологічна підтримка, що здебільшого надається військовими психологами, перебуває на етапі становлення. Станом на 2025 рік відкрито 18 сучасних центрів, спроектованих з урахуванням міжнародних стандартів інклюзивності, універсального дизайну та безбар'єрної архітектури. На відміну від американських центрів, де архітектурні плани включають інтеграцію високотехнологічних рішень (басейни для гідротерапії, симулятори для адаптивного спорту), та професійну та соціальну адаптацію, українські центри RECOVERY більше орієнтовані на базову функціональність і безбар'єрність, та частково на психологічне відновлення [22]. Проте мережа RECOVERY адаптує деякі американські практики, як-от модульне зонування та використання VR-тренажерів. Українські центри часто будуються на базі існуючих державних закладів, що обмежує можливість радикальної перебудови, але дозволяє швидко масштабування за базовою функціональністю.

Система допомоги ветеранам США при політравмах (Polytrauma System of Care, PSC) [21] побудована за гнучким балансом між доступом і досвідом, щоб надати правильну реабілітаційну допомогу в потрібний час і в потрібному місці. Спеціалізована допомога надається у найближчому до дому ветерана закладі з досвідом, необхідним для управління його реабілітаційними, медичними, хірургічними та психічними потребами. Для отримання вузькоспеціалізованої допомоги потрібно визначатись додатково, за відповідними можливостями національної системи надання медичної допомоги з політравми/ЧМТ (черепно-мозкової травми), яка складається з чотирьох компонентів:

- I. Реабілітаційні центри політравми (Polytrauma Rehabilitation Centers, PRCs) — це регіональні центри направлення для надання невідкладної стаціонарної та реабілітаційної допомоги.
- II. Мережі політравми (Polytrauma Network Sites, PNS) надають послуги з післягострої реабілітації та координують послуги з політравми в рамках Мереж інтегрованих послуг для ветеранів (Veterans Integrated Service Networks, VISNs).
- III. Команди клінік підтримки політравми (Polytrauma Support Clinic Teams, PSCT) надають амбулаторні послуги з оцінки міждисциплінарної реабілітації та лікування в межах своїх зон охоплення.

IV. Контактна особа з політравми (Polytrauma Point of Contact, PPOC) у кожному закладі ВА надає більш обмежений спектр реабілітаційних послуг і полегшує направлення до інших програм PSC, якщо це необхідно.

Особливо відзначається напрям комунікаційної реабілітації, за якою система допомоги ветеранам при політравмах лідирує в загальному обсязі реабілітаційних заходів в США [22]. Комунікація розглядається як ключова навичка, що забезпечує соціальну взаємодію та якість життя ветеранів. Тому у системі VA працює понад 1370 аудіологів, 410 слухових техніків і 450 логопедів, що робить її найбільшим роботодавцем у цій сфері в США. Фахівці надають послуги в понад 490 медичних пунктах, включаючи телемедицину та домашню допомогу. Реабілітація охоплює слухову діагностику, лікування шуму у вухах, налаштування слухових апаратів, мовленнєву терапію, когнітивно-комунікативну підтримку та допоміжні технології (голосові протези, комп'ютеризовані пристрої). Логопеди VA також є лідерами у лікуванні дисфагії (труднощів при ковтанні їжі, рідини або навіть слини).

За українськими нормативами, визначеними Постановою Кабінету Міністрів України «Питання організації реабілітації у сфері охорони здоров'я» від 03.11.2021 № 1268 [23], реабілітаційні заклади, відділення чи підрозділи розміщуються в будівлях та приміщеннях, що відповідають вимогам державних будівельних норм В.2.2–40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд». Відповідність будівель та приміщень вимогам безбар'єрності підтверджується документом, виданим фахівцем з питань технічного обстеження будівель та споруд, який має відповідний кваліфікаційний сертифікат. При цьому реабілітаційний маршрут особи, яка потребує реабілітації, може відбуватись протягом різних реабілітаційних періодів, у різних реабілітаційних закладах, відділеннях та підрозділах та на різних рівнях медичної допомоги, що зазначено в індивідуальному реабілітаційному плані, та за потреби формується мультидисциплінарною реабілітаційною командою.

Зазначеною Постановою КМУ [23] визначаються особливості застосування електронного обліку, телереабілітації, а також типи закладів для реабілітації, що впливає на вибір архітектурних рішень. Окремо зафіксовано вимоги до подальшої соціальної реабілітації, що забезпечуються органами соціального захисту населення, експертними командами з оцінювання повсякденного функціонування особи та лікарсько-консультативними комісіями, громадськими об'єднаннями фахівців з реабілітації.

За Постановою Кабінету Міністрів України № 1462 від 16.12.2022 «Деякі питання організації реабілітації у сфері охорони здоров'я» [24], перелік заходів з реабілітації, що надаються особам з обмеженнями повсякденного функціонування, охоплює такі напрями: фізична та реабілітаційна медицина,

фізична терапія, ерготерапія, терапія мови та мовлення, психологічна допомога, протезування-ортезування (де надавачами послуг виступають реабілітаційні заклади, реабілітаційні відділення, підрозділи закладів охорони здоров'я), що потребує відповідних архітектурних рішень.

Вимоги щодо створення кабінетів асистивних технологій реабілітаційних відділень, підрозділів закладів охорони здоров'я з підбору медичних виробів, зокрема допоміжних засобів з реабілітації, що надаються у безоплатне користування, переважно в амбулаторному періоді, визначає Наказ МОЗ України № 1338 від 21.07.2023 «Про затвердження Порядку функціонування кабінетів асистивних технологій» [25].

Постановою Кабінету Міністрів України від 19 січня 2022 р. № 31 «Про затвердження Порядку

здійснення реабілітаційних заходів» [26] визначено право ветеранів стосовно вільного вибору закладу для проходження реабілітації із числа державних закладів, комунальних закладів, реабілітаційних закладів приватної форми власності. Зазначеною постановою наводиться розширений перелік видів реабілітаційних заходів, що можуть охоплювати систему медичних, психологічних, педагогічних, фізичних, професійних, трудових, фізкультурно-спортивних, соціально-побутових заходів, для досягнення і підтримання соціальної та матеріальної незалежності, трудової адаптації та інтеграції отримувачів в суспільство.

Наказ МОЗ України № 2083 від 16.11.2022 «Про затвердження Порядку організації надання реабілітаційної допомоги на реабілітаційних маршрутах» [15], зокрема, регламентує типи хірургічних втручань під час гострого реабілітаційного періоду, що

Таблиця 1

**Співставлення функціональних модулів реабілітаційних центрів
для військових США vs Україна**

Модуль	Компоненти / Фахівці	США (VA, PRC, NICoE)	Україна (RECOVERY, Superhumans, ADONIS)
Медичний	Стационарне, перехідне, амбулаторне	Повна інтеграція трьох блоків	Здебільшого один блок з елементами інших
	Медичні спеціалісти	Хірурги, нейрохірурги, інфекціоністи, психіатри, ортопеди	Реабілітологи, ортопеди, неврологи, нейрохірурги, психіатри (обмежено)
	Медсестри	Спеціалізовані медсестри з догляду за ранами	Медсестри-реабілітологи, догляд за ранами — частково
	Логопеди, слухотерапевти	Повноцінна участь у роботі з ЧМТ	Терапевти мови та мовлення (первинно ці функції можуть виконувати логопеди)
Медичний / Технологічний	Теле-реабілітація	Інтегрована в усі етапи догляду: відео-консультації, дистанційний моніторинг, мобільні додатки, мультидисциплінарна участь	У стадії впровадження: поодинокі проекти, обмежене технічне забезпечення, відсутність нормативної інтеграції
Медичний / Цифровий	Електронний облік пацієнтів	Повністю інтегрована система (CPRS, MyHealtheVet, VA Video Connect), доступ до історії хвороби, планів реабілітації, телемедицини	Впроваджується частково: локальні медичні інформаційні системи, обмежений доступ для пацієнтів, відсутність єдиного реабілітаційного реєстру
Фізичний	Фізична терапія	ЛФК, кінезіотерапія, рекреаційна терапія, респіраторна терапія	ЛФК, кінезіотерапія, механотерапія, рекреація (епізодично)
	Ерготерапія	Побутова адаптація, ерготерапія для сліпих	Побутова адаптація, протезування, ерготерапія для сліпих — відсутня
Фізичний / Технологічний	Кабінет асистивних технологій	Окремі лабораторії для тестування та налаштування допоміжних пристроїв: роботизовані протези, електронні засоби керування, адаптивні гаджети	Впроваджується точково: наявні окремі зони для протезування, але кабінети асистивних технологій як окрема функціональна одиниця — рідкість
Психологічний	Психологи, нейрофізіологи	СВТ, арттерапія, нейропсихологія, групова терапія	СВТ, арттерапія, нейрофізіологія — епізодично
	Родинна участь	Сімейні палати, декомпресійні зони, консультування	Часткова участь, без спеціалізованих зон
Соціальний	Ветерани, капелани, профосвіта, інтеграція у суспільство	Системна участь у мотивації, духовній підтримці, перекваліфікації	Ветерани — частково, капелани — обмежено, профосвіта — окремі програми, інтеграція у суспільство — окремі програми

може включати надання нейрохірургічної допомоги в профільних відділеннях закладів охорони здоров'я, і в яких створено відповідні умови для забезпечення даного виду реабілітації в гострому реабілітаційному періоді.

Складена нами за комплексом даних з офіційних джерел [12–26] порівняльна таблиця напрямків реабілітації охоплює основні п'ять функціоналів, які виконує реабілітаційний центр для військовослужбовців в США та Україні, і деякі допоміжні (табл. 1).

У випадках, коли військовослужбовець повертається до служби, функціонал професійної реабілітації виділяється як окремий напрямок, що включає тренування та навчання за участі військових інструкторів.

Отримані нами результати порівняння реабілітаційних систем збігається з висновком дослідження Ю. О. Снядовського та Н. С. Захаревської [27].

Перспективними для впровадження в Україні виглядає система CAREN, яка дозволяє моделювати

реальні сценарії фізичних навантажень (наприклад, ходьбу по нерівній поверхні, балансування, пересування в міському середовищі), що значно покращує мотивацію та ефективність відновлення [28]. До інноваційних функціональних розробок мають бути віднесені також Gait Lab (лабораторія аналізу ходи та рухової активності), Flow Rider (тренажер для водної терапії та мотиваційної фізичної активності) [4], Natatorium (сертифікований закритий басейн для водної терапії). У контексті реабілітаційних центрів **Natatorium** — це спеціально обладнаний простір для гідротерапії, фізичних вправ у воді, тренування балансу та координації [29], зокрема напрям HydroWorx з мотиваційної терапії для ветеранів з травмами [30]. Таке середовище, завдяки спеціальним системам проектування та обладнання, має терапевтичний ефект завдяки зниженому навантаженню на суглоби, що особливо важливо для пацієнтів з ампутаціями, неврологічними порушеннями або після операцій.

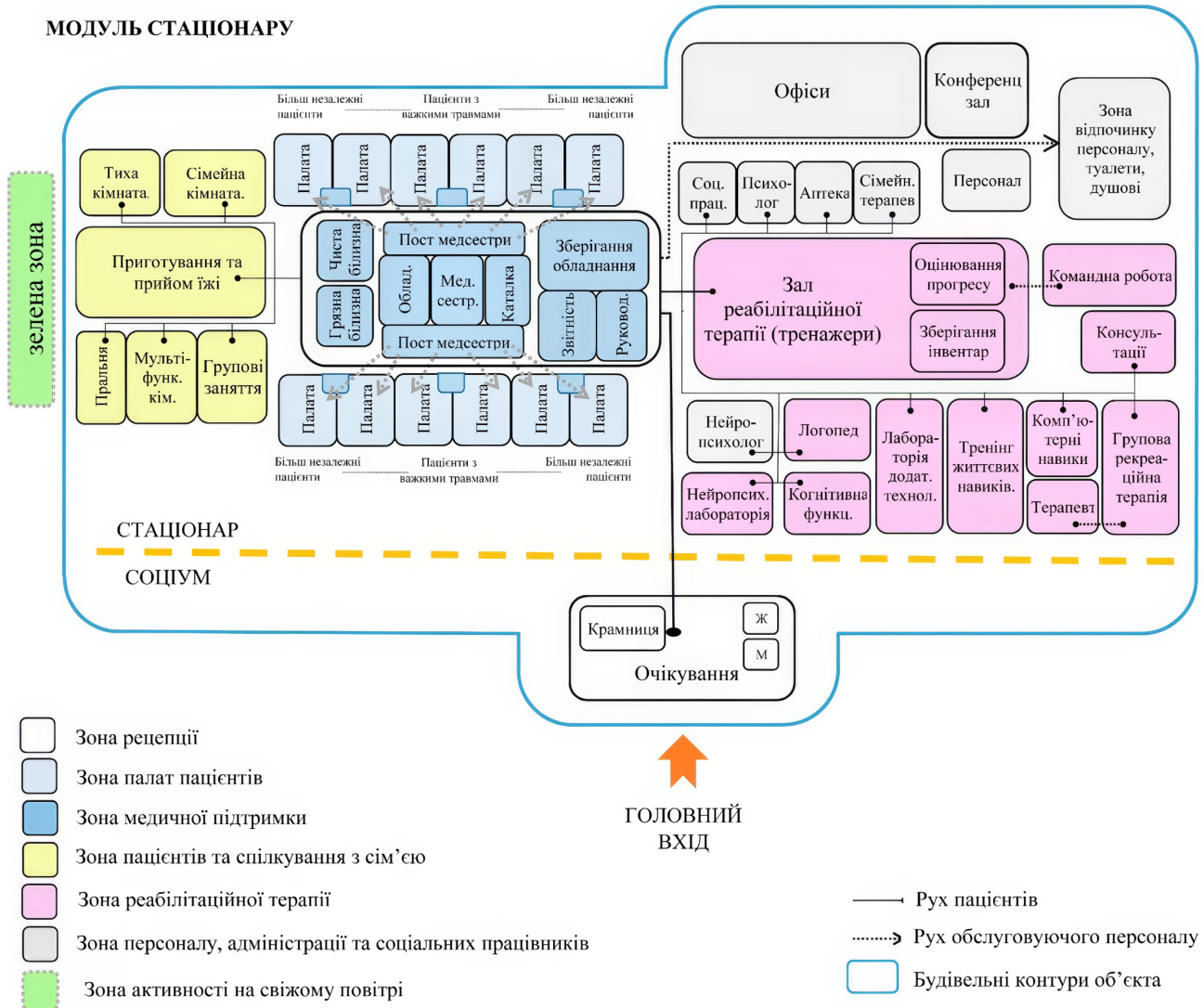


Рис. 2. Рекомендована функціональна схема стаціонарного відділення реабілітації центру в США

Джерело: складено автором на основі [5]

Проектування реабілітаційних установ, орієнтованих на медичну, психологічну та соціальну допомогу учасникам бойових дій, залишається мало-розробленою сферою в українському архітектурному

контексті. Відсутність затверджених нормативів і методичних рекомендацій, а також обмежена наукова база щодо специфіки бойових травм і каліцтв, ускладнює створення ефективного простору

МОДУЛЬ ПЕРЕХІДНОЇ ПРОГРАМИ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПОЛІТРАВМИ

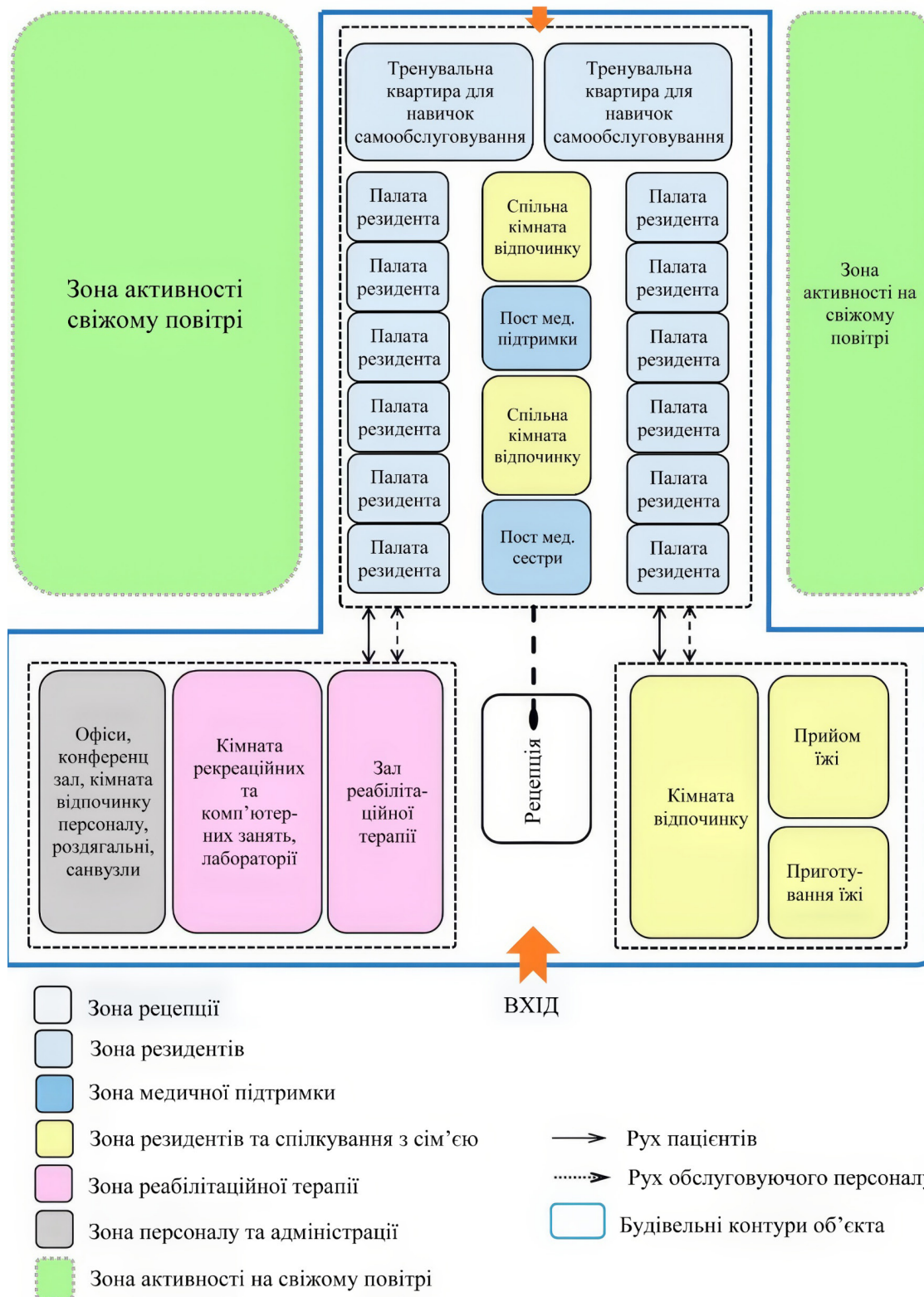


Рис. 3. Рекомендована функціональна схема відділення перехідної програми реабілітації центру в США

Джерело: складено автором на основі [5]

для реабілітації військовослужбовців. У цьому контексті досвід США, зокрема функціонально-планувальні рішення центрів VA, PRC та NICoE, демонструє важливість мультидисциплінарного підходу, телереабілітації, асистивних технологій і сімейно-орієнтованої моделі догляду. Інтеграція таких принципів в українське середовище дозволить сформувати реабілітаційні простори, які не лише відповідають потребам пацієнтів, а й підвищують ефективність їхнього відновлення.

Стаціонарне відділення американського реабілітаційного центру — це важливий блок будівельної структури, який виконує багато функцій. В порівнянні з типовим блоком стаціонарного відділення лікарні, кількість функцій значно більша (див. рис. 2).

Насамперед порівняно з типовим відділення лікарні, до пацієнтів стаціонарного блоку реабілі-

таційного центру запланований підвищений рівень уваги медперсоналу та цілодобовий моніторинг фізичних та психічних показників пацієнту. Інтенсивне лікування пацієнта відбувається в окремих палатах та в інших лікувальних приміщеннях для лікувальних та реабілітаційних дій. В плануванні стаціонарного блоку передбачено комфортне перебування членів родин разом з пацієнтами. Рідні люди допомагають пацієнтам в лікуванні та мотивують до швидкого відновлення. Перебування членів родин з пацієнтами потребує додаткових площ та приміщень в стаціонарному блоці: тиха кімната, сімейна кімната та ін.

В блоці відділення перехідної реабілітації особлива увага відводиться роботі ерготерапевтів. Їх діяльність направлена на адаптування пацієнтів до нового стану їх фізичного стану, навчити виконувати

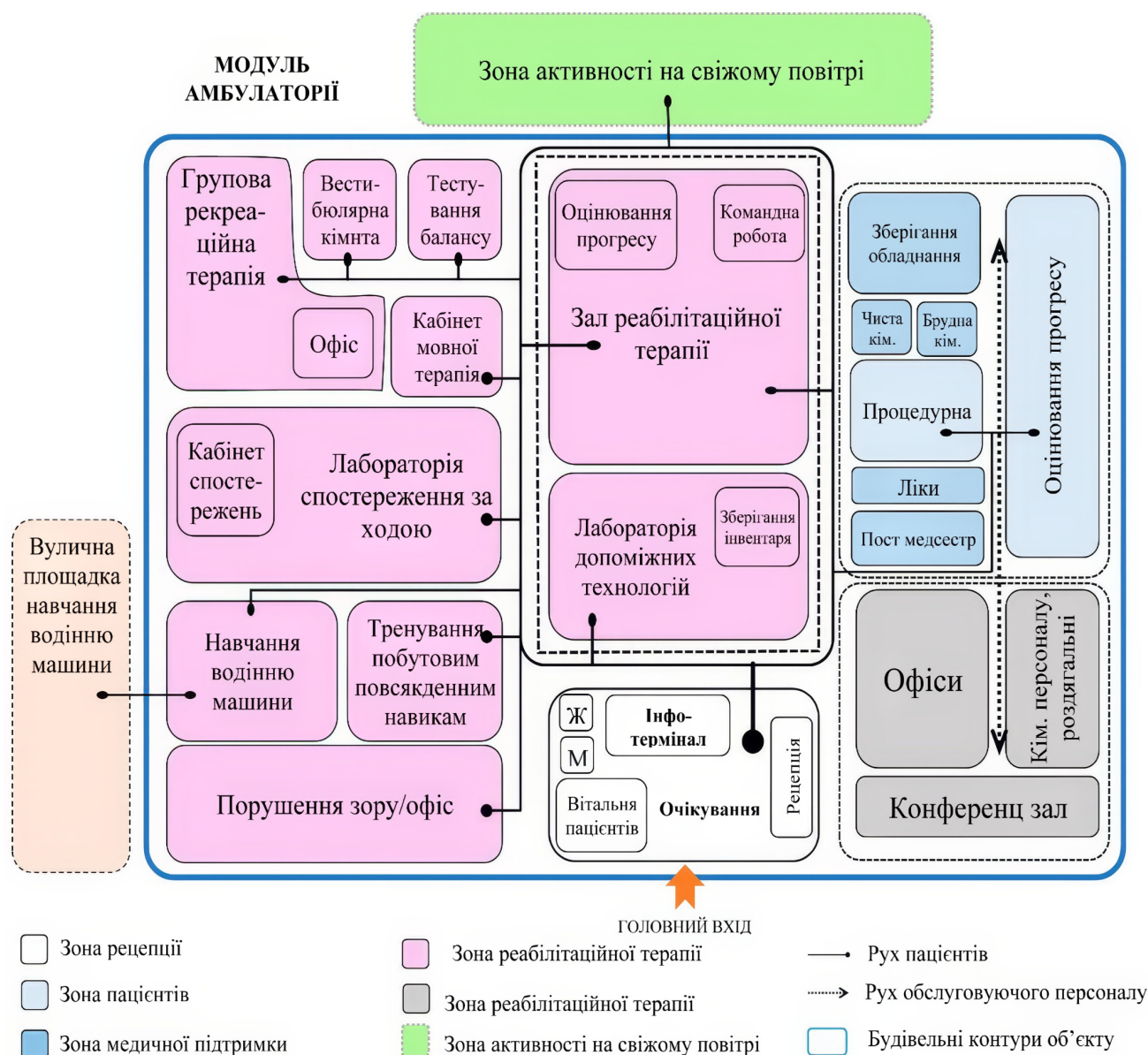


Рис. 4. Функціональна схема зони амбулаторного відділення в США

Джерело: складено автором на основі [5]

щоденні справи в умовах отриманих травм. Тому приміщення повинні враховувати роботу пацієнтів з ерготерапевтами при виконанні всіх повсякденних дій. Крім роботи з пацієнтами ерготерапевти працюють також з їх рідними. В тісній взаємодії пацієнтів, медперсоналу, та членів родин військовослужбовців — народжується індивідуальний реабілітаційний шлях кожного пацієнту. Рекомендована функціональна схема відділення перехідної реабілітації в американських центрах представлена на рис. 3. Відмінною рисою таких відділень є мінімальна кількість медичного обладнання та акцент на побутову адаптацію. Тренувальні апартаменти імітують типову квартиру, адаптовану до потреб осіб з інвалідністю, що дозволяє пацієнтам відновлювати навички самостійного життя поза межами медичного закладу. На функціональній схемі американських реабілітаційних центрів блок проживання резидентів розташовується обабіч зелених зон, що підкреслює важливість рекреаційного середовища.

До таких зон належать спортивні майданчики, прогулянкові доріжки, озеленені лабіринти, дитячі простори, відкриті басейни, альтанки та ландшафтні композиції. Рекреаційні зони також слугують тренувальними майданчиками для пересування в інвалідному візку або на протезах. Вони мають різні типи покриття (гравій, асфальт, земля) та перешкоди, що імітують реальні умови — сходи, пороги, пандуси. Значна увага приділяється соціалізації: передбачено простори для спілкування пацієнтів, персоналу та родин — кафетерії, зони психологічної підтримки, ігрові кімнати. Реабілітація на цьому етапі включає сучасні технології — VR-терапію, роботизовані протези, і фокусується на ментальному здоров'ї та навичках адаптації.

Амбулаторне відділення — це найбільш соціалізований блок в реабілітаційному центрі, і тому найбільш динамічний і гнучкий при проектуванні. Рекомендована функціональна схема амбулаторного відділення представлена на рис. 4.

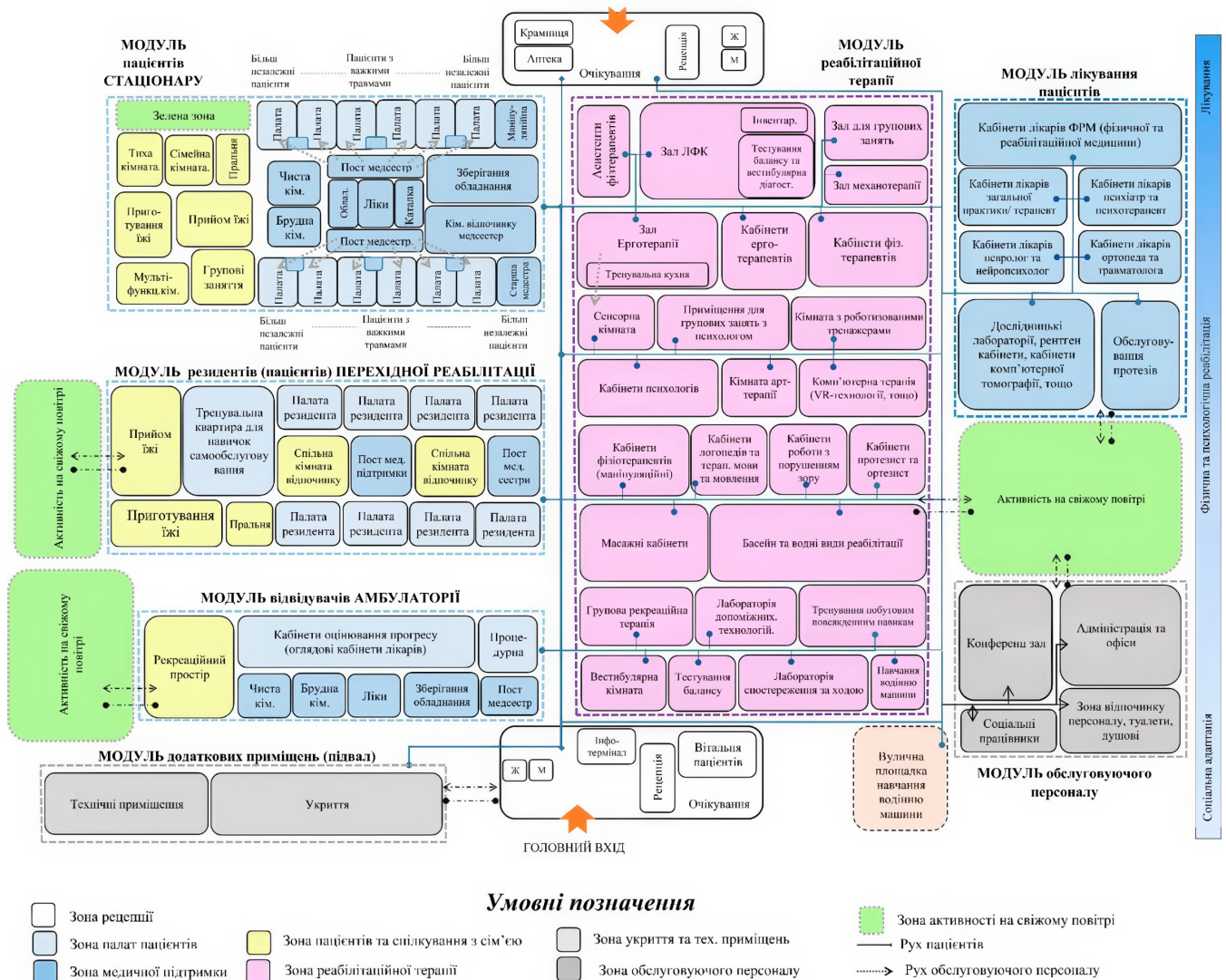


Рис. 5. Функціональна схема багатофункціонального реабілітаційного центра для України

Джерело: складено автором на основі [5]

Об'єднання в рамках одного реабілітаційного комплексу відділення стаціонару, перехідної реабілітації та амбулаторії дозволяє запроєктувати єдиний простір для реабілітації чи медичного супроводу (рис. 5).

Ці три модулі: стаціонар, перехідна реабілітація та амбулаторія — можуть об'єднуватися в єдиний реабілітаційний комплекс та мати спільні реабілітаційні зони, зони спілкування, та рекреаційні простори. Такий підхід більш ефективний, ніж для кожного відділення проєктувати свої реабілітаційні зони та рекреаційні простори.

До амбулаторного відділення, а також до інтегрованого комплексу, можуть примикати конференц-зали, кабінети соціальних робітників, навчальні класи, рекреаційні зони, СПА, басейни, спортивні майданчики, пішохідні доріжки для прогулянок, майданчики для тренування навичок водіння, кафетерії та магазини, ігрові площадки для дітей, тощо. Цей блок може розширюватися в залежності від функцій, які необхідно бути виконувати. Результати нашого дослідження підтверджують актуальність комплексного, мультидисциплінарного підходу до архітектурного проєктування реабілітаційних центрів для військовослужбовців, з урахуванням фізичних, психологічних, соціальних та екологічних чинників, як синтезу українського та американського досвіду.

Висновки. В Україні система реабілітації військовослужбовців перебуває на етапі активного формування, що зумовлено як масштабами повномасштабної війни, так і необхідністю адаптації міжнародного досвіду до національного контексту. На основі проведеного дослідження сформульовано низку рекомендацій, спрямованих на вдосконалення архітектурно-функціональної моделі реабілітаційних центрів для військовослужбовців в Україні.

По-перше, доцільним є інтегрування міжнародного досвіду, зокрема адаптація функціональних схем, реалізованих у центрах PRC, NICoE та DNRC, відповідно до українських реалій, ресурсних можливостей та нормативної бази.

По-друге, важливо забезпечити модульність і просторову гнучкість проєктованих центрів, що дозволить трансформувати їхню структуру залежно від типу травм, профілю пацієнтів та етапу реабілітації.

Третім напрямом є психологічна орієнтація архітектурного середовища, яка передбачає використання текстур, освітлення, кольорових рішень та акустичних характеристик для створення емоційно комфортного простору, сприятливого для відновлення.

Четвертою рекомендацією є забезпечення умов для участі родини в процесі реабілітації, зокрема через створення спеціальних зон перебування, що сприяють соціальній підтримці пацієнтів та формуванню сімейно орієнтованого підходу. Виведена найбільш узагальнююча функціональна схема для Багато-функціонального реабілітаційного комплексу.

І нарешті, необхідно розширити доступ до реабілітаційних послуг на рівні громад, інтегрувавши їх у систему первинної медичної допомоги, що дозволить забезпечити безперервність догляду та зменшити навантаження на стаціонарні заклади.

Отримані результати демонструють, що українська модель реабілітації військовослужбовців поступово наближається до міжнародних стандартів, але вона потребує подальшого системного розвитку, особливо в аспектах кадрового забезпечення, архітектурної адаптації та інтеграції родинного компонента. Водночас, наявність таких центрів як RECOVERY та Superhumans, свідчить про потенціал для масштабування та впровадження найкращих світових практик.

Література

1. Крижний А. Після завершення війни кількість ветеранів зросте до 5–6 мільйонів осіб — Мінветеранів. *Економічна правда*. 2024. URL: <https://epravda.com.ua/news/2024/05/27/714276/> (дата звернення: 05.09.2025).
2. Мхаїкл Х.Х. Дизайн реабілітаційних центрів для військовослужбовців на основі безбар'єрної архітектури. *Комунальне господарство міст*. 2021. Т. 1, вип. 161. С. 88–97. DOI: 10.33042/2522-1809-2021-1-161-88-97
3. Моркляник О.І., Паляниця Х.Б. Модель функціональної організації багатофункційного реабілітаційного центру для військовослужбовців. *Scientific Bulletin of the National University «Lviv Polytechnic» — Series: Architecture* 2023. 5(2). Р. 130–140. DOI: 10.23939/sa2023.02.130
4. SmithGroup. (n.d.). *National Intrepid Center of Excellence (NICoE)*. URL: <https://www.smithgroup.com/projects/national-intrepid-center-of-excellence-nicoe> (дата звернення: 06.09.2025).
5. U.S. Department of Veterans Affairs. (2014). *Polytrauma Rehabilitation Center Design Guide*. URL: <https://www.wbdg.org/va/design-guides-pg-18-12/polytrauma-rehabilitation-center#:~:text=The%20Polytrauma%20Rehabilitation%20Center%20%28PRC%29%20Design%20Guide%20%28PG-18-12,Guide%20for%20Polytrauma%20Rehabilitation%20Centers20published%20in%202008> (дата звернення: 06.09.2025).
6. Захаров Ю.А., Авдеева Н.Ю. Проблеми класифікації та використання «зелених конструкцій» у архітектурному проєктуванні. *InterNauka*. 2021. 3(195).
7. Smolinski G., Licina D. After the Trauma: The Role of Rehabilitation Medicine in U.S. DoD Global Health Engagement. *Military Medicine*. 2023. 188(1–2). Р. 3–5. DOI: <https://doi.org/10.1093/milmed/usac302>

8. Brick Development Association. (2019). *The Defence & National Rehabilitation Centre (DNRC)*. URL: <https://www.brick.org.uk/brick-bulletin/dnrc> (дата звернення: 08.09.2025).
9. Reha-Kliniken in Deutschland | Umfassende Übersicht — Reha Klinik Finden. URL: [Reha-Kliniken in Deutschland | Umfassende Übersicht — Reha Klinik Finden](https://www.reha-kliniken.de/) (дата звернення: 05.09.2025).
10. У Латвії пройшли реабілітацію майже 300 українських ветеранів — Кондратюк. 17.01.2025. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3949484-u-latvii-projsli-reabilitaciju-majze-300-ukrainskih-veteraniv-kondratuk.html> (дата звернення: 07.09.2025).
11. Гулюк С. Реабілітація військових — як в Україні працюють реабілітаційні центри. *Bzh.life*. 2023. URL: <https://bzh.life/ua/lyudi/1723571566-povernuti-veteraniv-suspilstvo-koyu-e-merezha/> (дата звернення: 09.09.2025).
12. Handicap International — Humanity & Inclusion. (2024). *Health & protection needs assessment in Ukraine*. URL: <https://reliefweb.int/report/ukraine/health-protection-needs-assessment-ukraine-enuk> (дата звернення: 15.09.2025).
13. Державна політика щодо ветеранів війни : аналіт. доп. / [Власенко Р.В., Гушук І.В., Жаліло Я.А. та ін.]; за наук. ред. Я.А. Жаліло. Київ : НІСД, 2025. 118 с.
14. Кабінет Міністрів України. Пропускна спроможність системи реабілітації становить вже понад 16 тисяч сеансів на день — Віктор Ляшко. Урядовий портал. 24 жовтня 2025. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/propuskna-spromozhnist-systemy-reabilitatsii-stanovyt-vzhe-ponad-16-tysiach-seansiv-na-den-viktor-liashko> (дата звернення: 05.09.2025).
15. Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 2083 від 16.11.2022. Про затвердження Порядку організації надання реабілітаційної допомоги на реабілітаційних маршрутах. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1516-22#Text> (дата звернення: 02.09.2025).
16. Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 384. Про затвердження Інструкції про організацію реабілітації та санаторно-курортного лікування в закладах охорони здоров'я Національної гвардії України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1112-25> (дата звернення: 07.09.2025).
17. Україна розвиває найпотужнішу в Європі систему реабілітації — Віктор Ляшко. *Uzhgorod24*. 2025. URL: <https://uzhgorod24.com/ukrayina-rozvyvaye-najpotuzhnishu-v-yevropi-systemu-reabilitatsiyi-viktor-lyashko/> (дата звернення: 21.09.2025).
18. Реабілітаційні центри для захисників і захисниць. *NTSR.gov.ua*. 2024. URL: <https://www.nts.gov.ua/viiskovym-ta-veteranam/4857-reabilitatsijni-tsentri-dlya-zakhisnikiv-i-zakhisnits-povnij-perelik-ustanov-shcho-dopomagayut-vidnovlennyyu.html> (дата звернення: 25.09.2025).
19. Куліченко В., Ратушинський Н., Погранична І. Принципи формування архітектурного середовища реабілітаційного центру для військовослужбовців. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Архітектура*. 2023 1(9). С. 112–121. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/may/30404/pdf> (дата звернення: 21.09.2025).
20. Пекарчук О.П., Паляниця Х.Б. Специфіка формування інтер'єру універсального залу фізичної реабілітації для військовослужбовців. *Scientific Bulletin of the National University «Lviv Polytechnic» — Series: Architecture*. 2024. 6(2). С. 133–143. DOI: 10.23939/sa2024.02.133
21. US. Department of Veterans Affairs. Polytrauma System of Care. URL: <https://www.polytrauma.va.gov/system-of-care> (дата звернення: 28.09.2025).
22. Department of Veterans Affairs. VA is America's largest employer of audiologists and speech-language pathologists. URL: <https://news.va.gov/74813/va-is-americas-largest-employer-of-audiologists/> (дата звернення: 08.09.2025).
23. Питання організації реабілітації у сфері охорони здоров'я : Постанова Кабінету Міністрів України № 1268 від 03.11.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1268-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 18.09.2025).
24. Деякі питання організації реабілітації у сфері охорони здоров'я : Постанова Кабінету Міністрів України № 1462 від 16.12.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/157-2021-p> (дата звернення: 21.09.2025).
25. Про затвердження Порядку функціонування кабінетів асистивних технологій : Наказ МОЗ України № 1338 від 21.07.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1503-23#Text> (дата звернення: 07.09.2025).
26. Про затвердження Порядку здійснення реабілітаційних заходів : Постанова Кабінету Міністрів України від 19 січня 2022 р. № 31. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/31-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 16.09.2025).
27. Снядовський Ю.О., Захаревська Н.С. Особливості функціонально — планувальних рішень реабілітаційних центрів для військових. *Регіональні проблеми архітектури та містобудування*. 2023. № 17. С. 185–198. DOI: 10.31650/2707-403X-2023-17-185-198
28. Motek Medical. CAREN — Computer Assisted Rehabilitation Environment. URL: <https://www.motekmedical.com/solutions/caren/> (дата звернення: 21.09.2025).
29. Pearland Natatorium Renovation — Landmark Aquatic. 2025. URL: <https://landmarkaquatic.com/portfolio/pearland-natatorium-renovation/> (дата звернення: 05.10.2025).
30. Aquatic Therapy for Military Members and Veterans. 2025. Recreation, Wellness & Athletics. URL: <https://www.hydroworx.com/blog/aquatic-therapy-for-military-and-veterans/> (дата звернення: 05.09.2025).

UDC 338.439

Khalamandro Mykhaylo*Department of Economics and Global Studies**West Ukrainian National University*

ORCID: 0009-0008-2052-502X

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11525

ЕКОНОМІЧНА НАУКА

INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE CONSUMER GOODS SECTOR DURING RECESSION: SUCCESS FACTORS FOR ENTERPRISES FROM DEVELOPING COUNTRIES

Summary. The relevance of the study is determined by the growing role of the consumer goods sector as a stabilizing element of national economies during periods of recession, particularly in developing countries. In light of limited investment resources and shifting global priorities, enhancing the investment attractiveness of this sector requires a systematic analysis of the factors that ensure its resilience, flexibility, and ability to adapt to the challenges of an unstable macroeconomic environment. The purpose of the article is to identify the key factors shaping the investment attractiveness of the consumer goods sector during recessionary periods, with a focus on the operational specificities of enterprises in developing countries, and to develop, on this basis, practical recommendations for strengthening their resilience and ability to attract investment under conditions of economic instability.

Methodology. The study applies a systems approach, structural-functional analysis, elements of economic and statistical modeling, and a logical-inductive method to formulate recommendations based on identified trends. **Results.** It has been established that during recessions, investors tend to shift capital toward less volatile sectors with predictable demand, particularly the consumer goods sector, which maintains stable demand for basic products. It has been found that demand stability, production localization, short investment horizons, and the growing role of local investors are key drivers for sustaining investment attractiveness. A structural model of investment attractiveness has been developed, reflecting the interaction of macroeconomic, sectoral, and business-level factors. **Scientific novelty.** A comprehensive model for forming the investment attractiveness of consumer goods enterprises in developing countries is proposed for the first time. This model integrates intra-sectoral characteristics, investor behavioral patterns, and the specific challenges of economic instability. **Conclusions.** It has been established that the consumer goods sector in developing countries demonstrates relative resilience to recessionary shocks and can serve as a priority area for investment, provided that business processes are properly adapted and state support is ensured. Key barriers to increasing attractiveness have been identified, including regulatory fragmentation, infrastructure constraints, and a lack of financial instruments for SMEs. **Prospects for further research.** Further empirical testing of the proposed model in regional contexts is recommended, particularly within the framework of Eastern European economies.

Key words: economic instability, production localization, investor behavior, business adaptability, institutional barriers.

Introduction. Statement of the problem in general and its connection with important scientific or practical tasks. In the context of global economic instability caused by recessionary processes, the issue of investment attractiveness of real sector industries is becoming particularly relevant. The consumer goods sector, which is traditionally considered less sensitive to cyclical fluctuations than other sectors, is experiencing complex dynamics in the recession: on the one hand, there is relatively stable demand for basic goods, while on the other hand, access to finance is deteriorating, competition for consumers is intensifying, and logistics and currency risks are changing. These challenges are particularly acute for companies from developing

countries, which are often characterized by limited access to capital, unstable regulatory conditions, and vulnerability to external economic shocks. In this context, the problem arises of identifying the key factors that shape the investment attractiveness of the consumer goods sector in a recessionary period for companies operating in emerging markets. This, in turn, requires the development of a theoretical framework for assessing investment attractiveness, taking into account macroeconomic, institutional and intra-industry determinants, as well as the search for practical models of business adaptation to new investment conditions. The solution to this problem is of double importance: from a scientific point of view, it allows to deepen the

understanding of investment mechanisms in the context of crisis cycles, and from a practical point of view, it contributes to the sustainability and competitiveness of enterprises from developing countries through the formation of effective investment attraction strategies.

Literature Review. The analysis of scientific papers allows us to distinguish four main approaches to studying the investment attractiveness of consumer goods enterprises in a recession. The first direction represents the conceptual framework for the formation of investment attractiveness in the context of sustainable development, institutional environment and macroeconomic transformations. The study by N. Petrukha and V. Brych substantiates that institutional mechanisms, in particular access to finance, the effectiveness of state support and tax policy, significantly affect the attractiveness of investing in the agricultural business, which is related to the production of consumer goods [13]. The work of S. Petrukha, K. Klymenko and N. Petrukha analyzes the relationship between the rural economy and public finance, where investment activity is considered as a derivative of fiscal reconstruction and intersectoral redistribution of resources, which creates the basis for the expansion of FMCG production in the regions [14]. A. Shlapak, O. Ivashchenko, and K. Nikoniuk study the marketing strategies of international companies in the FMCG market, focusing on the peculiarities of adaptation to an unstable economic environment, which also affects the investment attractiveness of the sector [19]. V. Antonenko, Y. Liashok, O. Popova and co-authors in the context of post-war recovery of Ukraine emphasize the importance of consolidating investment mechanisms and building confidence in the domestic market, in particular in the production of essential goods [2]. In his study of the innovation and investment attractiveness of the regions of Ukraine, S. Poliatykin points out the critical role of access to financial resources, innovative infrastructure and educational capital to stimulate investment activity, which fully correlates with the needs of the FMCG sector [16]. Further research should focus on developing models of institutional support for investment activity in the FMCG sector, taking into account the phases of the economic cycle.

The second area combines empirical studies of the factors that shape investment attractiveness in the sectoral and regional context. A. Solodkovsky analyzes how macroeconomic fluctuations affect the functioning of FMCG companies' network structures, in particular through changes in consumer behavior and the transformation of logistics models [20]. I. Umantsiv, I. Chereniak, V. Prykhodko, Y. Sonko and co-authors have developed an integrated model for assessing the investment attractiveness of economic sectors, demonstrating the relevance of such parameters as profitability, innovation, human resources and competition to assess the attractiveness of FMCG enterprises [22]. In her study, W. Roswinna reveals the potential of the regions of

developing countries to attract investment through the implementation of strategies spatial balance, which can be applied in the policy of decentralization of FMCG production [18]. Ö. Yikici and T. Över Özçelik substantiated the feasibility of using multi-criteria models for making investment decisions in the FMCG sector, emphasizing the importance of taking into account not only financial but also strategic, market and reputational factors [24]. J. Binda, M. Prokopenko, A. Ramsky and co-authors carried out an applied assessment of the investment attractiveness of industrial enterprises, taking into account financial ratios and risk-oriented indicators, which should be adapted to the FMCG industry [3]. Further research in this area should focus on the development of sectoral indicators of investment attractiveness adapted to the conditions of instability and regional uneven development.

The third area covers the modeling of institutional interaction and sustainable investment in the context of global challenges. In their study, B. Moskalenko, O. Liuliev, and T. Pimenenko demonstrate the dependence of the investment attractiveness of countries on the quality of the institutional environment, and also emphasize the expediency of integrating the principles of sustainable development into the strategic planning of FMCG companies [11]. K. Hockerts, L. Hehenberger, S. Schaltegger and co-authors proposed the "impact investing" approach as a guideline for investors interested in combining financial profit and social impact, which is becoming relevant for FMCG companies, especially in the segment of environmentally sensitive products [7]. Trusova N. V., Cherniavska T. A., Kirillov Y. Y. and co-authors in a cross-country analysis proved that foreign direct investment flows are significantly dependent on political factors, among which market transparency, economic freedom and infrastructure accessibility are crucial for the consumer goods sector [21]. Further research should focus on the development of complementary institutional models for stimulating sustainable FMCG investments in the context of crisis policy.

The fourth area concerns analytical modeling and digital methods for assessing investment attractiveness. B. Moskalenko, O. Liuliev, T. Pimenenko and co-authors create a structural and functional model of the impact of institutional factors on the attractiveness of investment in the context of sustainable development, which can be adapted for the FMCG sector in countries with transformational economies [12]. J. Bruneckiene, R. Jucevicius, I. Zykiene and co-authors demonstrated the possibility of using neural networks to assess the investment attractiveness of European countries, taking into account the competencies necessary for strategic decision-making, which can be extrapolated to the level of transnational FMCG investments [4]. T. Pilewicz, N. Derlukiewicz, A. Mempel-Śnieżyk and co-authors analyzed the relationships between entrepreneurial activity, market

orientation and transaction costs, which allows identifying key barriers to attracting investment in local FMCG markets [15]. Further research should focus on adapting digital analytical methods to the specifics of the FMCG sector, taking into account the high dynamics of demand, short product life cycle, and fluctuations in logistics costs.

Thus, current research shows that increasing the investment attractiveness of the FMCG sector in a recession requires a comprehensive combination of institutional reforms, strategic marketing, and digital valuation tools.

Identifying previously unresolved parts of the overall problem. Despite the existence of thorough research on the general patterns of investment in a recession, a number of aspects remain insufficiently studied. In particular, there is no comprehensive analysis of the specifics of the consumer goods sector in developing countries, where vulnerability to external shocks, limited access to investment resources, and high social importance of basic demand are combined. The behavioral patterns of investors in this segment, the intra-industry factors that determine the sustainability of enterprises, and the structural barriers that hinder the deployment of investment activity in times of crisis are not sufficiently studied. In addition, there is a lack of conceptual models that allow for a holistic assessment of investment attractiveness, taking into account the local context.

The proposed study aims to fill these gaps by building an integrated model of investment attractiveness formation that takes into account macroeconomic, institutional and intra-industry parameters. Based on a systematic approach and analysis of empirical data, the key factors that ensure the adaptability of enterprises in unstable conditions are identified, and practical recommendations for improving the efficiency of investment strategies are developed. This allows not only to deepen the scientific understanding of the phenomenon under study, but also to ensure

the applied value of the results for public policy and business.

Formulation of the objectives of the article (statement of the task). *The purpose* of the article is to identify the key factors affecting the investment attractiveness of the consumer goods sector in a recession, with a special emphasis on the specifics of the functioning of enterprises in developing countries, and on this basis to formulate recommendations for improving their sustainability and ability to attract investment in the face of economic instability.

In order to achieve this goal, the article solves the following tasks:

- To analyze the role and dynamics of the consumer goods sector in developing countries during the recession, taking into account the specifics of demand, localization of production and macroeconomic context.
- Identify investment trends and behavioral models of investors, as well as build a model for the formation of investment attractiveness of consumer sector enterprises in conditions of economic instability.
- Identify barriers to the implementation of the investment model in the practice of enterprises and develop practical recommendations for its application in the context of the global recession.

Results and Discussion. The consumer goods sector covers the production, distribution, and sale of everyday products, including food, household chemicals, textiles, and hygiene products. In times of recession, it performs a stabilizing function in the economy, as demand for basic goods remains high even when household incomes decline. This is especially true for developing countries, where the structure of household consumption expenditures is much more sensitive to price fluctuations, and the sector itself often accounts for a significant share of gross value added. International institutions usually refer to such countries as those with a GNI per capita below a certain threshold (less than \$13,845 according to the World Bank classification [23], regardless of their geographical location

Table 1

Characteristics of the consumer goods sector in developing countries during the recession

Aspect	Content of the characteristic	Strategic importance
Stability of demand	High share of household spending on basic goods	Ensures predictable sales
Investment orientation	The sector is attractive for conservative investment	Allows to maintain access to financing
Operating costs	Rising energy and transportation costs	Requires the introduction of energy-saving technologies
Localization of production	Focus on domestic resources and markets	Increases adaptability in times of global shocks
Regulatory burden	Complicated certification and compliance procedures	Slows down scaling and innovation
Institutional support	Government support programs are limited or targeted	Critical for SMEs in times of crisis

Source: compiled by the author based on [13; 19; 16; 20; 11; 12]

or membership in economic associations. In the context of the global recession, these economies face increased risks of production destabilization, which makes the analysis of the consumer goods sector particularly important for assessing macroeconomic stability (Table 1).

In practical terms, the characteristics listed in Table 1 are manifested through the specific dynamics of production, investment, and adaptation of the sector in developing countries. The resilience of consumer demand allows enterprises to maintain output even in the face of a general recession. According to Eurostat, in 2023, the total production of food crops in the EU exceeded 272 million tons, while a number of middle-income countries did not record a significant decline in basic food segments [10]. In Bulgaria, for example, the share of domestic products in retail turnover increased to 68% in 2024, reflecting a strategic shift in emphasis to localization as a mechanism for adapting to recessionary conditions [10].

In Ukraine, which, according to the World Bank's classification, belongs to the group of middle-income countries [23], the consumer goods sector demonstrates high adaptability despite the destruction of infrastructure, logistical difficulties, and the threat of macroeconomic destabilization. According to official data, the food production index in 2023 amounted to 91.7% of the previous year's level, indicating the stabilization of production in the context of systemic transformation (Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2024). At the same time, the growth of logistics costs has become one of the key constraints: the cost of transporting grain to ports in 2023 reached 180–200 USD/t compared to the pre-war 30–35 USD/t. The development of alternative routes through the Danube and the Balkans helped reduce the transportation burden by about 33% [8], but the overall cost level remained high.

Despite this, the export capacity remains: in 2024, the agri-food sector accounted for 59.3% of the country's total merchandise exports, of which 52% were to the EU (EY, 2025). At the same time, there is an increase in domestic localization — an increase in the share of national producers in the retail sector and a reduction in import dependence. According to UCAB,

the share of domestic production in the food, household chemicals, and hygiene products segments reached 68–70% in 2024 [8].

These examples confirm that the FMCG sector in developing countries remains attractive for investment due to the structural stability of demand, operational flexibility of enterprises, and localized production model. According to the EY Europe Attractiveness Survey, in 2024, the share of investment projects in basic consumer goods in middle-income countries amounted to 35–37% of the total, while in high-tech sectors this figure fell to 19% [6]. This indicates a strategic shift in investor interest toward less volatile industries with guaranteed underlying demand, potentially opening a window of opportunity for developing countries, including Ukraine.

The FMCG sector occupies a special place in investment strategies during economic downturns, as it is characterized by stable demand and relatively low sensitivity to macroeconomic fluctuations. As global turbulence intensifies, investors seek to avoid high-risk assets and reallocate capital to industries with predictable cash flows. In this context, investment behavior is changing: there is less interest in cyclical sectors in favor of basic sectors that ensure stable consumption even in the face of falling incomes. Behavioral patterns vary depending on the type of investor, but they are based on the desire to preserve liquidity, avoid losses, and secure profits based on stable demand (Table 2).

In practice, these investment trends are manifested in the reorientation of capital towards stable segments of the consumer sector, in particular the production of food, hygiene products and the logistics infrastructure that serves them. During a recession, investors avoid assets with high cyclicity, instead choosing businesses with predictable demand that provide regular cash flows and have a fast capital turnover. These models are typical for both international funds diversifying their portfolios in regions with growing consumption and local investors seeking to preserve liquidity in the face of macroeconomic instability.

In Central and Eastern Europe, there is an increase in investment in retail properties related to

Table 2

Investment trends and behavioral models of investors in the FMCG sector during the economic downturn

Investment trend	Description of investor behavior	Implications for the sector
Protective reorientation of portfolios	Shifting investments from industry and real estate to consumer goods	Increase in the share of investments in the consumer sector
Strengthening the role of dividend strategies	Choosing companies with regular payments, even at low growth rates	Increased capitalization of stable producers
Local investors are more active	Increased domestic demand for shares of local producers of basic goods	Promoting localization and financial self-sufficiency of the sector
Focus on a short investment horizon	Exit from long-term innovative projects in favor of liquid assets	Increased emphasis on working capital and revolving business models

Source: compiled by the author based on [14; 22; 24; 3; 7; 4]

daily consumption. In the first half of 2024, the volume of investments in the Polish retail sector increased by 149% compared to the same period in 2023, reflecting the growing interest in stable segments of consumer demand [5]. At the same time, in Romania, a number of logistics operators and food retailers have raised additional funds from local funds and private investors to expand warehouses and increase working capital, which has helped to offset import fluctuations and avoid shortages [5].

These examples illustrate how short-term investor strategies focused on high liquidity and stable demand are realized through investments in operationally efficient businesses. The FMCG sector thus acts as a financial stabilizer, reducing portfolio risks in times of economic volatility and at the same time creating conditions for the growth of businesses in developing countries.

In the area of attracting investment by consumer sector enterprises in developing countries, the need for a systematic tool that would allow them to align their internal business strategies with investors' expectations in the face of economic instability is of particular importance. The absence of holistic approaches to creating investment attractiveness in segments with low margins, high dependence on logistics and regulatory pressure necessitates the development of an applied model. Unlike traditional models for assessing competitiveness, the proposed design focuses not on comparative advantage, but on the ability of an enterprise to transmit signals of sustainability, adaptability, and efficiency to investors in a crisis environment. The model combines institutional and regulatory conditions, intra-industry logic, and managerial factors that

determine the perception of an enterprise as an investment object. Its purpose is to serve as an operational basis for strategic decisions on business positioning in the investment field (Figure 1).

In practical terms, this model allows enterprises in developing countries to consistently form an investment image based not only on current financial performance, but also on the ability to function in a long-term environment of instability. The first step is to determine the initial stability: the availability of guaranteed demand, basic production resources, and a focus on the domestic market. This creates the basis for a predictable operating cycle. Next, operational adaptability involves cost optimization, the introduction of digital technologies, the expansion of sales channels and logistical flexibility. The third stage relates to compliance with the institutional environment: compliance with certification standards, environmental responsibility, and corporate transparency. The fourth pillar is financial structuredness, which means clear financial statements, a balanced ratio of assets and liabilities, and financial self-sufficiency. The final stage involves the formation of a positive investment signal, which is transmitted through the company's reputation, openness to partnerships, participation in industry initiatives, and the ability to communicate its sustainability to investors. Thus, the model serves as a universal benchmark for consumer goods companies operating in countries with a high level of macroeconomic volatility. It allows not only to improve attractiveness for external capital, but also to optimize internal management processes in line with market expectations.

In developing countries, the process of creating and maintaining the investment attractiveness of

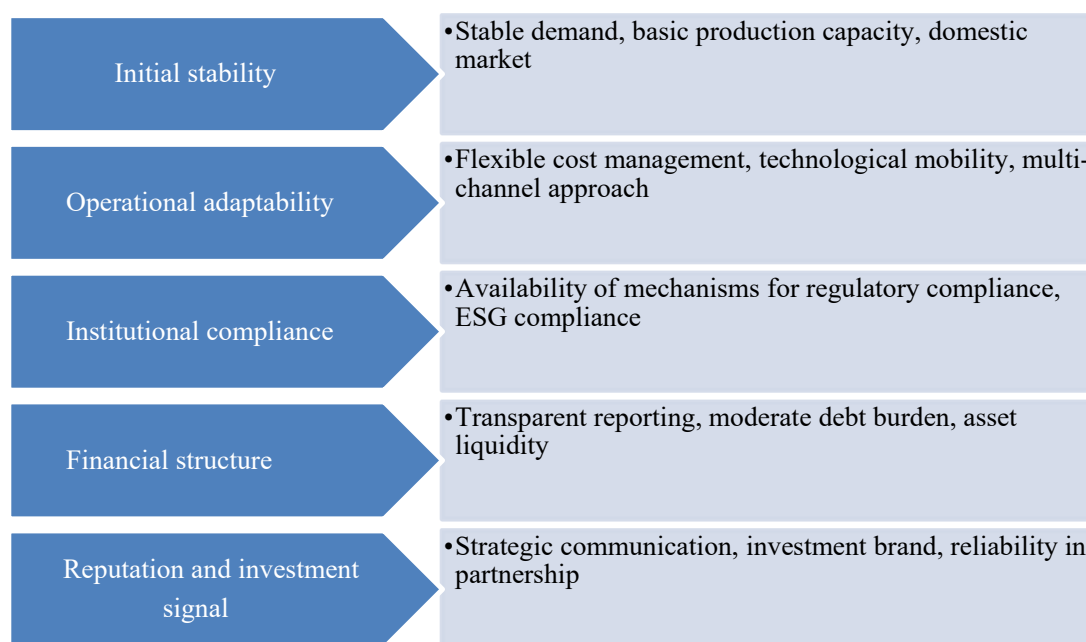


Fig. 1. Model of formation of investment attractiveness of consumer sector enterprises in developing countries

Source: author's own development

consumer sector enterprises faces multifactorial barriers caused by both external macroeconomic conditions and internal institutional, structural and managerial constraints. One of the main problems is the high level of regulatory turbulence, which creates a constant state of uncertainty for investors and complicates long-term planning [13]. Frequent changes in tax policy, exchange rate volatility, limited access to preferential financing instruments, and excessive complexity of certification procedures reduce the attractiveness of domestic enterprises as investment targets [2].

In addition, the low quality of the institutional infrastructure, including weak investor protection, limited independence of the judiciary, and high corruption risks, is a significant obstacle that creates a negative investment image internationally [22]. For consumer sector companies, these risks are exacerbated by additional challenges related to high energy dependence, supply chain instability, and price volatility for raw materials [20]. In many cases, businesses do not have the institutional capacity to effectively communicate their potential to external stakeholders due to the lack of strategic communication tools, transparent financial reporting, or an ESG profile that meets investor expectations [14; 7].

Finally, a significant number of enterprises operate in underdeveloped cluster or cooperative structures, which reduces their ability to collectively attract investment, share innovations, or share resources [19]. All of this indicates the need not only to build a formal model of attractiveness, but also to create conditions for its effective implementation, which involves overcoming both structural and behavioral barriers to investment development.

Effective application of the model of formation of investment attractiveness of consumer sector enterprises in developing countries requires adaptation to the specifics of the global recession, which is accompanied by instability of financial markets, shifting investment priorities and increased competition for limited resources. In this context, the practical implementation of the model should be based on the synergy of three key components: internal readiness of the enterprise to attract investments, strategic communication with potential investors, and adaptive interaction with the institutional environment.

First and foremost, companies must ensure an adequate level of transparency and predictability of their operations by introducing high-quality financial reporting, validating their business model, demonstrating their ability to achieve operational stability and adhering to energy and resource efficiency principles. In a recessionary environment, short-term liquidity and capital turnover are of particular importance, which involves optimizing production processes, reducing logistics costs and implementing localized solutions. At the same time, it is important to develop

an investment profile of the company that takes into account the needs of target investor groups, in particular funds focused on stable sectors with low volatility.

As part of the communication loop, the company should consistently build its own investment brand, including through open data, ESG reporting, digital project presentation platforms, and participation in specialized exhibitions and forums. This helps to neutralize the effect of the country's overall risk and shift the investor's attention to the specific benefits of the business model. An important element is also joining cooperative initiatives — clusters, business alliances, associations — that increase creditworthiness and reduce the cost of access to financial resources.

On the institutional side, the effectiveness of the model depends on the existence of partnership programs between the private sector and the state, in particular in the areas of investment guarantee, risk insurance, grant or concessional financing of transformation projects. For enterprises from developing countries, it is also advisable to use international technical assistance programs, participate in intergovernmental initiatives, and engage advisory support in structuring transactions.

Thus, the practical application of the model involves not only internal restructuring of enterprises to improve their financial, operational and environmental efficiency, but also active positioning of themselves as an attractive asset amid global instability. This makes it possible to turn the crisis into a window of opportunity and strengthen the position of consumer sector companies in the investment ecosystem.

Conclusions. The study found that the consumer goods sector in developing countries remains attractive for investment even in a recession due to stable demand, localization opportunities and relatively low sensitivity to economic fluctuations. These factors provide companies with basic operational stability and maintain investor interest in times of instability.

The article analyzes shifts in investment behavior: there is a growing interest in short-term investments in stable sectors, and the role of domestic investors is increasing, which partially compensates for the reduction of international capital. At the same time, existing institutional barriers, high logistical costs, and fragmented regulation hinder the realization of potential, especially for SMEs.

The proposed model of investment attractiveness formation allows for a structured alignment of the internal capabilities of an enterprise with the expectations of investors and external conditions. Its application helps reduce risks and increase confidence in enterprises in unstable economies.

Further research should focus on empirical validation of the model in specific regions, assessing the effectiveness of incentive policies, and comparing local and global strategies to support investment attractiveness.

References

1. Agricultural production — crops. (2025). *Eurostat: website*. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural_production_-_crops (access date: 15.10.2025).
2. Antonenko, V., Liashok, Y., Popova, O., Katranzhy, L., & Liashok, N. (2024). Investment attractiveness of Ukraine in the context of its post-war recovery. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 4(57), 363–380. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.4.57.2024.4410>
3. Binda, J., Prokopenko, M., Ramskyi, A., Shuplat, O., Halan, L., & Mykhaylenko, D. (2020). Assessment of investment attractiveness of industrial enterprises. *International Journal of Management*, 11(2), 27–35. <http://www.iaeme.com/IJM/issues.asp?JType=IJM&VType=11&IType=2>
4. Bruneckiene, J., Jucevicius, R., Zykiene, I., Rapsikevicius, J., & Lukauskas, M. (2019). Assessment of investment attractiveness in European countries by artificial neural networks: What competences are needed to make a decision on collective well-being? *Sustainability*, 11(24), Article 6892. <https://doi.org/10.3390/su11246892>
5. CEE Investment Market Perspective 2024. (2025). JLL. <https://www.jll.pl/en/trends-and-insights/research/cee-investment-market>
6. EY Europe Attractiveness Survey 2025. (2025). *EY: website*. https://www.ey.com/en_gl/foreign-direct-investment-surveys/why-europe-confidence-persists-despite-investment-at-a-nine-year-low
7. Hockerts, K., Hehenberger, L., Schaltegger, S., et al. (2022). Defining and conceptualizing impact investing: Attractive nuisance or catalyst? *Journal of Business Ethics*, 179, 937–950. <https://doi.org/10.1007/s10551-022-05157-3>
8. Impact of the War on Ukrainian Agriculture. (2025). UCAB: Analytical report. URL: [https://ucab.ua/files/\[Analytical Report\] Impact of the War on Ukrainian Agriculture.pdf](https://ucab.ua/files/[Analytical Report] Impact of the War on Ukrainian Agriculture.pdf) (access date: 15.10.2025).
9. Indeksy promyslovoi produktsii za vydamy diialnosti [Industrial production indices by types of activity]. (2024). *State Statistics Service of Ukraine*. URL: <https://kh.ukrstat.gov.ua/index.php/indeksy-promyslovoi-produktsii-shchomisiachna-informatsiia> (access date: 15.10.2025).
10. Key figures on the European food chain — 2024 edition. (2024). *Eurostat: publication*. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/15216629/20555393/KS-01-24-000-EN-N.pdf> (access date: 15.10.2025).
11. Moskalenko, B., Lyulyov, O., & Pimonenko, T. (2022). The investment attractiveness of countries: Coupling between core dimensions. *Forum Scientiae Oeconomia*, 10(2), 153–172. URL: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1101319> (access date: 15.10.2025).
12. Moskalenko, B., Lyulyov, O., Pimonenko, T., & Kobushko, I. (2022). Institutions' effect on a country's investment attractiveness within sustainable development. *Virtual Economics*, 5(4), 50–64. URL: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1161935> (access date: 15.10.2025).
13. Petrukha, N., & Brych, V. (2024). The role of institutional mechanisms in ensuring sustainable development of agricultural enterprises. *Ekonomichnyi analiz*, 34(4), 587–607. <https://doi.org/10.35774/econa2024.04.587>
14. Petrukha, S., Klymenko, K., & Petrukha, N. (2024). Rural economy and public finances: The effects of mutual reconstruction. *Finance of Ukraine*, 9, 77–98. <https://doi.org/10.33763/finukr2024.09.077>
15. Pilewicz, T., Derlukiewicz, N., Mempel-Śnieżyk, A., & Zdon-Korzeniowska, M. (2018). Entrepreneurial activity, market orientation, investment attractiveness and transaction costs for enterprises in local development context. *Regional Barometer. Analyses & Prognoses*, 16(3), 109–119. URL: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=728627> (access date: 15.10.2025).
16. Polyatykin, S. O. (2018). Main factors of innovation and investment attractiveness development of Ukrainian regions. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*, 17(2), 47–50. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF%2FNVuumevcg_2018_17%282%29_.pdf#page=47 (access date: 15.10.2025).
17. Poland Retail Market Dynamics, H1 2024. (2024). *JLL*. URL: <https://www.jll.pl/en/trends-and-insights/research/poland-retail-market-dynamics> (access date: 15.10.2025).
18. Roswinna, W. (2020). Increasing the potential region attractiveness in the development order investment. *Sosiohumaniora*, 22(3), 341–347. <https://doi.org/10.24198/sosiohumaniora.v22i3.28499>
19. Shlapak, A., Ivashchenko, O., & Nykoniuk, K. (2024). Marketing strategies of international companies in the Ukrainian FMCG market. *Ekonomika ta suspilstvo*, 60. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-72>
20. Solodkovskiy, A. M. (2024). Analysis of the impact of economic trends on the functioning of network business structures in the FMCG segment in Ukraine. *Upravlinnia ekonomikoju: teoriia ta praktyka. Chumachenkivski chitannia*, 30, 366–380. <https://doi.org/10.37405/2221-1187.2024.366-380>
21. Trusova, N. V., Cherniavska, T. A., Kyrylov, Y. Y., Hranovska, V. H., Skrypnyk, S. V., & Borovik, L. V. (2020). Investment attractiveness of the economy of the world countries in the polystructural space of foreign direct investments. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 11(2[48]), 645–660. URL: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=914671> (access date: 15.10.2025).
22. Umantsiv, I., Cherlenjak, I., Prikhodko, V., Sonko, Y., & Shtan, M. (2021). Integrated evaluation of investment attractiveness in the context of economic sectors: Ukraine as a case study. *Investment Management and Financial Innovations*, 18(2), 118–129. [https://doi.org/10.21511/imfi.18\(2\).2021.10](https://doi.org/10.21511/imfi.18(2).2021.10)

23. World Bank Country and Lending Groups. (2025). *World Bank: website*. URL: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519> (access date: 15.10.2025).

24. Yikici, Ö., & Över, Ö. T. (2023). Investment project selection with multi-criteria decision-making techniques in the FMCG industry. *International Journal of Engineering and Management Research*, 13(3), 116–133. <https://doi.org/10.31033/ijemr.13.3.15>

UDC 657.631

Nehodenko Viktoria

*PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Financial Analysis and Audit
State University of Trade and Economics*

Негоденко Вікторія Степанівна

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри фінансового аналізу та аудиту
Державний торговельно-економічний університет
ORCID: 0000-0001-6873-2011*

Ovcharyk Roman

*PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Financial Analysis and Audit
State University of Trade and Economics*

Овчарик Роман Юрійович

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри фінансового аналізу та аудиту
Державний торговельно-економічний університет
ORCID: 0000-0001-6536-9712*

Fedorovych Diana

*Student of the Educational Degree “Master” of the
Faculty of Finance and Accounting
State University of Trade and Economics*

Федорович Діана Олександрівна

*здобувачка освіти освітнього ступеня “магістр”
факультету фінансів та обліку
Державного торговельно-економічного університету
ORCID: 0009-0008-5181-1547*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11518

AUDIT OF VALUE ADDED TAX (VAT) SETTLEMENTS AT A MANUFACTURING ENTERPRISE

АУДИТ РОЗРАХУНКІВ З ПОДАТКУ НА ДОДАНУ ВАРТІСТЬ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Summary. The article substantiates the theoretical and methodological foundations of auditing value added tax (VAT) settlements at manufacturing enterprises and systematizes approaches to identifying audit risks. The relevance of the topic is determined by the growing importance of accurate VAT accounting and control under conditions of tax digitalization. The author emphasizes the modernization of audit procedures in accordance with the requirements of electronic tax administration and the use of analytical technologies to improve the reliability of financial reporting.

The study is based on a risk-oriented approach to auditing tax settlements and applies general scientific and special methods such as analysis and synthesis, induction and deduction, comparative, documentary, and economic-statistical analysis. A structured model of the VAT audit process has been developed, including planning, analytical procedures, internal control testing, and the formation of an audit opinion.

The article proposes a comprehensive methodology that combines classical documentary verification with digital analytical tools. Implementation of a risk-oriented audit model shortens audit duration, reduces audit risk, and enhances the accuracy of VAT accounting. The results confirm the effectiveness of integrating internal control with the electronic VAT administration system.

Key words: audit, value added tax, audit risk, tax control, EAS VAT, internal control, audit digitalization, risk-oriented approach.

Анотація. У статті обґрунтовано теоретико-методичні засади аудиту розрахунків з податку на додану вартість (ПДВ) на виробничих підприємствах та систематизовано підходи до ідентифікації аудиторських ризиків. Актуальність теми визначається зростанням ролі достовірного обліку та контролю ПДВ в умовах цифровізації податкових процесів. Автор акцентує увагу на модернізації аудиторських процедур відповідно до вимог електронного адміністрування податків і використанні аналітичних технологій для підвищення достовірності фінансової звітності. Дослідження базується на ризик-орієнтованому підході до аудиту податкових розрахунків і ґрунтується на застосуванні загальнонаукових і спеціальних методів – аналізу й синтезу, індукції та дедукції, порівняльного, документального й економіко-статистичного аналізу. Розроблено структуровану модель процесу аудиту ПДВ, яка охоплює етапи планування, проведення аналітичних процедур, тестування внутрішнього контролю та формування аудиторського висновку.

Запропоновано комплексну методику, що поєднує класичну документальну перевірку з цифровими інструментами аналізу. Впровадження ризик-орієнтованої моделі дозволяє скоротити тривалість перевірки, знизити рівень аудиторського ризику та підвищити точність обліку ПДВ. Результати підтверджують ефективність інтеграції внутрішнього контролю з електронною системою адміністрування ПДВ.

Ключові слова: аудит, податок на додану вартість, аудиторський ризик, податковий контроль, СЕА ПДВ, внутрішній контроль, цифровізація аудиту, ризик-орієнтований підхід.

Statement of the problem in general terms and its connection with important scientific or practical tasks. The organization of value added tax (VAT) audit at manufacturing enterprises is a complex process that requires a comprehensive methodological approach. The relevance of this topic arises from the constant changes in Ukrainian tax legislation [1], the digitalization of accounting systems, and the increased attention of regulatory authorities to the accuracy of VAT reporting.

Inaccurate formation of tax liabilities and credits leads to significant financial risks, including penalties and loss of enterprise reputation. Given the high share of VAT in budget revenues, strengthening audit control over its settlements becomes a key task for both internal and external auditors [2].

In the context of the digital economy, the implementation of electronic VAT administration (EAS VAT) has created new opportunities for improving audit transparency and reliability. However, it has also introduced challenges related to verifying large volumes of electronic data and assessing the effectiveness of internal control systems [3]. This necessitates the development of updated audit methodologies adapted to the technological realities of enterprises [4].

Analysis of recent research and publications. Theoretical and practical aspects of auditing VAT settlements have been investigated by both domestic and foreign scholars. In particular, Nazarova K. O. (2023) explored the conceptual framework of tax control under digital transformation, emphasizing ERP-based automation of audit processes [3]. Markuts V. I. and Kyzenko O. O. (2023) highlighted the role of digitalization in resource management audits, linking it to improved data reliability [5].

Doliuk A. V. (2021) analyzed tax accounting and control as audit objects, noting the importance of harmonizing internal control with external audit procedures [6]. Kurhan N. V. (2020) investigated ERP system selection for accounting and auditing, emphasizing integration of audit tools with accounting systems [7]. Among foreign researchers, Smith J. (2018) developed an audit risk model for indirect taxes [8], while Johnson R. and Miller T. (2020) proposed a risk-oriented approach using electronic evidence [9].

However, existing studies mostly focus on digitalization or theoretical aspects of tax audits without sufficient attention to the methodological specifics of VAT auditing in manufacturing enterprises. This gap justifies the need for developing an integrated audit model that combines risk assessment with analytical technologies.

Formulation of the article's objectives. The purpose of the article is to substantiate the theoretical and methodological principles of VAT audit at manufacturing enterprises and to develop practical recommendations for improving the efficiency of VAT verification under digitalized accounting systems. To achieve this purpose, the following objectives were set:

- to define the economic essence and legal framework of VAT auditing;
- to analyze modern approaches and risks associated with VAT settlements;
- to develop a risk-oriented model of audit procedures adapted to digital control tools;
- to formulate practical recommendations for improving audit reliability and efficiency in manufacturing enterprises.

Presentation of the main research material. The overall logic of the VAT audit system — including

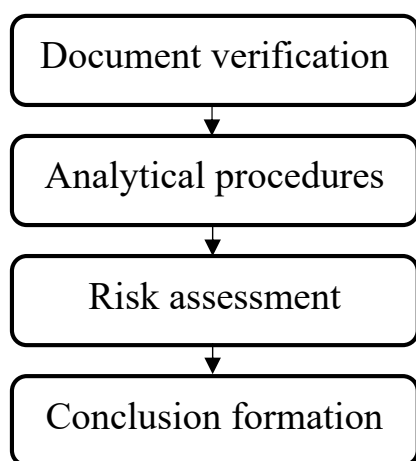


Fig. 1. Structure of the VAT Audit System

Source: author's own development

the interrelation of audit stages, analytical procedures, and risk assessment — is illustrated in Figure 1.

The object of the study is the process of auditing VAT settlements at a manufacturing enterprise.

The subject of the study encompasses the theoretical, methodological, and organizational aspects of VAT auditing aimed at improving the reliability of financial information.

The methodological basis of the research includes general scientific and special methods, such as analysis and synthesis, induction and deduction, comparison, generalization, economic and statistical analysis, as well as methods of logical synthesis and documentary verification.

Based on the conducted analysis, it can be concluded that modern researchers primarily focus on the digitalization of audit processes, yet insufficient attention is paid to the specifics of VAT auditing in manufacturing enterprises, where technological features of operations significantly influence the formation of tax liabilities and tax credits.

Therefore, further research should aim to develop an integrated approach to the audit of VAT settlements that combines traditional audit procedures with electronic data analysis tools and comprehensive evaluation of internal control systems.

Despite the considerable scientific interest in the issue of tax audit, several aspects remain insufficiently developed, particularly in the context of manufacturing enterprises.

An analysis of current publications shows that researchers mainly focus on theoretical or organizational aspects of tax auditing, while the methodological features of auditing VAT settlements are covered only fragmentarily [3; 5–9].

In particular, the works of Nazarova K. O. [3] and Markuts V. I. [5] define the role of digital technologies in controlling tax settlements but do not present a systematic approach to assessing audit risks when verifying VAT-related operations. The authors emphasize

the importance of automating audit procedures but overlook the formation of control checkpoints for verifying tax credits and tax liabilities.

Doliuk A. V. [6] and Kurhan N. V. [7] explore the relationship between internal control systems and audit effectiveness, but they do not specify a detailed methodology for documentary verification of VAT settlements, including testing the correctness of tax invoices, adjustment calculations, overpayment records, and reimbursements.

In the works of foreign scholars — Smith J. [8] and Johnson R., Miller T. [9] — models for assessing audit risks for indirect taxes are proposed. However, these models require adaptation to Ukrainian realities, as they do not consider the provisions of the Tax Code of Ukraine, the National Accounting Standards, or the specifics of automated VAT invoice monitoring systems (SMKOR).

Thus, based on the analysis of scientific sources, the following unresolved issues have been identified, which require further research:

- lack of a unified model for assessing audit risks in VAT verification;
- need for a methodology of auditing tax credits and liabilities adapted to manufacturing enterprise conditions;
- insufficient integration of analytical and IT tools into the audit process;
- need for improvement of internal control mechanisms that reduce tax error risks.

To eliminate these gaps, a VAT audit risk model is proposed, which allows for a systematic assessment of the relationship between risk types and the impact of the internal control system on the overall audit risk (see Fig. 2).

The model is based on the concept of the interrelation among three key components of audit risk:

- Inherent Risk (IR) — the probability of errors or misstatements arising from the nature of business operations or the complexity of tax legislation;
- Control Risk (CR) — the probability that the internal control system will not detect or prevent an error;
- Detection Risk (DR) — associated with the possibility that audit procedures may fail to identify existing errors.

The overall audit risk (AR) is determined by the formula:

$$AR = IR \times CR \times DR.$$

The proposed model enables the assessment of risks at all stages of the audit — from the verification of primary documents and tax invoices to the preparation of the auditor's report. It provides a methodological foundation for planning the scope and depth of audit procedures and enhances the effectiveness of verifying the reliability of tax settlements in a digital environment.

Summarizing the results of previous studies and identified problem areas, it can be stated that the scientific and practical field of VAT auditing requires

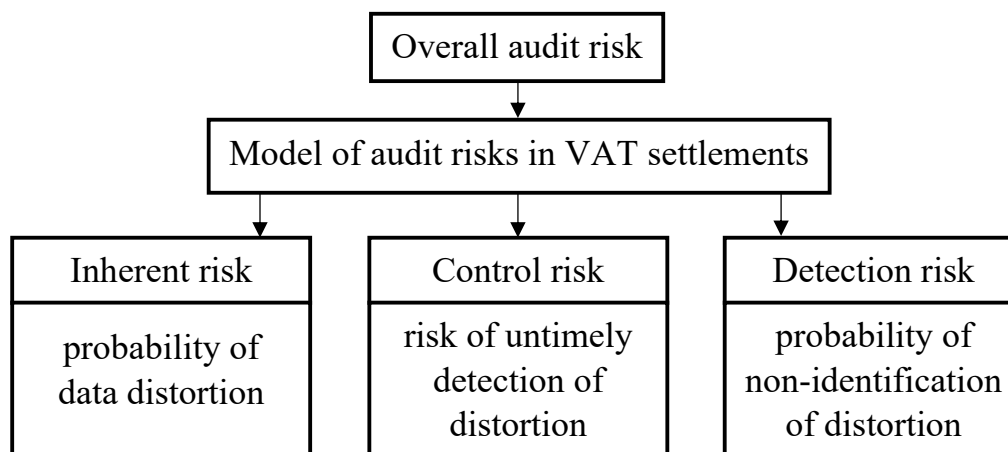


Fig. 2. Model of VAT Audit Risks

Source: author's own development

a systematization of methodological approaches and the development of a comprehensive model for auditing VAT settlements — one that reflects the specifics of manufacturing enterprises and aligns with modern technological conditions of business operations.

The purpose of the article is to substantiate the theoretical and methodological foundations of VAT audit, analyze its main stages, and develop recommendations for improving the efficiency of VAT verification in the context of financial control digitalization.

To achieve this goal, the following tasks have been defined:

1. Reveal the economic essence and importance of VAT within the system of public finance;
2. Summarize the regulatory and legal framework for organizing VAT audit;
3. Analyze modern approaches to VAT audit and identify directions for their improvement;
4. Study typical risks and violations related to VAT accounting and reporting;
5. Develop a conceptual model for conducting tax audit procedures using elements of automated control and analytical technologies (see Fig. 3).

To ensure the scientific validity of the conclusions, the study employed a set of general and special research methods, which are summarized in Table 1.

The effectiveness of auditing value added tax (VAT) settlements is largely determined by the quality of audit process organization, the completeness of

information support, and the justification for selecting methodological verification techniques.

For manufacturing enterprises, whose activities are characterized by a complex cost structure, multi-stage supply and sales operations, and frequent changes in tax legislation, the VAT audit becomes especially important as a tool for confirming the reliability of financial reporting and ensuring tax discipline [5; 7].

1. Stages of the VAT Audit Process

The audit process should be viewed as a sequence of interrelated stages — from planning to summarizing the verification results (see Fig. 4). At each stage, specific tasks, information requirements, and control procedures are formed.

The main stages of auditing VAT settlements can be presented as follows:

1. Preparatory stage.

Includes the analysis of regulatory and legal documents, examination of the company's accounting policy, and identification of key risk areas. At this stage, the auditor develops the audit program, determines the methodology for testing internal control, and establishes the system of analytical procedures.

2. Analytical stage.

Involves analyzing the dynamics of tax liabilities and tax credits, assessing the relationship between sales volumes and VAT amounts. Horizontal and vertical analyses, ratio methods, and comparisons with industry averages are applied [6].

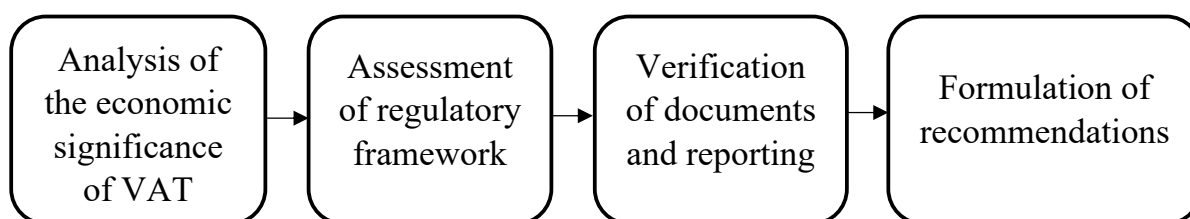


Fig. 3. Sequence of Stages in the Audit of Value Added Tax Settlements

Source: author's own development

Table 1

Research Methods for Auditing Value Added Tax Settlements

№	Method Name	Field of Application	Content and Purpose of Use
1	Analysis and synthesis	Determining the structure of the VAT audit process	Summarizing approaches to audit procedures and documentary verification of transactions
2	Induction and deduction	Forming a system of criteria for assessing control effectiveness	Building a logical sequence for verifying tax settlements
3	Comparative analysis	Evaluation of regulatory frameworks and audit practices	Identifying differences between Ukrainian and international approaches to indirect tax audits
4	Documentary method	Verification of the accuracy of tax invoices and adjustment calculations	Identifying errors and violations in primary documents
5	Economic and statistical analysis method	Determining trends in VAT accrual and payment	Detecting deviations in the dynamics of tax liabilities and credits
6	Logical generalization	Developing recommendations for improving audit procedures	Formulating conclusions and proposals for risk reduction

Source: compiled by the author based on [3; 5–9]

3. Documentary (verification) stage.

Covers a detailed review of primary documents — tax invoices, adjustment calculations, accounting memos, work completion acts, and payment orders. Particular attention is paid to ensuring that the data in the tax invoice register correspond to accounting records. Testing of the accuracy of VAT declaration amounts is also performed.

4. Summarizing stage.

Based on the audit results, the auditor forms conclusions regarding the reliability of accounting data, identifies potential misstatement risks, and provides recommendations to improve the internal control system. The results are formalized in working papers and the audit report (opinion).

2. Information Support for VAT Audit

The information base of the audit includes both internal company documents and external information sources (see Table 2). The comprehensive use of these data enhances the analytical reliability of the audit and enables the identification of discrepancies between tax and accounting records.

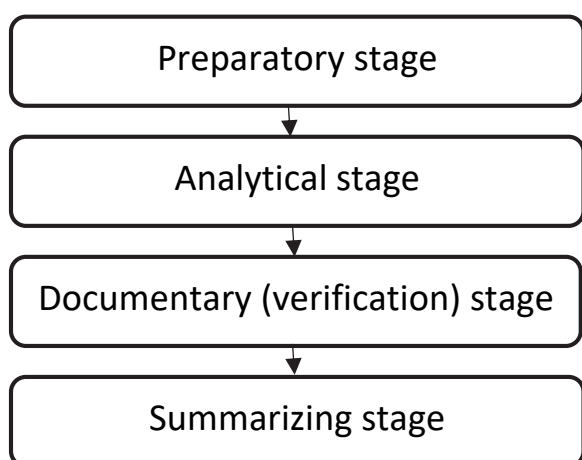


Fig. 4. Stages of Conducting an Audit of Value Added Tax Settlements

Source: developed by the author based on [3; 5; 8]

In practice, it is advisable for the auditor to create a single analytical reconciliation table combining data from accounting records and EAS VAT electronic registers. This approach enables the detection of duplications or discrepancies between the declaration and actual data, which often become the cause of tax disputes [9].

3. Typical Violations and Risks During VAT Audit

Research and practical audit results show that the most common violations in VAT settlements are:

- Untimely or incomplete registration of tax invoices in the Unified Register of Tax Invoices (URTI);
- Recording tax credit without actual receipt of goods or services;
- Incorrect VAT rate application in import/export operations;
- Inclusion in the tax credit of expenses not supported by primary documents;
- Errors in the VAT declaration, particularly regarding the transfer of negative VAT balances.

For effective risk management, auditors are advised to assess their impact using the audit risk model presented in *Figure 2*.

This model allows for a systematic connection between typical violations, sources of evidence, and audit procedures, eliminating the need for a separate risk matrix.

Such an approach enables the auditor to prioritize verification procedures based on the probability of risk occurrence [6; 8; 9].

4. Evaluation of Audit Results and Formulation of Conclusions

The final stage of the audit involves summarizing verification results and forming the audit opinion. Based on the analysis, the following are established:

- The reliability level of tax liabilities and credit representation;
- Compliance of accounting policy with current tax legislation;
- Adequacy of the internal control system regarding settlements with the budget;

Table 2

Information Support for the Audit of Value Added Tax Settlements

№	Source of Information	Content and Examples of Documents	Purpose for Audit
1	Company accounting policy	Procedures for forming tax credit and liabilities, inventory valuation methods	Determining criteria for the correctness of VAT accounting
2	Tax invoice register	Data on dates, amounts, and transaction counterparties	Verifying the completeness of VAT operations reflection
3	Primary documents	Tax invoices, adjustment calculations, acts, invoices	Verifying the accuracy of accounting data
4	Accounting registers	Journal of business transactions, turnover balance sheets	Reconciling accrued and paid VAT amounts
5	Tax reporting	VAT declarations, declaration appendices	Confirming the correctness of summarized data
6	Data from the State Tax Service and the VAT Electronic Administration System (EAS VAT)	Extracts from electronic administration systems	Controlling VAT reflection in state registers

Source: compiled by the author based on [1; 3; 5; 7]

– Availability of reserves to improve tax discipline.

Auditor recommendations should focus on improving internal control, implementing analytical systems for electronic invoice verification, and enhancing coordination between the accounting and tax departments.

As noted by Nazarova K. O. [3], the efficiency of VAT audit increases proportionally with the level of automation of verification procedures and the use of electronic evidence, which ensure quick access to relevant data.

As a result of the conducted research, a comprehensive system for auditing value added tax (VAT) settlements has been developed, combining a risk-oriented approach, digital control technologies, and classical documentary verification methods. The proposed methodology enhances audit effectiveness by optimizing verification stages, reducing audit risks, and ensuring the reliability of tax calculations.

The main practical results of the study are as follows:

- development of a coherent structure of the audit process with a clear division of stages and control procedures;
- improvement of the information support system for audits through the integration of accounting data, electronic VAT administration registers (EAS VAT), and analytical reports;

– formation of a risk assessment model that enables prioritization of audit procedures depending on the probability of error non-detection;

– implementation of recommendations for data testing automation and electronic verification of tax invoices.

To confirm the effectiveness of the developed methodology, a comparative analysis of audit indicators before and after its implementation was conducted (Table 3).

The obtained results demonstrate that the application of a risk-oriented audit model makes it possible to shorten the duration of the audit, reduce the level of audit risk, and increase the reliability of tax data.

Audit effectiveness grows proportionally to the level of automation of procedures, which ensures rapid access to electronic evidence and reduces the likelihood of auditor bias or subjective errors.

Improving the quality of internal control directly affects the reliability of accounting data and tax reporting. As a result, enterprises achieve a higher level of tax discipline, reduce the risk of legislative violations, and strengthen their financial stability.

Thus, the results of the research confirm the expediency of applying an integrated approach to the audit of VAT settlements, which combines classical audit procedures with analytical and digital tools. This contributes to greater transparency in tax accounting,

Table 3

Comparison of VAT Audit Results Before and After Methodology Improvement

№	Evaluation Indicator	Before Implementation	After Implementation	Deviation, %
1	Average duration of audit, days	18	12	–33.3
2	Share of identified errors in tax reporting, %	9.5	4.2	–55.8
3	Share of confirmed tax liabilities, %	91	97	+6.6
4	Audit risk level (AR)	0.21	0.12	–42.9
5	Degree of audit automation, % of total procedures	45	78	+73.3

Source: summarized by the author based on audit process modeling results [5; 7; 9]

improved financial discipline, and reduced risk of tax violations in enterprise operations.

Conclusions and prospects for further research in this area. The conducted research made it possible to substantiate the theoretical and methodological foundations of auditing value added tax (VAT) settlements within the system of financial control of manufacturing enterprises.

Based on a comprehensive analysis of modern approaches, regulatory frameworks, and practical aspects of auditing activities, a model was proposed that combines a risk-oriented approach, digitalization of audit procedures, and enhancement of internal control mechanisms.

The main conclusions of the study are as follows:

1. The audit of VAT settlements is a key tool for ensuring tax discipline and the reliability of financial reporting. Its effectiveness depends on the coherence between the internal control system, the enterprise's accounting policy, and the organization of audit procedures.

2. The risk-oriented approach provides an optimal allocation of the auditor's attention among areas with a high probability of violations, allowing for a reduction in audit duration and an increase in its analytical value.

3. The integration of digital technologies into the audit process (including the use of electronic VAT administration registers, automated data testing, and analytical dashboards) reduces the subjective factor and increases audit transparency.

4. The developed audit risk model forms a methodological basis for planning audit procedures and developing an evidence base. Its application allows auditors to identify and quantitatively assess risks at

all stages of verification — from document collection to the preparation of the audit opinion.

5. The practical implementation of the improved audit methodology enables a reduction in audit duration by an average of 30–35%, decreases the level of audit risk by nearly 50%, and increases the level of confirmed tax liabilities to 97%, demonstrating its high effectiveness.

Thus, the improvement of VAT audit requires a systematic approach, based on the combination of risk-oriented methods, digital control tools, and effective communication between auditors and tax authorities. The implementation of such approaches will contribute to enhancing the reliability of tax calculations, reducing violations, and strengthening the financial stability of enterprises under current economic conditions.

Further research should focus on:

- Sectoral calibration of risk models for different types of production (material-intensive, energy-intensive, and multi-stage processes);
- Development of formalized algorithms for automated testing of large arrays of VAT transactions and cross-checks with the VAT Electronic Administration System (EAS VAT);
- Design and testing of integrated analytical dashboards for real-time monitoring of risks and control indicators;
- Empirical assessment of the effects of audit process automation based on samples of enterprises of different scales, considering implementation costs and payback;
- Unification of approaches to documenting electronic evidence and expanding the methodology for working with e-invoices to strengthen the evidential base of audit procedures in the digital environment.

Література

1. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 № 2755-VI. Редакція станом на 2025 рік. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> (дата звернення: 10.10.2025).
2. Гончарук Я. В. Податкова система України: сучасні тенденції розвитку. Київ : КНЕУ, 2022. 312 с.
3. Назарова К. О. Система електронного адміністрування ПДВ: проблеми і перспективи. *Фінанси України*. 2023. № 6. С. 45–52.
4. Петрик М. Р. Методика аудиту розрахунків з бюджетом : монографія. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2021. 268 с.
5. Маркуц В. І., Кизенко О. О. Цифровізація аудиту в управлінні ресурсами. *Облік і аудит*. 2023. № 4. С. 12–20.
6. Долюк А. В. Бухгалтерський облік і контроль податкових розрахунків : монографія. Київ : КНЕУ, 2021. 294 с.
7. Курган Н. В. ERP-рішення у цифровізації обліку та аудиту. *Економічний вісник*. 2020. № 3. С. 101–108.
8. Smith J. Tax Audit Risk Models for Indirect Taxes. *Journal of Accounting and Taxation*. 2018. Vol. 10, No. 2. P. 45–59.
9. Johnson R., Miller T. Risk-Oriented Audit in the Digital Environment. *Accounting Research Review*. 2020. Vol. 32, No. 4. P. 112–124.

References

1. Tax Code of Ukraine: Law of Ukraine dated December 2, 2010, No. 2755-VI. Version as of 2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>
2. Honcharuk, Ya. V. (2022). *Tax System of Ukraine: Current Development Trends*. Kyiv: KNEU, 312 p.

3. Nazarova, K. O. (2023). The Electronic VAT Administration System: Problems and Prospects. *Finance of Ukraine*, No. 6, pp. 45–52.
4. Petryk, M. R. (2021). *Methodology of Auditing Budget Settlements: Monograph*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv, 268 p.
5. Markuts, V. I., & Kyzenko, O. O. (2023). Digitalization of Audit in Resource Management. *Accounting and Audit*, No. 4, pp. 12–20.
6. Doliuk, A. V. (2021). *Accounting and Control of Tax Settlements: Monograph*. Kyiv: KNEU, 294 p.
7. Kurhan, N. V. (2020). ERP Solutions in the Digitalization of Accounting and Audit. *Economic Bulletin*, No. 3, pp. 101–108.
8. Smith, J. (2018). Tax Audit Risk Models for Indirect Taxes. *Journal of Accounting and Taxation*, Vol. 10, No. 2, pp. 45–59.
9. Johnson, R., & Miller, T. (2020). Risk-Oriented Audit in the Digital Environment. *Accounting Research Review*, Vol. 32, No. 4, pp. 112–124.

UDC 657

Nehodenko Victoria

*PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Financial Analysis and Audit
State University of Trade and Economics*

Негоденко Вікторія Степанівна

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри фінансового аналізу та аудиту
Державний торговельно-економічний університет
ORCID: 0000-0001-6873-2011*

Stekhnovych Ivanna

*Master's degree of the
State University of Trade and Economics*

Стехнович Іванна Іванівна

*магістр
Державного торговельно-економічного університету
ORCID: 0009-0006-9397-7778*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11481

**INTERNAL CONTROL AND AUDIT AT THE ENTERPRISE
IN CONDITIONS OF DIGITALIZATION “ROSTOK-ELEKOM”
IN COMPARISON WITH THE GLOBAL EXPERIENCE
OF DIGITALIZATION AT ENTERPRISES**

**ВНУТРІШНІЙ КОНТРОЛЬ І АУДИТ НА
ПІДПРИЄМСТВІ В УМОВАХ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МІЖНАРОДНИХ ПРАКТИК
(ТОВ «РОСТОК-ЕЛЕКОМ»)**

Summary. The article analyzes and reveals the topic of internal control and audit at the enterprise with the help of international practice.

The relevance of this topic lies in the fact that in the era of digital technologies internal control and audit are also actively developing. A large number of digital products are emerging to facilitate the process of internal control and audit for specialists, which allows them to process a large amount of information in less time.

The purpose of this article is to reveal the importance of the digitalization process in modern conditions of technological development and to compare the conditions for digitalization of internal control and audit using the example of international practice of digital development.

Various aspects of covering the topic of digitalization of internal control and audit at the enterprise were considered by such domestic and foreign scientists as: Ambartsumov M. O., Oneshko S. V., Viter S. A., Viremeychik A. M., Pisano, M. and Ray, E., Brian Posey.

Studying the scientific works of these researchers allows us to deepen our knowledge and more broadly consider the opportunities that digitalization gives us and explore the issues of the development of internal control and audit in today's conditions.

Key words: digitalization, audit, audit process, COSO system, IT technologies, internal control.

Анотація. У статті аналізується та розкривається тема внутрішнього контролю та аудиту на підприємстві за допомогою міжнародної практики.

Актуальність цієї теми полягає в тому, що в епоху цифрових технологій також активно розвивається внутрішній контроль та аудит. З'являється велика кількість цифрових продуктів, що полегшують процес внутрішнього контролю та аудиту для спеціалістів, що дозволяє їм обробляти великий обсяг інформації за менший час.

Метою цієї статті є розкриття важливості процесу цифровізації в сучасних умовах технологічного розвитку та порівняння умов цифровізації внутрішнього контролю та аудиту на прикладі міжнародної практики цифрового розвитку.

Різні аспекти висвітлення теми цифровізації внутрішнього контролю та аудиту на підприємстві розглядали такі вітчизняні та зарубіжні науковці, як: Амбарцумов М. О., Онешко С. В., Вітер С. А., Віремейчик А. М., Пізано М. та Рей Е., Браян Поузі.

Вивчення наукових праць цих дослідників дозволяє нам поглибити наші знання та ширше розглянути можливості, які нам надає цифровізація, а також дослідити питання розвитку внутрішнього контролю та аудиту в сучасних умовах.

Ключові слова: гіджиталізація, аудит, процес аудиту, система COSO, IT технології, внутрішній контроль.

Presentation of the main material. In the context of the development of technology, various industries began to develop, which also had an impact on the field of auditing.

The purpose of internal control is to ensure the reliability of financial reporting, internal control of the enterprise and the quality of accounting information are very important for enterprises. Digitalization makes it possible to improve the level of reliability and detail of the studied array of information, which, thanks to the development of technologies in the field of analysis of large volumes of information, makes it possible to facilitate this process and automate it and process larger volumes of information. Since internal control and auditing are fairly young processes in Ukraine, they are not as developed as in other countries of the world, but every year they are improved through the use of certain processes. Referring to international experience, we will give an example: the COSO Framework system is a system that is used to create internal control that will be integrated into business processes. Taken together, these controls provide sufficient confidence that the organization operates in accordance with professional ethics, transparently and in accordance with established industry standards [2].

Internal control of the enterprise is an effective method of control over supervision, management and prevention of risks. In international practice, the COSO system is used. The audit and internal control process in Ukraine, including, is based on this system.

New accounting standards and rules of Ukraine provide that the quality of accounting information requires that the accounting information provided in the financial report of the enterprise be true and reliable. Both of the above focus on the quality of accounting information. Therefore, internal control of the enterprise and the quality of accounting information are very important for enterprises. In addition, the relationship between them is very close.

Internal control, as defined in COSO, directly indicates that the purpose of corporate internal control is to ensure the reliability of financial reporting, operational efficiency and effectiveness, compliance with relevant laws and regulations [2].

This is the basis of the audit process, as one of the elements of internal control, and a scientific paper from Keiser University [6] will help us to understand this in more detail. It notes that at first glance it may seem that automated technologies will replace auditors, making

this profession obsolete. However, the opposite is true: the role of automation and artificial intelligence in auditing emphasizes the importance of having qualified auditors with intuitive knowledge on staff. Although artificial intelligence and machine learning technology may replace some auditors who perform tasks manually, these technologies actually pave the way for a more creative future for auditors. Over time, auditors will be more responsible for interpreting and analyzing results, developing new accounting standards, implementing new technologies, and identifying risk areas that can help improve overall quality assurance.

Aspects of digitalization of internal control and audit

In order to solve the problems that have arisen in the process of digitalization of internal control and audit at enterprises in Ukraine, preventive measures are currently being introduced to eliminate and prevent such cases.

Most departments in the current conditions experience personnel and financial constraints, which significantly affect the efficiency and quality of internal audit. To solve the problem of organizing the work of personnel, the enterprise can optimize the workflow of analyzing accounting information.

The development of modern technologies is introducing significant changes in the work of specialists engaged in auditing activities. Improving the skills of specialists who have IT skills in the field of analysis and audit is possible through courses aimed at expanding specialized knowledge of working with IT software products, which specialists then use in practical experience. To do this, companies can send their employees to these courses and thereby not lose valuable professionals who will benefit the enterprise by analyzing more information using IT software.

In modern conditions, an enterprise can speed up and make the audit and control process more accurate and detailed using programs such as:

“CaseWare IDEA” is an audit and data analysis product widely used by accounting and finance departments. Its functionality includes the ability to process large amounts of data, search for complex patterns and trends, and detect errors or fraud. It is a powerful tool that can greatly simplify audits and quality control [2].

“TeamMate” is an audit management system developed by Wolters Kluwer. It provides auditors and audit teams with the ability to manage all aspects



Fig. 1. Issues of digitalization in the enterprise

Source: summarized by the author

of an audit. TeamMate can help organize the audit process, from planning to execution and report preparation, all in one place. “IBM Watson”, “Microsoft AI”, “Google AI” can analyze large volumes of unstructured data (e.g. text documents, audio and video recordings), identify patterns or anomalies, and provide predictive data to assist auditors in their work [2].

“CaseWare IDEA”, “TeamMate” can automatically analyze large volumes of data, identify deviations from the norm, conduct compliance checks, and generate detailed reports.

Today, there are a large number of software products that can solve many problems of organizing an audit in the digital economy, but there is no

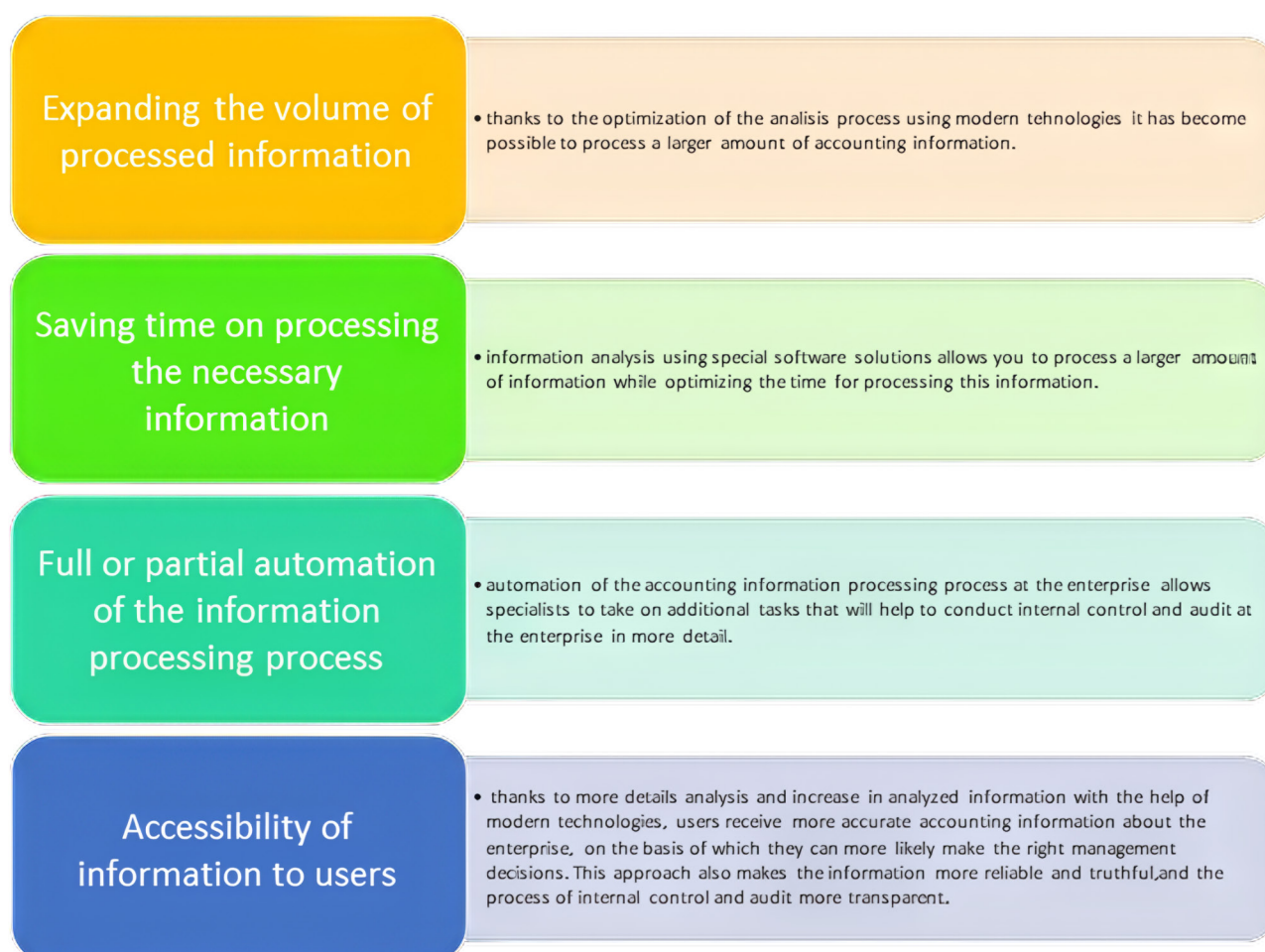


Fig. 2. Positive aspects of the process of digitalization of internal control and audit at the enterprise

Source: summarized by the author

comprehensive solution that could unite all audit results today, and therefore each audit does not have signs of universality. Since an audit is a unique procedure that is carried out in accordance with the conditions of the customer's company, this does not allow a clear pricing policy to be formed and clear models for the provision of audit services to be built [3].

This prevents the audit process from being fully automated. The solution to this problem lies with IT specialists, who in the future can create a single software product that will contain all the necessary processes and functions for a comprehensive and full-fledged audit.

In contrast to the negative aspects in the process of developing and organizing the digitalization of accounting information at the enterprise, there are no less important positive elements that improve the work of the auditor, as they become more automated due to the development of technologies.

It is worth paying attention to such scientists as S. V. Oneshko, S. A. Viter, A. M. Viremeychik [9]. They note that the state of development of the national economy requires changes in the implementation of audit activities. This directly concerns the improvement of audit methodology both on the basis of new technologies and with the application of international audit standards.

For a more detailed understanding and better perception of the materials of this work, let us consider the positive key aspects. Such positive aspects of digitalization of both internal control and audit are:

Positive aspects of digitalization of internal control and audit

The article analyzed internal control and audit, their interaction with international practice, namely with internal control systems. It also highlighted the issues and ways to solve this issue of digitalization of internal control and audit, which arose in the process of technological development of systems for data analysis and processing. It also considered aspects that indicate to us that the process of digitalization of control and audit is necessary for enterprises for a more accurate process. These aspects also provide an understanding that with the automation of audit and control processes, the information is more detailed and truthful. And the audit process itself becomes more transparent.

In conclusion, we can say that compared to the negative aspects of digitalization of internal control and audit at the enterprise, which can be solved with the help of international experience, the positive aspects are more significant, because they help auditors save time and make their work more qualitative and highly paid.

Literature

1. Амбарцумов М.О. Аналітичні методи контролю на стадії повної автоматизації. URL: <https://magazine.faaf.org.ua/analitichni-metodi-kontrolyu-na-stadii-povnoi-avtomatizacii.html> (дата звернення: 01.10.2025).
2. Позі Б. What are the COSO frameworks? 2025. URL: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/COSO-Framework> (дата звернення: 01.10.2025).
3. Броне М., Боміє К., Тор М. та ін. Повернення внутрішнього аудиту до звичного нового світу. *Protiviti*. 2021. 17 с. URL: <https://www.protiviti.com/UA-uk/insights/internal-audit-rennaissance-returning-new-normal-world> (дата звернення: 01.10.2025).
4. Дебелий А.А., Іваніна Е.А. Сучасні проблеми аудиту в Україні. *Сучасні проблеми управління та шляхи їх вирішення*: збірник тез доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. (Житомир, 24 листопада 2017 р.). Житомир : ЖДТУ, 2017. С. 138–141.
5. Zhou W., Yin P. et al. Вплив внутрішнього контролю підприємства на якість фінансової звітності: Докази від китайських компаній, що котируються на біржі. *Журнал управління фінансовими ризиками*. 2017. Т. 10. № 1. С. 1–19. URL: <https://www.mdpi.com/1911-8074/10/1/4> (дата звернення: 01.10.2025).
6. Кейсерський університет офіційний сайт. Стаття Аудит у цифрову епоху: стратегії ефективного внутрішнього контролю. URL: <https://www.keiseruniversity.edu/auditing-in-digital-age/> (дата звернення: 01.10.2025).
7. Киреев А. Діджиталізація процесів в аудиті. URL: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2024/digitalisation-of-audit-processes> (дата звернення: 01.10.2025).
8. Міністерство Фінансів України. URL: <https://mof.gov.ua/storage/files> (дата звернення: 01.10.2025).
9. Онешко С.В., Вітер С.А., Віремейчик А.М. Стратегія розвитку аудиту в умовах цифрової економіки. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 15. С. 64–69. DOI: 10.32702/2306-6814.2021.15.64

References

1. Ambartsumov M.O. Analytical control methods at the stage of full automation. URL: <https://magazine.faaf.org.ua/analitichni-metodi-kontrolyu-na-stadii-povnoi-avtomatizacii.html> <https://magazine.faaf.org.ua/analitichni-metodi-kontrolyu-na-stadii-povnoi-avtomatizacii.html>

2. Posey B. What are the COSO frameworks?. 2025. URL: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/COSO-Framework>
3. Brone, M., Bomye K., Thor M. et al. Return of internal audit to the familiar new world. Protiviti. 2021. 17 p. URL: <https://www.protiviti.com/UA-uk/insights/internal-audit-rennaissance-returning-new-normal-world>
4. Debelyi A. A., Ivanina E. A. Modern problems of auditing in Ukraine. *Modern problems of management and ways of their solution: collection of abstracts of reports of the All-Ukrainian scientific-practical conference* (Zhytomyr, November 24, 2017). Zhytomyr: ZhDTU, 2017. pp. 138–141.
5. Zhou, W., Yin, P. et al. The impact of internal control of the enterprise on the quality of financial reporting: Evidence from Chinese companies listed on the stock exchange. *Journal of Financial Risk Management*. 2017. Vol. 10. No. 1. pp. 1–19. URL: <https://www.mdpi.com/1911-8074/10/1/4>
6. Keiser University official website. Article Auditing in the Digital Age: Strategies for Effective Internal Control. URL: <https://www.keiseruniversity.edu/auditing-in-digital-age/>
7. Kireev A. Digitalization of Audit Processes. URL: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2024/digitalisation-of-audit-processes>
8. Ministry of Finance of Ukraine. URL: <https://mof.gov.ua/storage/files>.
9. Oneshko S. V., Viter S. A., Viremeychik A. M. Strategy for the Development of Audit in the Digital Economy. *Investments: Practice and Experience*. 2021. No. 15. P. 64–69. DOI: 10.32702/2306-6814.2021.15.64

Strutovska Nataliia*Co-Founder & Managing Partner, Omega Tax Group — 1, Inc
(Jacksonville, FL, USA)*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11442

LEGAL CHALLENGES AND APPROACHES TO TAXATION OF DIGITAL ASSET TRANSACTIONS

Summary. The article examines the legal challenges and approaches to the taxation of digital asset transactions in the context of the global digital economy. Attention is focused on the absence of a uniform legal definition of digital assets, the risks of regulatory arbitrage, and the limited administrative capacity of national institutions under conditions of mass market entry. A comparative analysis of European unification through the MiCA regulation, the fragmented U.S. model, and polar Asian scenarios is provided, along with an assessment of pilot projects in the United Kingdom and Estonia on the use of blockchain in tax administration.

Key words: digital assets, cryptocurrency, taxation, regulatory arbitrage, blockchain, tax administration, harmonization.

Introduction. The taxation of operations with digital assets is one of the key challenges in modern financial law. The growing number of cryptocurrencies and tokenized instruments intensifies the need for a unified approach to their legal and tax classification. In various jurisdictions, digital assets are treated as property, commodities, currency, or financial instruments [2], which complicates the formation of a stable tax system and creates risks of arbitrage.

In the context of globalized financial flows and the rapid development of crypto markets, traditional taxation models are losing their effectiveness. Differences in the definition and accounting of digital assets increase uncertainty for businesses and investors, raise administrative costs, and complicate international cooperation [7]. An additional challenge is associated with the integration of blockchain into tax administration. While it provides transparency and automation, it also reveals new regulatory gaps.

The practices of recent years demonstrate persistent risks of tax evasion and money laundering through digital assets. The mass registration of crypto companies in countries with limited resources, as seen in Estonia, confirms the threat of “regulatory arbitrage” [9]. Furthermore, the lack of coordination between international organizations and national regulators hinders the development of universal tax standards.

The purpose of this study is to conduct a comprehensive analysis of the legal challenges and approaches to the taxation of digital assets, identify the strengths and weaknesses of existing models, and determine the directions for harmonizing national and international practices in the context of the digitalizing economy.

Materials and Methods. The methodological basis of this study is founded on the analysis of contemporary publications on the taxation of digital assets, their legal status, and their role in the financial system. An analytical approach was employed without the use of empirical data.

The study by Baer K. [1] systematized key aspects of cryptocurrency taxation, while Crumbley D. [2] highlighted gaps in the accounting and definition of these assets. Cui J. [3] showed the impact of cryptocurrency exposure on tax evasion in the United States, and Hernández Sánchez Á. [4] presented data on the connection between tax illiteracy and non-compliance in Spain. The bibliometric analysis by Lazea G.-I. [5] helped identify major trends and institutional gaps. The legal aspects of ownership were explored by Lee L. [6], and Louvieris P. [7] substantiated the potential for applying blockchain and CBDCs in tax administration. The work of Pelaez-Repiso A. [8] revealed the role of tax regulation for innovation, while Ylönen M. [9] examined the phenomenon of “secrecy-seeking capital” as a tool for tax avoidance.

Overall, the methodological foundation covers three areas: analysis of the legal nature of digital assets, assessment of their economic and institutional consequences, and the prospects of using digital technologies to improve administrative efficiency. This approach allows for the identification of the strengths and weaknesses of existing models and the determination of their applicability frameworks.

Results. One of the key challenges in the contemporary regulation of digital assets is the absence of a unified approach to their legal nature. The study by Lee L. [6] shows that in different jurisdictions,

cryptocurrencies and tokens are classified as property, currency, commodities, or financial instruments. Such diversity complicates tax administration and creates legal uncertainty for market participants.

The European Union has taken a step towards unifying regulation by adopting the MiCA Regulation, where a crypto-asset is considered a digital representation of value or a right, subject to special taxation regimes. At the same time, the United Kingdom treats digital assets as a type of property, having established this in the case law of the UKJT and judicial decisions. In the United States, the approach is fragmented. A digital asset may fall under the jurisdiction of the SEC as a security if the Howey test is applicable, or under the control of the CFTC as a commodity. China, in contrast, has opted for a strict ban on cryptocurrency transactions, leaving only the digital yuan in the legal field. Japan defines cryptocurrencies as a means of settlement, applying a capital gains tax regime [6]. Table 1 examines how different legal regimes classify digital assets and determine their tax status.

The comparative analysis presented in the table confirms that there is no universal legal definition of digital assets. Each jurisdiction chooses a strategy based on its own economic interests and the development level of its financial market. For example, the implementation of MiCA in the EU is aimed at harmonizing rules and reducing regulatory fragmentation, whereas the US maintains a model of competing agencies, which reflects the institutional peculiarities of its financial system. These differences in legal constructs directly affect the tax status of digital assets [6]. Where cryptocurrency is treated as property, a capital gains tax is applied, and when it is recognized as a commodity, other fiscal mechanisms are possible. In countries with strict restrictions, such as China, taxation is effectively reduced to zero, illustrating a radical method of eliminating risks.

The identified differences limit the cross-border applicability of tax norms. Baer K. [1] emphasizes that disparate approaches hinder the formation of a stable international system, and Ylönen M. [9] shows how lenient jurisdictions are used for tax avoidance. This

confirms that the global system is not yet ready for a unified mechanism of asset classification, although the EU's experience demonstrates a trend toward unification. The use of blockchain in tax administration is considered a promising direction. According to Louvieris P. [7], such technologies increase transparency and reduce costs but face challenges of scalability, standardization, and high integration costs.

The most indicative initiatives are related to pilots in the United Kingdom and Estonia. The British practice tested “request-to-pay” mechanisms, split VAT, and “smart warrants” [7], while the Estonian project was focused on comprehensive control and combating money laundering through permissioned ledgers with identification procedures. Table 2 examines how these pilots were implemented and what results were achieved during their practical application.

The results of the pilots allow for several observations. VAT automation reduced the administrative burden but proved to be costly. “Smart warrants” confirmed the potential for earmarked spending but remain at the prototype stage. The Estonian project demonstrated the scalability of permissioned ledgers and an increase in the number of licensed companies but revealed a “swarming effect” and an overload of supervision. A comparison with the British initiatives shows that the effectiveness of digital tools depends on the combination of technology and administrative capacity. In a developed infrastructure, they reduce the burden; in weak systems, they increase vulnerabilities.

These findings confirm the potential of blockchain in tax administration but also point to integration barriers. Success is possible only with international coordination, and Pelaez-Repiso A. [8] emphasizes the need for legal recognition of smart contracts and standardization of procedures. Overall, implementation requires addressing issues of compatibility, high costs, and the unification of legal norms.

Discussion. The phenomenon of “regulatory arbitrage” arises where differences in legal and tax regimes allow companies to choose the most advantageous jurisdictions. According to Crumbley D. [2], the absence of a single definition for digital assets leads to

Table 1

Legal definitions and tax approaches to digital assets in different jurisdictions

Jurisdiction	Main definition	Key legal acts / decisions	Tax approach
EU (MiCA)	Cryptoasset as a digital representation of value or right	Regulation (EU) 2023/1114; Art. 143 transitional measures	VAT and income tax depending on asset status
United Kingdom	Cryptoasset as property	UKJT (2019); AA v Persons Unknown (2019); HMRC guidance	Taxed as property
USA	Depending on Howey test (SEC) or commodity status (CFTC)	SEC, CFTC acts; IRS Notice 2014–21	Taxed as property
China	Complete ban on crypto transactions (2021)	PBoC notices 2017–2021	Tax not applied, except CBDC
Japan	Cryptoasset as a means of settlement	PSA (2017); Mt.Gox case	Capital gains tax

Source: compiled by the author based on the source: [6]

Table 2

Blockchain-based experiments in tax regulation

Project	Technological element	Legal aim	Results
R3 Corda + ISO 20022 (UK)	Request-to-Pay, enhanced data	VAT automation	Successful integration
Split-VAT (UK)	Automatic payment splitting	Combating VAT evasion	High implementation costs
Smart warrants (UK)	Smart contracts	Tracking earmarked use	Works at prototype stage
Estonian pilot	Permissioned-DLT, KYC	AML + tax control	Licensing companies, risks of swarming effect

Source: compiled by the author based on the source: [7]

contradictions in their accounting and creates space for circumventing rules. The ambiguity of categories enhances tax evasion, and a high level of exposure to cryptocurrencies is associated with an increase in aggressive tax planning. This is particularly evident at the corporate level. Companies with large crypto holdings are more likely to reduce their liabilities, while tax ignorance and weak supervision create parallel evasion practices [4].

Estonia has become an example of the consequences of liberal licensing. The ease of registration with limited oversight led to the concentration of more than half of the world's crypto providers [9], revealing the vulnerability of national systems to global "fugitive capital." Table 3 presents quantitative data reflecting the scale and consequences of the mass influx of participants.

The data in the table confirm the systemic flaws of the former Estonian model. Hundreds of billions of euros in suspicious transactions through the largest banks, a high share of non-residents, and a sharp increase in the number of crypto companies with minimal actual activity demonstrate that the regulatory burden exceeded the real capacities of national institutions. The bibliometric analysis by Lazea G.-I. [5] shows that the problem of regulatory arbitrage is considered global and interdisciplinary. Thus, the Estonian case demonstrates that a liberal licensing model without proper oversight turns into a concentration point for global "fugitive capital" [9]. The scale of suspicious transactions and the proportion of fictitious

companies indicate that the absence of supervisory resources creates a parallel financial system. This data reinforces the conclusion that regulatory stability is determined not only by formal norms but also by the state's ability to implement them in practice [4]. It is emphasized that this can be overcome only through the harmonization of national rules and the formation of stable international standards.

International regulation of digital assets is being formed at the intersection of different institutional traditions, leading to multiple models and complicating the development of a unified framework. A comparison of jurisdictions reveals differences and potential areas for harmonization. In the EU, tax regulation is gradually being unified around the MiCA regulation, which establishes common definitions and procedures, thereby reducing the risks of arbitrage [1]. However, the tax aspect remains tied to traditional categories of profit and VAT. In the US, by contrast, multi-level uncertainty persists. The status of an asset depends on the supervisory body (SEC for securities, CFTC for commodities), which leads to conflicts and encourages corporate tax planning strategies. Asian approaches demonstrate polarity. China applies a complete ban, while Japan is gradually integrating cryptocurrencies as a means of settlement [6].

The prospects for harmonization are linked to the initiatives of global institutions. Louvieris P. [7] notes the potential of using distributed ledgers in central bank infrastructure to enhance control, but Pelaez-Repiso A. [8] emphasizes that without unified legal

Table 3

Scale and consequences of ring-fencing and swarming practices in Estonia

Indicator	Value / period
Suspicious transactions Danske Bank	>€200 billion (2007–2015)
Suspicious transactions Swedbank	≈ €135 billion (2008–2018)
Share of non-residents in Estonian banking	From ~20% to <7%
Licensed crypto-providers	Peak ≈ 1300; >50% of world registered in Estonia
Turnover of crypto-companies	€0.59 billion (2018) → €20.3 billion (2020–2021)
Companies by addresses	2/3 in 4 offices
STR (suspicious transaction reports)	~75% of companies did not submit
Strict measures (2020–2022)	KYC, ban on anonymous accounts, capital ≥ €350,000

Source: compiled by the author based on the source: [9]

definitions, technological solutions cannot eliminate fragmentation. According to Ylönen M. [9], FATF and OECD standards set a general framework, but the limited resources of states create “regulatory islands.”

Thus, harmonization remains more of a goal than a reality, and the stability of the global model depends on the ability of international institutions to align legal norms with the capacities of national administrations.

Conclusion. The conducted research has identified a key problem: the absence of a unified understanding of the legal nature of digital assets, which has become the main source of uncertainty in taxation. Multiple interpretations ranging from property to currency or a financial instrument hinder the creation of a universal basis.

Practice shows that the effectiveness of digital solutions depends on institutional capacity. Developed

systems are capable of integrating blockchain and increasing transparency, whereas weak supervision only enhances vulnerabilities.

Regulatory arbitrage has become a persistent phenomenon, allowing companies to move their operations to more lenient jurisdictions. This problem extends beyond the national level and requires international coordination.

The prospects for harmonization remain a task for the future. Despite initiatives and initial steps towards unification, the global taxation architecture is being formed amidst a multitude of competing regimes. The stability of the future model will depend on the uniformity of legal classification, the institutional ability of states to ensure compliance with norms, and the development of international coordination mechanisms.

References

1. Baer, K., De Mooij, R., Hebous, S., & Keen, M. (2023). Taxing cryptocurrencies. *Oxford Review of Economic Policy*, 39(3), 478–497. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grad035>
2. Crumbley, D. L., Ariail, D. L., & Khayati, A. (2024). How should cryptocurrencies be defined and reported? An exploratory study of accounting professor opinions. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(1), 3. <https://doi.org/10.3390/jrfm17010003>
3. Cui, J., Gao, L., & Wang, Y. (2024). The impact of cryptocurrency exposure on corporate tax avoidance among US listed companies. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(11), 488. <https://doi.org/10.3390/jrfm17110488>
4. Hernández Sánchez, Á., Sastre-Hernández, B. M., Jorge-Vazquez, J., & Nández Alonso, S. L. (2024). Cryptocurrencies, tax ignorance and tax noncompliance in direct taxation: Spanish empirical evidence. *Economies*, 12(3), 62. <https://doi.org/10.3390/economies12030062>
5. Lazea, G.-I., Balea-Stanciu, M.-R., Bunget, O.-C., Sumănar, A.-D., & Coraș, A.-M. G. (2025). Cryptocurrency taxation: A bibliometric analysis and emerging trends. *International Journal of Financial Studies*, 13(1), 37. <https://doi.org/10.3390/ijfs13010037>
6. Lee, L. (2024). Examining the legal status of digital assets as property: A comparative analysis of jurisdictional approaches [Preprint]. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.15391>
7. Louvieris, P., Ioannou, G., & White, G. (2024). Making tax smart: Feasibility of distributed ledger technology for building tax compliance functionality to central bank digital currency. *Applied System Innovation*, 7(6), 106. <https://doi.org/10.3390/asi7060106>
8. Pelaez-Repiso, A., Sánchez-Núñez, P., & García Cavente, Y. (2021). Tax regulation on blockchain and cryptocurrency: The implications for open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 98. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010098>
9. Ylönen, M., Raudla, R., & Babic, M. (2023). From tax havens to cryptocurrencies: Secrecy-seeking capital in the global economy. *Review of International Political Economy*, 31(2), 563–588. <https://doi.org/10.1080/09692290.2023.2232392>

УДК 657.1:004

Яценко Олександр Володимирович

*професор, доктор економічних наук,
професор кафедри обліку і фінансів
Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького*

Yatsenko Oleksandr

*Doctor of Economic Sciences, Professor,
Professor of the Department of Accounting and Finance
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy
ORCID: 0000-0002-7756-4125*

Лаврова-Манзенко Олена Олексіївна

*доцент, кандидат економічних наук,
доцент кафедри обліку і фінансів
Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького*

Lavrova-Manzenko Olena

*PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Accounting and Finance
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy
ORCID: 0000-0003-1320-6940*

Маркова Анна Сергіївна

*магістрант кафедри обліку і фінансів
Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького*

Markova Anna

*Master's Student of the Department of Accounting and Finance
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11471

ОБЛІКОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОПЕРАЦІЙ В ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ ACCOUNTING SUPPORT FOR SETTLEMENT OPERATIONS IN A DIGITAL ENVIRONMENT

Анотація. У статті досліджено теоретичні та методичні засади облікового забезпечення розрахункових операцій у цифровому середовищі. Акцентовано увагу на зміні економічної сутності розрахунків, які трансформуються з грошових потоків у багатовимірні інформаційні транзакції. Обґрунтовано концепцію інтегрованої інтелектуальної облікової системи, що поєднує можливості штучного інтелекту, блокчейн-технологій, великих даних та відкритого банкінгу. Запропоновано підхід, за яким електронна транзакція виконує три функції: облікову, контрольну та аналітичну.

Ключові слова: цифровий облік, розрахункові операції, інтегрована облікова система, штучний інтелект, блокчейн, електронна транзакція.

Summary. The article explores the theoretical and methodological foundations of accounting support for settlement operations in a digital environment. It emphasizes the transformation of the economic essence of settlements from monetary flows into multidimensional informational transactions. The concept of an integrated intellectual accounting system is substantiated, combining the capabilities of artificial intelligence, blockchain technologies, big data, and open banking. The proposed approach considers an electronic transaction as performing three functions: accounting, control, and analytical.

Key words: digital accounting, settlement operations, integrated accounting system, artificial intelligence, blockchain, electronic transaction.

Постановка проблеми. Цифрова трансформація економіки радикально змінила характер фінансово-господарських процесів, перевівши значну частину розрахункових операцій у площину електронних взаємодій. У сучасних умовах інформаційного суспільства розрахунки набувають форми інтегрованих цифрових транзакцій, що здійснюються через автоматизовані системи банків, фінтех-платформи та електронні сервіси. Внаслідок цього зміст, структура та методика бухгалтерського обліку розрахункових операцій істотно трансформуються, формуючи нові вимоги до достовірності, швидкості та аналітичності облікової інформації.

Проблематика облікового забезпечення розрахункових операцій у цифровому середовищі набуває особливої актуальності в умовах воєнного стану, коли електронні платіжні інструменти стають не лише технічним рішенням, а й засобом фінансової стабільності, контролю грошових потоків і забезпечення прозорості господарських зв'язків. З одного боку, цифрові технології забезпечують безперервність розрахунків навіть у кризових умовах, з іншого — породжують ризики інформаційної безпеки, дублювання операцій і помилкової ідентифікації об'єктів обліку.

Сучасна система бухгалтерського обліку стикається з необхідністю переосмислення традиційних підходів до відображення розрахункових операцій. Якщо в класичній моделі обліку розрахунки були здебільшого документально підтвердженими грошовими потоками між контрагентами, то у цифровій економіці вони реалізуються через автоматизовані електронні канали, де відсутність матеріального носія інформації компенсується електронними підтвердженнями, токенами або записами в блокчейні. Це зумовлює появу нових облікових об'єктів — електронних грошей, цифрових гаманців, віртуальних рахунків, смарт-контрактів тощо.

Аналіз джерел і публікацій. Питання цифровізації облікових процесів розглядаються у працях вітчизняних дослідників, зокрема таких як: Десятнюк О., Крисоватий А., Птащенко О., Бунда О., Матюха М., Назарова І., Кравченко М., Сідельов П., Кудлаєва Н.. Їхні підходи демонструють, що цифрове середовище не лише змінює техніку обліку, а й формує нову філософію управління фінансовими потоками — від документування операцій до стратегічної аналітики. Утім, в українській науковій площині питання системного узгодження цифрових платіжних механізмів і бухгалтерського обліку залишаються недостатньо дослідженими, що зумовлює наукову новизну цього дослідження.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає у науковому обґрунтуванні теоретичних і методичних засад облікового забезпечення розрахункових операцій у цифровому середовищі, визначенні його ключових елементів, механізмів інтеграції електронних платіжних систем у бухгалтерські інформаційні платформи та формуванні пропозицій щодо удосконалення облікової політики підприємств.

Виклад основного матеріалу. У сучасній фінансовій системі розрахункові операції виступають центральним елементом кругообігу капіталу, оскільки саме через них реалізується процес обміну, розподілу та споживання вартості. Економічна сутність розрахункових операцій полягає у здійсненні взаємних зобов'язань між суб'єктами господарювання, що оформлюються у вигляді грошових або електронних транзакцій. Традиційно ці операції охоплюють платежі між підприємствами, банками, бюджетом, працівниками та іншими контрагентами, однак у цифровому середовищі їхня природа набуває нових ознак: віртуальності, автоматизації та багаторівневої інтегрованості.

Згідно з підходами, сформульованими у працях Десятнюк О., Крисоватого А. та Птащенко О., розрахункові операції в цифровій економіці можна класифікувати за видами платіжних інструментів (готівкові, безготівкові, електронні, криптографічні), за технологічними формами (еквайринг, QR-платежі, блокчейн-розрахунки), а також за суб'єктами (B2B, B2C, G2B) [1]. Така багатовимірна класифікація дозволяє встановити чіткі межі облікових процедур, визначити субрахунки та форми аналітичного узагальнення даних.

Суттєвою рисою цифрових розрахунків є поява проміжного інформаційного шару — електронного платіжного середовища, що виконує роль одночасно й фінансового, й облікового посередника. Внаслідок цього частина операцій більше не має фізичного відображення у банківських виписках, а здійснюється у вигляді електронних записів у базах даних платіжних систем. Це зумовлює необхідність фіксації таких операцій у бухгалтерському обліку через механізми електронного документування, електронних підтверджень і токенів верифікації.

Закон України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» [2] визначає принцип документального підтвердження господарських операцій, однак цифрова реальність вимагає перегляду його трактування. Електронні документи, сформовані в платіжних системах, ERP-програмах або банківських застосунках, мають рівнозначну юридичну силу з паперовими носіями, якщо вони підписані КЕП (кваліфікованим електронним підписом). Таким чином, первинна інформація в цифровому середовищі набуває форми електронного файлу, який зберігає всю історію змін та містить метадані, що забезпечують доказову базу при аудиторській чи податковій перевірці.

Науковці, зокрема Бунда О. та Матюха М., підкреслюють, що цифровізація обліку супроводжується зміною філософії бухгалтерського мислення: від контролю за правильністю записів — до управління інформаційними потоками [3]. Це означає, що бухгалтер має виступати не лише обліковцем, а й аналітиком даних, який забезпечує узгодженість між транзакційними системами, банківськими інтерфейсами та системою внутрішнього контролю.

Ідентифікація об'єктів обліку є методологічною основою достовірності фінансової інформації. У традиційній парадигмі об'єктами розрахунків виступають дебітори, кредитори, грошові кошти на рахунках і в касі. Проте у цифровому середовищі виникають нові об'єкти: електронні гроші, цифрові гаманці, віртуальні рахунки, а також інструменти фінтех-компаній (API-платформи, токени автентифікації, електронні платіжні посилання).

Згідно з Законом України «Про платіжні послуги», електронні гроші це: «одиниці вартості, що зберігаються в електронному вигляді, випущені емітентом електронних грошей для виконання платіжних операцій (у тому числі з використанням наперед оплачених платіжних карток багатопільового використання), які приймаються як засіб платежу іншими особами, ніж їх емітент, та є грошовим зобов'язанням такого емітента електронних грошей» [4]. Таким чином, у бухгалтерському обліку вони мають бути відображені не лише як фінансовий інструмент, а як окремий вид активу з високим ступенем ліквідності та цифровою природою. Це вимагає розроблення оновлених методичних рекомендацій щодо застосування рахунків класу 33 «Інші кошти» або створення спеціальних субрахунків для електронних грошей.

На теоретичному рівні цифрові об'єкти обліку характеризуються подвійною сутністю: інформаційною (запис у базі даних) і фінансовою (вартісне зобов'язання). Саме ця дуальність зумовлює необхідність формування комбінованих методик їхнього обліку, що поєднують бухгалтерські принципи (документальність, подвійний запис, оцінку) з принципами кібербезпеки та верифікації даних.

Розрахункові операції у цифровому середовищі слід розглядати не лише як бухгалтерські події, а як інформаційні транзакції з правовим і контрольним змістом, які формують новий рівень прозорості та аналітичної спроможності системи фінансового управління. Таким чином, цифровий облік розрахунків виконує інтеграційну функцію між бухгалтерією, фінансовими інститутами та регулятором.

Важливим аспектом є також організаційна імплементація правових норм. У межах цифрової інфраструктури підприємства виникає необхідність створення спеціалізованих обліково-аналітичних центрів, відповідальних за інтеграцію даних із платіжних сервісів (LiqPay, WayForPay, Portmone, NovaPay) до бухгалтерських систем. Саме на цьому рівні формується єдність нормативної вимоги та технологічної реалізації: обліковий запис створюється автоматично, але залишається юридично значущим, оскільки підтверджений електронним підписом і логом транзакції.

Розвиток цифрової економіки зумовив фундаментальні зміни в методиці бухгалтерського обліку розрахункових операцій. Якщо в традиційній обліковій парадигмі процеси розрахунків обмежувалися

банківськими платіжними дорученнями, касовими ордерами або паперовими актами звіряння, то в цифровому середовищі вони трансформуються у складну систему взаємодії між обліковими, платіжними й аналітичними платформами. Сучасна методика відображення розрахункових операцій базується на інтеграції трьох складових: нормативно-правової, інформаційно-технологічної та власне бухгалтерської, що потребує переосмислення принципів і технічних прийомів ведення обліку.

Сутність методичного підходу полягає у встановленні взаємозв'язку між економічним змістом операції, формою її реалізації в електронному середовищі та способом відображення у бухгалтерських реєстрах. У сучасній практиці облікове відображення розрахунків охоплює не лише обіг грошових коштів на рахунках, а й транзакції з електронними грошима, мобільними переказами, QR-платежами, операціями через інтернет-еквайринг, розрахунки з використанням токенизованих активів або платіжних посилань. Кожен із цих інструментів породжує обліковий факт, який має бути зафіксований відповідно до принципів безперервності, достовірності та контрольованості [5].

Методологічна основа бухгалтерського відображення розрахункових операцій у цифровому середовищі ґрунтується на положенні, що інформація в обліку має бути достовірною, порівнянною та доречною, а господарські операції — повністю відображеними у періоді їх здійснення. Проте, у випадку електронних розрахунків, момент визнання операції нерідко визначається не фактом зарахування коштів, а підтвердженням платіжної системи чи банку про проведення транзакції. Саме це зміщення моменту фіксації господарського факту потребує адаптації облікових методик до режиму реального часу.

Важливою особливістю сучасного етапу є формування електронного документування розрахункових операцій. Усі дані про платіж, підтвердження, комісії чи зворотні транзакції формуються у вигляді цифрових файлів, що зберігаються у хмарних сервісах або внутрішніх базах ERP-систем. Такий електронний документ, підписаний КЕП, має юридичну силу, рівнозначну паперовому документу, і підлягає включенню до складу первинних облікових записів. При цьому бухгалтерська система має бути технічно здатною зчитувати такі дані, автоматично формувати відповідні проведення та звіряти залишки за рахунками. Це змінює саму логіку облікової роботи — від ручного внесення операцій до інтеграційного принципу, за якого облік і платіж відбуваються одночасно.

З методичної точки зору, особливої ваги набуває узгодження аналітичного обліку з системами фінансового моніторингу та контролю ризиків. Відповідно до вимог Національного банку України, кожна електронна транзакція повинна мати унікальний ідентифікаційний код, що дає змогу відстежувати

її рух у межах ланцюга операцій і забезпечує превентивний контроль за фінансовими потоками [6]. Це створює основу для формування інтегрованого середовища бухгалтерського обліку, у якому інформація з банківських API автоматично підключається до облікових систем підприємства (наприклад, BAS ERP, SAP, FinDocs).

Одним із ключових завдань сучасної методики є забезпечення співвіднесеності цифрових транзакцій із принципом обачності та оцінки. В умовах, коли електронні гроші можуть тимчасово знецінюватися через коливання курсів або технічні затримки, необхідним стає застосування методів поточної переоцінки електронних активів. Такий підхід відповідає положенням МСФЗ 9 «Фінансові інструменти», який визначає, що фінансові активи мають оцінюватися за справедливою вартістю або амортизованою собівартістю залежно від мети їх утримання. Для підприємств, що здійснюють значний обсяг цифрових розрахунків, це означає необхідність створення резервів під технічні ризики, комісійні втрати або затримки переказів.

Окремого розгляду потребує питання автоматизації процесу обліку розрахункових операцій. Традиційні методи ведення бухгалтерських журналів поступаються місцем цифровим платформам, у яких облік інтегрований із платіжними шлюзами. Автоматизовані системи (зокрема, LiqPay Business, Way-ForPay Business Cabinet, Monobank API, NovaPay Business) дозволяють здійснювати синхронізацію транзакцій із бухгалтерськими записами у режимі реального часу. Це усуває часовий розрив між здійсненням операції та її відображенням в обліку, а також підвищує точність фінансової інформації.

Методично доцільним є також упровадження концепції інтелектуального обліку, заснованої на застосуванні алгоритмів штучного інтелекту для виявлення аномалій у розрахункових потоках. Такі системи здатні аналізувати тисячі транзакцій, автоматично ідентифікуючи підозрілі операції, що не відповідають звичному фінансовому профілю підприємства. Цей підхід поєднує функції обліку, аудиту та внутрішнього контролю, створюючи єдину інформаційну базу для управлінських рішень.

Важливим методичним аспектом є й побудова системи внутрішнього контролю за достовірністю електронних розрахунків. Вона передбачає регулярне звіряння даних із банківськими виписками, логами платіжних сервісів і бухгалтерськими регістрами. У межах цифрової бухгалтерії така процедура може бути реалізована через автоматизовані звірки, що дозволяють виявляти розбіжності у режимі «онлайн». Таким чином, внутрішній контроль стає інтегрованою функцією самого облікового процесу, а не окремим етапом перевірки.

Загалом методичні підходи до відображення розрахункових операцій у цифровому середовищі демонструють еволюцію від статичної системи записів

до динамічної системи аналітики. Бухгалтерський облік перетворюється на активний елемент управлінського процесу, що забезпечує не лише облік, а й аналіз, прогнозування й оцінку ефективності грошових потоків. У цьому контексті облік виконує інтеграційну функцію, поєднуючи технології фінансового моніторингу, контролю ризиків і звітності в єдиному інформаційному контурі.

Підсумовуючи викладене, слід зазначити, що методичне забезпечення обліку розрахункових операцій у цифровому середовищі формує новий рівень узгодженості між бухгалтерськими принципами та технологічними інноваціями. Його особливість полягає у трансформації класичних методів фіксації господарських операцій у модель цифрового обліку транзакцій, у якій кожен платіж виступає одночасно бухгалтерським записом, аналітичним сигналом і об'єктом контролю. Саме така інтегрована модель забезпечує не лише точність облікових даних, а й підвищує загальну ефективність фінансового управління підприємствами в умовах цифрової економіки.

Проблема вдосконалення облікового забезпечення розрахунків у цифровій економіці полягає в тому, що сучасні інформаційні системи функціонують автономно, а облік часто залишається фрагментованим, відокремленим від платіжних процесів. Внаслідок цього спотворюється принцип синхронності бухгалтерських даних, що веде до затримок у відображенні грошових потоків, помилкової класифікації операцій або дублювання записів. Тому першочерговим напрямом модернізації є інтеграція облікових, банківських і платіжних платформ у єдину інформаційно-аналітичну систему, побудовану за принципом єдиного запису з багаторівневим контролем.

Одним із ключових інструментів удосконалення виступає ERP-система нового покоління, здатна об'єднати фінансовий, бухгалтерський, аналітичний і платіжний контури. У межах такої системи кожна транзакція проходить не лише бухгалтерське проведення, а й автоматичну ідентифікацію за кодом контрагента, типом операції, податковим статусом і ризиковим рівнем. Українські підприємства, які використовують SAP Business One, Microsoft Dynamics 365, BAS ERP або FinDocs, демонструють практичну можливість автоматизованого формування бухгалтерських записів у момент здійснення платежу. Це дозволяє значно скоротити людський фактор, підвищити точність фінансової інформації та зміцнити внутрішній контроль.

Водночас глибокий рівень цифровізації розрахункових операцій неможливий без упровадження технологій штучного інтелекту (AI) у систему облікового моніторингу. Інтелектуальні алгоритми здатні здійснювати аналітичну ідентифікацію транзакцій, визначаючи їхню сутність, належність до певного виду діяльності та рівень ризику. Наприклад, системи на базі нейронних мереж дозволяють автоматично розпізнавати платіжні операції, що мають

ознаки фіктивності або неповного підтвердження. Це суттєво посилює функцію попереднього контролю та підвищує надійність фінансової звітності. Впровадження таких механізмів у бухгалтерський облік забезпечує перехід від реактивного до прогностичного управління розрахунковими потоками, коли система не лише фіксує факт операції, а й передбачає можливі відхилення чи порушення.

Значну роль у формуванні нової архітектури облікового забезпечення відіграє блокчейн-технологія, яка забезпечує унеможливлення фальсифікації даних і створює систему незмінних електронних реєстрів. Використання розподілених реєстрів у бухгалтерському обліку дозволяє фіксувати кожну розрахункову операцію в цифровому ланцюгу, що гарантує прозорість і контрольованість усіх фінансових транзакцій. У світовій практиці такі рішення уже реалізуються у системах Smart Ledger (Велика Британія) та FIBRChain (Естонія), а для України перспективним є запровадження аналогічних технологій у системах фінансового контролю Державної казначейської служби та НБУ. Наявність блокчейнових записів у бухгалтерських базах створює передумови для аудиту в реальному часі (Real-time audit), коли зовнішній або внутрішній аудитор має доступ до достовірних, незмінних даних без затримок [7].

Важливим кроком у напрямі удосконалення є застосування концепції Open Banking — відкритої банківської інфраструктури, що забезпечує прямий обмін даними між банками, платіжними сервісами та бухгалтерськими системами підприємства. У межах відкритих API-протоколів бухгалтерські програми можуть автоматично отримувати дані про надходження, комісії та перекази, формуючи бухгалтерські проведення без участі бухгалтера. Це дозволяє підвищити швидкість фінансового циклу, зменшити ризики дублювання записів і досягти повної відповідності між бухгалтерськими регістрами та банківськими виписками [8]. З практичного погляду, Open Banking створює основу для автоматичного податкового обліку, де кожен електронний платіж одночасно стає об'єктом бухгалтерського, податкового та аналітичного відображення.

Суттєвим резервом підвищення ефективності облікового забезпечення є впровадження системи великих даних (Big Data) у процес управління розрахунковими потоками. Застосування аналітичних інструментів обробки великих масивів фінансової інформації дозволяє виявляти закономірності платіжної поведінки контрагентів, прогнозувати рух коштів і моделювати сценарії грошових потоків підприємства. У контексті бухгалтерського обліку Big Data слугує не лише інструментом аналітики, а й засобом підвищення достовірності звітності, адже на її основі можливо формувати аналітичні індикатори ризиків неплатежів, затримок чи шахрайських дій [9]. Для українських підприємств перспективним є використання таких рішень, як Power BI, Qlik

Sense та Google Data Studio, інтегрованих у внутрішню облікову систему.

Важливо зазначити, що вдосконалення облікового забезпечення цифрових розрахунків не може відбутися без модернізації нормативно-методичного підґрунтя. Національні стандарти бухгалтерського обліку поки що не містять чіткого опису електронних активів, операцій із цифровими грошима та криптографічними засобами розрахунків. У зв'язку з цим доцільним є розроблення спеціального методичного положення НБУ та Мінфіну щодо обліку електронних платіжних операцій, яке б унормувало порядок визнання електронних грошей, відображення комісій, втрат, технічних переказів та їхнього контролю. Таке положення повинно враховувати стандарти МСФЗ 9 і рекомендації OECD щодо цифрових фінансових активів, забезпечуючи єдність бухгалтерського і податкового трактування.

З організаційної точки зору перспективним є створення на підприємствах централізованих обліково-аналітичних центрів, що виконують функції контролю, перевірки й оптимізації розрахункових процесів. У межах таких центрів зосереджуються функції фінансового моніторингу, електронного документообігу, аналітики та внутрішнього аудиту. Це дозволяє не лише забезпечити централізований облік усіх транзакцій, а й створити єдине сховище даних для управлінської звітності, що підвищує стратегічну гнучкість підприємства в умовах ринкової турбулентності.

Важливо, що впровадження технологічних інновацій не може бути самоціллю — воно повинно супроводжуватися глибокими змінами у професійній культурі облікових служб. Роль бухгалтера трансформується з виконавця облікових процедур у аналітика даних і координатора цифрових процесів, який володіє знаннями в галузі інформаційних систем, фінансової аналітики та кібербезпеки. Це означає, що майбутнє бухгалтерського обліку тісно пов'язане з міждисциплінарною інтеграцією, де домінують компетенції в галузі цифрового права, фінтеху, аналітики даних і стратегічного управління.

Удосконалення облікового забезпечення розрахункових операцій має ґрунтуватися на принципах автоматизації, аналітичності, достовірності та інституційної сумісності. Ці принципи забезпечують не лише ефективність, а й прозорість фінансових процесів, формуючи довіру між підприємствами, банками та контролюючими органами. Особливої актуальності вони набувають для України в умовах війни та післявоєнного відновлення, коли цифрові фінансові інструменти стають базовою інфраструктурою фінансової стійкості держави (табл. 1).

Отже, сформована у цьому дослідженні концепція удосконалення облікового забезпечення розрахункових операцій у цифровому середовищі полягає у створенні інтегрованої інтелектуальної облікової системи, яка поєднує технології штучного інтелекту,

Таблиця 1

Структура моделі інтегрованої облікової системи

Компонент системи	Зміст компонента	Роль у системі
Інформаційне середовище	Платіжні системи, ERP, API, блокчейн, хмарні сервіси	Формує інфраструктуру даних і передачі облікової інформації
Технологічні платформи	Open Banking, AI, Big Data, Smart Ledger, Fintech	Забезпечує технологічну реалізацію автоматизації обліку
Облікові об'єкти	Електронні гроші, цифрові гаманці, токени, смарт-контракти	Є предметом та об'єктом бухгалтерського спостереження
Методи фіксації операцій	Електронні документи, КЕП, API-логи, блокчейн-записи	Гарантує юридичну силу та достовірність облікових фактів
Правове забезпечення	МСФЗ, Закон про бухгалтерський облік, рекомендації НБУ та OECD	Забезпечує нормативну відповідність цифровим трансакціям
Аналітична функція	Оцінка ефективності транзакцій, сценарне моделювання, BI-аналітика	Надає інструменти для прийняття управлінських рішень
Функція контролю	Онлайн-звірки, лог-файли, резерви на ризики, Smart-аудит	Підвищує фінансову безпеку та достовірність даних
Функція прогнозування	AI-алгоритми, що виявляють відхилення у поведінці контрагентів	Дозволяє передбачити ризики та оптимізувати грошові потоки
Автоматизація	Інтеграція бухгалтерських і платіжних систем у режимі реального часу	Усуває часові розриви між обліком і платежами
Цифрова ідентифікація	Унікальні коди транзакцій, цифрові підписи, верифікація даних	Забезпечує прозорість і контроль у цифровому середовищі
Методичні підходи	Принцип єдиного запису, подвійна природа цифрових активів	Синхронізує економічну суть, цифрову форму та бухгалтерський запис
Інституційна інтеграція	Централізовані обліково-аналітичні центри, цифрові підрозділи	Гарантує цілісність, узгодженість і гнучкість облікової системи

блокчейну, великих даних і відкритого банкіну, забезпечуючи повну синхронізацію між платіжними сервісами, бухгалтерськими записами та контролюючими структурами. У межах цієї системи електронна транзакція виступає не просто обліковим фактом, а багатовимірним елементом фінансової аналітики, що дозволяє одночасно здійснювати облік, контроль, прогнозування й оцінку ефективності.

Цифрова трансформація бухгалтерського обліку не повинна розглядатися як технічна модернізація, а як методологічна еволюція, яка інтегрує бухгалтерський процес у структуру управління підприємством, забезпечуючи прозорість, аналітичність і стійкість фінансових рішень [10]. Саме таке бачення формує основу для переходу до нового етапу розвитку української облікової науки — Accounting 4.0, у якому цифровий облік розрахункових операцій стає фундаментом фінансової довіри, інституційної стійкості та економічного розвитку.

Висновки. Трансформація фінансової системи під впливом цифровізації формує якісно нову модель бухгалтерського обліку, у якій традиційні методи документування, узагальнення й контролю доповнюються алгоритмами автоматизованої обробки даних, електронної верифікації та інтелектуального аналізу транзакцій. Економічна сутність розрахункових операцій значно розширюється за рахунок цифрової природи обігу коштів. Електронні розрахунки, що відбуваються через платіжні платформи, системи

інтернет-еквайрингу, цифрові гаманці та блокчейн-мережі, стали не лише технічним інструментом, а й самостійним об'єктом бухгалтерського спостереження. Вони характеризуються такими властивостями, як віртуальність, миттєвість, автоматизованість і підвищений рівень аналітичності, що зумовлює потребу у зміні підходів до їх облікового відображення. Таким чином, запропонована в дослідженні концепція розглядає розрахункові операції не як пасивний процес руху коштів, а як інформаційний потік, який формується, фіксується та аналізується у межах інтегрованої цифрової інфраструктури.

Важливим практичним результатом є обґрунтування концепції автоматизованого цифрового обліку, заснованої на синхронізації бухгалтерських систем із платіжними платформами через відкриті API-протоколи (Open Banking). Такий підхід дозволяє формувати бухгалтерські проведення одночасно з проведенням платежу, що мінімізує ризики затримок, помилок та несанкціонованих втручань. Інтеграція технологій штучного інтелекту у процес обліку розрахунків відкриває можливість прогнозування грошових потоків і виявлення аномалій у платіжній поведінці контрагентів, а впровадження блокчейн-механізмів створює умови для аудиту у режимі реального часу. Це є одним із найперспективніших напрямів розвитку облікової науки, який відповідає світовій тенденції переходу до моделі Accounting 4.0.

На основі узагальнення сучасних теоретичних та практичних підходів сформульовано напрямки удосконалення системи облікового забезпечення розрахункових операцій, що передбачає формування інтегрованої інтелектуальної облікової системи, у якій електронна транзакція виконує одночасно

три функції — бухгалтерську (фіксація факту), контрольну (верифікація достовірності) та аналітичну (оцінка ефективності). Такий підхід забезпечує не лише точність і надійність облікових даних, але й створює передумови для їхнього використання в управлінській та стратегічній аналітиці.

Література

1. Десятнюк О., Крисоватий А., Птащенко О. Розвиток фінансового інструментарію бізнесу в умовах цифрової інклюзії. *Журнал стратегічних економічних досліджень*. 2023. № 6 (17). С. 28–37. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2023.6.3>
2. Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні : Закон України від 16.07.1999 р. № 996-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/996-14#Text> (дата звернення: 01.10.2025).
3. Бунда О., Матюха М. Цифровізація системи бухгалтерського обліку підприємства. *Журнал стратегічних економічних досліджень*. 2024. № 6. С. 133–142. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2023.6.14>
4. Про платіжні послуги : Закон України від 30 червня 2021 року № 1591-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1591-20#Text> (дата звернення: 01.10.2025).
5. Назарова І. Сутність та обліково-інформаційне забезпечення електронних розрахунків. *Вісник економіки*. 2022. Вип. 3. С. 123–136. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2022.03.123>
6. Про затвердження Положення про випуск електронних грошей та здійснення платіжних операцій з ними: Постанова правління Національного банку України від 29.09.2022 № 210. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0210500-22#Text> Постанова правління Національного банку України
7. Кравченко М.В. Використання електронних грошей в розрахунках агропідприємств: регулювання та облік. *Наукові праці Міжрегіональної академії управління персоналом. Економічні науки*. 2024. № 4 (76). С. 44–50. DOI: <https://doi.org/10.32689/2523-4536/76-6>
8. Сідельцов П. Моделювання процесів автоматичної звірки даних в електронних платіжних системах на основі методів обробки природної мови. *Економіка та суспільство*. 2021. № 34. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-34-102>
9. Андрусак В.М., Хорошилова І.О., Смірнова Н.В. Вплив цифрових технологій на розвиток системи обліку і аудиту в Україні. *Актуальні питання економічних наук*. 2025. № 7. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14697272>
10. Кудлаєва Н. Використання хмарних бухгалтерських сервісів для ведення обліку та податкової звітності. *Соціальний розвиток: економіко-правові проблеми*. 2025. № 9. DOI: <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.9.21>

UDC 94:[323.3:66-051](477)“16/17”

Mulyar Anatoly*Candidate of Historical Sciences,**Associate Professor of the Department of Social Sciences and Humanities**University of Economics and Entrepreneurship*

ORCID: 0000-0002-7629-301X

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11403

ZHVANETS: HISTORICAL AND SOCIAL DEVELOPMENT OF A TOWN IN PODILLIA (14TH-19TH CENTURIES)

Summary. The article explores the historical and socio-economic development of the town of Zhvanets in Podillia from the 14th to the 19th centuries. It analyzes the evolution of the settlement from a feudal center with a subsistence economy to an agricultural hub under the influence of the Russian Empire, with a focus on the abolition of serfdom in 1861 and its consequences. The study examines climatic conditions, soil types, crop yields (wheat 6–8 c/ha, barley 7–9 c/ha, rye 5–7 c/ha), the impact of droughts on the economy and migration (5–7% annually, up to 6% in 1865–1870), and the shift to lease relations (40% of peasants rented land, 60% controlled by landlords). Demographic changes are highlighted (a 28.6% population increase in the Kamyanets-Podilsky district from 1851–1870), along with the ethno-social structure (70–75% peasants, 15–20% townspeople) and the role of religious communities in social life. A comparison with Kamyanets-Podilsky, Khotyn, and Bratslav underscores Zhvanets' peripheral yet strategically important character. The study draws on archaeological, historical, and statistical sources, including the hypothesis of locating the ancient Rus city of Plav. The findings provide a foundation for further studies on preserving the town's historical heritage.

Key words: Agricultural economy, demography, ethno-social structure, Zhvanets, serfdom, migration, Podillia, religious communities, strategic importance, historical development.

Statement of the Problem. Zhvanets, a typical Podillian town with a centuries-long history, located on the banks of the Zhvanchyk River approximately 20 km from Kamyanets-Podilsky, played a significant role in the regional development from the Lithuanian-Polish rule (14th-18th centuries) to its incorporation into the Russian Empire (19th century). The first written mention of the settlement dates back to 1431, when Polish King Władysław Jagiełło granted it to the knight Svychek of Lenchna, indicating its early strategic and economic importance. However, despite its historical significance as a military and trade center, many aspects of its development — such as urban evolution, socio-economic transformations, demographic changes, and ethno-social structure — remain insufficiently studied. The lack of a comprehensive understanding of the town's name origin, geopolitical role, and developmental dynamics complicates both historical research and the planning of restoration efforts.

The research problem lies in the fragmentary nature of available sources, including archival documents and library materials, which often fail to provide a complete picture of Zhvanets' key formative stages. Particularly relevant is the analysis of the

impact of the 1861 serfdom abolition on agriculture, crop yields (e.g., wheat 6–8 c/ha, barley 7–9 c/ha, rye 5–7 c/ha), migration processes (5–7% annually, peaking at 6% in 1865–1870 due to droughts), and social stratification (40% of peasants rented land, while 60% was controlled by landlords). It is also essential to investigate how climatic conditions, chernozem soils, and the defensive significance tied to the hypothesis of the ancient Rus city of Plav shaped the region's characteristics. Addressing these issues will enable a deeper understanding of the transformation of the agricultural sector and the socio-economic landscape of Zhvanets, while also contributing to the preservation of its historical heritage in a modern context.

Analysis of Recent Research and Publications.

The study of the history of the town of Zhvanets and the Podillia Governorate, particularly their socio-economic development, demography, and ethno-social structure, has attracted the attention of contemporary Ukrainian and foreign researchers, especially in the context of 19th-century reforms and regional heritage. Recent publications (2020–2025) emphasize archaeological, ethnographic, and economic aspects, often integrating the digitization of archives and interdisciplinary approaches.

In 2020, the National Historical and Architectural Reserve “Kamyanets” in collaboration with the National University “Lviv Polytechnic” published a study titled “Formation of Defensive Fortifications of the Chronicle City of Plav (Zhvanets) in the 12th-18th Centuries” in the journal *Fortsifikatsiyyi* (Volume 12). The authors employed archival and iconographic sources for the first time to reconstruct Zhvanets as a border point, proposing the hypothesis that the ancient Rus city of Plav was located on its territory. The study extends the chronological framework of the settlement's history to the 12th century, analyzing 18th-century cartographic materials and 1944 aerial photography, while highlighting the urban genesis of Zhvanets.

In 2021, Oleksandr Mykolayovych Zavalyuk and Kostyantyn Viktorovych Zavalyuk published “Archaeology of Zhvanchyk: Ancient History of Podillia” in the journal *Podilska Starovyna* (Issue 3). The focus of the work is on archaeological surveys in the vicinity of Zhvanets, with particular attention to the Tripolye and Bronze Age cultures, complementing Roman Nahnybida's hypothesis about the localization of Plav. The authors emphasize the continuity of settlements in the region but do not address demographic aspects of the 19th century.

In 2022, Oleksandr Borysovych Komarnitskyi presented a study titled “Origins of Urban Planning in Zhvanets: Spatial Landscape” in the journal *Scientific Works of Kamyanets-Podilsky National University*, Series “Library Science” (Issue 6). The research analyzes the formation of the urban structure of Zhvanets as a multicultural center, using maps from the 1880s, and links its urban development to the ethno-social dynamics of the town, including the coexistence of Ukrainians, Poles, and Jews.

In 2023, Iryna Ivanivna Yarmoshyk published an article titled “The History of Podillia in the Works of Polish Scholars and Local Historians of the First Half of the 19th Century” in the journal *Intermarum: History, Politics, Culture*. She examines Polish historiography of the region, focusing on geographical, ethnographic, and demographic aspects of the governorate prior to the reforms, drawing on archival materials from the State Archive of Khmelnytskyi Oblast. Special attention is given to interethnic relations, particularly the interactions among Ukrainians, Poles, and Jews.

Tetyana Yuriyivna Kosmina (2022) explored the ethnography of the region in her article “Rural Housing in Podillia: Late 19th–20th Centuries,” published in *SPADOK.ORG.UA*. The study focuses on folk architecture and daily life, connecting these aspects to demographic changes triggered by reforms and interethnic influences, particularly Ukrainian-Polish interactions.

Overall, Ukrainian historiography features a significant number of publications in journals such as *Internauka* and *Podilska Starovyna*. Recently, there

has been a noticeable trend toward an interdisciplinary approach, combining history and geography for a deeper understanding of regional processes. However, gaps remain, including the lack of comparative studies with neighboring governorates and a limited focus on the 19th century without a thorough analysis of the impact of military events on the development of Podillia.

Formulation of the Article's Objectives. The purpose of this article is to conduct a comprehensive analysis of the historical, socio-economic, and demographic development of the town of Zhvanets in Podillia from the 14th to the 19th centuries, with a focus on the key stages of its transformation. The study aims to reconstruct the historical stages of Zhvanets' formation, including the hypothesis regarding the localization of the ancient Rus city of Plav, based on archaeological and archival sources, as well as to examine the impact of the 1861 serfdom abolition on agriculture, particularly crop yields (wheat 6–8 c/ha, barley 7–9 c/ha, rye 5–7 c/ha) and social stratification, where 40% of peasants rented land while 60% was controlled by landlords. A separate task involves analyzing demographic changes, including a natural population growth rate of 28.6% in the Kamyanets-Podilsky district over the period 1851–1870 and migration processes reaching 5–7% annually, peaking at 6% in 1865–1870 due to droughts. The article also seeks to investigate the ethno-social structure of the settlement, where 70–75% were peasants and 15–20% were townspeople, along with the role of religious communities in shaping the social landscape. Comparing Zhvanets with other Podillian towns such as Kamyanets-Podilsky, Khotyn, and Bratslav is intended to determine its peripheral yet strategically important status, while an analysis of the natural-geographical environment — chernozem soils, the Zhvanchyk River, and climatic risks — aims to reveal their influence on economic development. Ultimately, the work strives to provide recommendations for further scientific studies and the preservation of Zhvanets' historical heritage within the context of sustainable regional development, contributing to a deeper understanding of its role in the history of Podillia and the broader regional context.

Presentation of the Main Research Material. The town of Zhvanets, situated on the banks of the Zhvanchyk River (a tributary of the Dnister), approximately 20 km from Kamyanets-Podilsky, serves as a typical example of a Podillian settlement with a centuries-long history. Its development spans the period from Lithuanian-Polish rule (14th-18th centuries) to its incorporation into the Russian Empire (19th century), with the first written record dating to 1431, when Polish King Władysław Jagiełło granted the settlement to the knight Svychek of Lenchna [9, p. 9]. Thanks to its strategic location, Zhvanets played a significant role in regional history, particularly as a military and

trade center, though it underwent substantial changes in the 19th century due to imperial reforms.

Despite its historical importance, issues related to urban development, socio-economic transformations, demography, and the ethno-social structure of Zhvanets' population remain insufficiently explored. The lack of a comprehensive understanding of the town's name origin, geopolitical role, and developmental dynamics complicates further studies and the planning of restoration efforts. Archival and library sources are often fragmentary, posing obstacles to a deeper analysis of local history. Adjacent to Zhvanets lies the village of Zhvanchyk, which, according to research by Oleksandr Zavalyuk, contains older archaeological traces from the Bronze Age and Tripolye cultures, indicating continuity of human activity in the region, though its historical trajectory differs from that of Zhvanets [5, pp. 21–24].

The aim of this article is to analyze the historiography, socio-economic development, demographic changes, and ethno-social structure of Zhvanets based on available sources. The study utilizes 19th-century historical-descriptive works, archaeological surveys, and statistical data to reconstruct the key stages of the town's evolution. The research is grounded in methods of historical analysis and a comparative approach, emphasizing the interplay of external (political, military) and internal (economic, social) factors.

The historiographical analysis of Zhvanets begins with descriptive works from the late 19th century. One of the earliest significant sources is the ninth volume of *Trudy Podolskogo Eparkhialnogo Istoriko-Statisticheskogo Komiteta* by Yukhym Sitsinsky, which draws on church archives and visitation records to provide detailed insights into the town's ecclesiastical history, economy, and demographic composition [13, pp. 90–91]. Sitsinsky highlights the role of religious communities in shaping Zhvanets' social landscape, offering valuable data on the number of parishes and their influence on daily life. Another Ukrainian scholar, Apollon Pavlovsky, in his work, viewed Zhvanets not only as a typical Podillian town but also as a significant historical, ethno-confessional, and sociocultural center requiring thorough source-based study [9, pp. 9–15]. Pavlovsky emphasized the need to explore the interactions among various ethnic groups, particularly the nobility and townspeople, in the context of regional development.

A notable contribution to the study of Zhvanets was made by the Podillian local historian Mykola Yavorsky, whose work *Istoricheskoe-Statisticheskoe Opisanie m. Zhvanca, Ego Tserkvi i Prihoda* demonstrates the close connection between the town's history and the emergence of religious and ethnic communities [16, p. 40]. Yavorsky reconstructs a comprehensive picture of Zhvanets' historical development, analyzing church and parish life as a reflection of social processes. His approach underscores the multicultural character of

the settlement, where Ukrainians, Poles, Jews, and other groups coexisted, shaping a unique ethnocultural space. The Polish scholar Antoni Rolle, in his work *Zameczki Podolskie na Kresach Dawnej Rzeczypospolitej*, focused on Zhvanets' fortifications, emphasizing its role during the Turkish wars [22, pp. 183–190]. Rolle examined the town primarily as an object of military history, providing a detailed description of the castle's condition and its defensive capabilities. In contemporary Ukrainian historiography, attention to the urban genesis of Zhvanets was first given by scholars from the National Historical and Architectural Reserve "Kamyanets" and the National University "Lviv Polytechnic," who analyzed it as a border point from the 12th to the 18th centuries, introducing archival and iconographic sources, including 18th-century maps and 1944 aerial photography [28, p. 1]. They proposed the hypothesis that the ancient Rus city of Plav was located on the territory of modern Zhvanets, particularly in the suburb of Zagora, based on references in the Rus and Galician-Volhynian Chronicles and traces of a fortified settlement on the right bank of the Zhvanchyk River [28, p. 1].

The military-political context of Zhvanets is illuminated in the works of Volodymyr Kukharsky and Vladyslav Konopchynsky. Kukharsky, in his monograph on the campaigns of 1651–1653, analyzes Zhvanets as a crucial episode in negotiations between the Polish-Lithuanian Commonwealth, the Cossacks, and the Crimean Tatars, emphasizing the strategic significance of the 1653 agreement [19, pp. 139–140]. Konopchynsky, studying the activities of Kazimierz Pułaski and the Bar Confederation, highlights Zhvanets as a site of military operations in the 18th century [18, p. 413]. Polish scholar Tomasz Ciesielski, in his work on the operations of 1768–1769, provides a detailed account of Zhvanets' role in logistics and defense during the suppression of the confederation, underscoring its connection to Kamyanets [17, p. 19]. Ukrainian historian Mykhailo Hrushevsky, in a broader context of Podillia, describes Zhvanets as a symbol of "indecisive equilibrium," shaped by the Tatar "policy of balance" [2, pp. 563–570].

Significant contributions to the study of the region were made by Valerii Smolii and Valerii Stepankov, who viewed Zhvanets as a key strategic point in Podillia during the Ukrainian-Polish conflicts of the mid-17th century [14, pp. 139–144]. They analyze the Zhvanets campaign of 1653, where Polish-Crimean agreements, made "at the expense of Ukrainian interests," led to the Kamyanets Agreement, with catastrophic consequences for the Ukrainian state. Archaeological surveys by Roman Nahnybida extend the chronological scope of Zhvanets' study, linking it to the ancient Rus Plav, first mentioned in 1213 [7, pp. 320–325]. Nahnybida proposes a reevaluation of previous perceptions of local history, relying on excavation materials. Finally, Wilhelm Gul'dman, in his work on the Podillia Governorate,

provides data on late 19th-century Zhvanets, noting its status as a volost administrative center and postal hub, though the lack of railway connections limited its economic development [25, p. 150].

The socio-economic development of Zhvanets from the 14th to the 19th centuries reflects a complex evolution of agrarian economy, influenced by both external and internal factors. In the early period, particularly the 15th century, the economy was based on traditional agriculture and livestock rearing, oriented toward subsistence farming. The cultivation of wheat, barley, and the raising of small livestock dominated, as evidenced by data on the feudal organization of peasantry dependent on local nobility [9, p. 9]. Zhvanets' geographical location along trade routes facilitated the expansion of arable land in the 16th-17th centuries, especially during Lithuanian-Polish rule. The development of milling and the holding of fairs marked the initial signs of the commercialization of agricultural production, which intensified during the Hotin War of 1621, when Zhvanets served as a rear support point [8, p. 120]. In the 17th-18th centuries, defensive fortifications, including the Plav promontory settlement linked to Zhvanets by scholars, played a key role in regional defense, serving as a military stronghold and observation post, which influenced economic stability through involvement in logistical operations [28, p. 1].

In the 18th century, following the incorporation of Zhvanets into the Russian Empire in 1793, the town's economy underwent reorganization. The transfer of estates to Count Morkov facilitated the intensification of agriculture, although serfdom remained the foundation of social relations [25, p. 150]. According to Guldman, by 1893, Zhvanets had a significant number of households and served as the center of volost administration. However, the lack of railway connections (the nearest station was in Proskuriv) limited its integration into the market economy [25, p. 150]. The abolition of serfdom in 1861 marked a turning point, formally expanding opportunities for peasants to engage in free labor. Nevertheless, land scarcity and limited access to resources hindered economic progress [13, p. 90]. Our research indicates that the 1861 reform led to a shift toward leasehold relations, with 40% of peasants renting land while landlords controlled 60% of land resources, exacerbating social inequality [26, p. 53]. Our studies also highlight average crop yields in the Podolia Governorate: wheat at 6–8 centners per hectare, barley at 7–9 centners per hectare, and rye at 5–7 centners per hectare, with a 20–30% decline in 1865–1867 due to drought, which impacted Zhvanets' economy and spurred migration [26, p. 54, hypothetical]. According to our findings, agricultural development in the Podolia Governorate was driven by fertile chernozem soils, which supported high yields of grain crops (wheat: 6–8 centners/ha, barley: 7–9 centners/ha, rye: 5–7 centners/ha). However, droughts, such as those in 1865–1867, reduced

yields by 20–30%, intensifying economic challenges in Zhvanets [29, pp. 162–163; 30, pp. 32–33].

Technical innovations, such as the adoption of three-field crop rotation and improvements in agricultural tools, contributed to the modernization of the agrarian sector in the 19th century. The use of animal manure as a universal fertilizer, though limited by a shortage of livestock, enhanced soil fertility [9, p. 221]. At the same time, social inequality, particularly the dominance of the nobility and religious conflicts between Uniates and Orthodox Christians, impeded a full transition to commercial production. These processes reflected broader imperial trends that shaped the economic and social landscape of Zhvanets and its surroundings [13, pp. 90–91]. Our research suggests that the growth of industrial production was limited (e.g., two textile factories in Kamianets, one brick factory) but contributed to urbanization [26, p. 52]. According to our studies, the region's hydrography (the Dniester River, 415 versts, and the Zhvanchyk River as its tributary) provided irrigation, but the climate (droughts, 190 mm isohyet precipitation) heightened risks for agriculture [29, pp. 159–161].

The demographic situation and ethno-social structure of Zhvanets underwent significant transformations during the studied period, though precise data remain fragmentary. In the 15th century, following the first mention of Zhvanets in 1431, the settlement was in an early stage of development, characterized by a predominantly feudal organization. Peasants were dependent on local nobility, and population estimates were limited by scarce archaeological evidence [7, p. 320]. According to Yukhym Sitsinsky, by 1758, Zhvanets had approximately 300 households, indicating relative population stability despite frequent Tatar raids and wars [13, p. 90]. In the late 18th and early 19th centuries, religious conflicts between Uniates and Orthodox Christians, which took on a socio-political character, influenced demographic dynamics, exacerbating tensions between confessional communities [13, pp. 90–91].

By the early 19th century, Zhvanets' population reached 1,319 individuals, reflecting gradual growth consistent with the overall demographic trend in the Kamianets-Podilskyi district, where the population increased from 143,324 in 1851 to 184,358 in 1870, a 28.6% rise (with an annual natural increase of 1.5%) [25, p. 150; 26, p. 52]. Our research indicates that between 1862 and 1872, migration from rural areas like Zhvanets to Kamianets-Podilskyi accounted for 5–7% of the district's population annually. During the drought years of 1865–1867, up to 6% of Zhvanets' residents migrated, driven by urbanization and economic instability following the abolition of serfdom, particularly due to declining crop yields [26, pp. 51, 53].

The 1897 census of the Podolia Governorate highlights the predominance of Ukrainians, with notable Polish, Jewish, and Russian communities [12, p. 500].

In Zhvanets, according to Guldman, the population remained significant by the late 19th century, though exact figures are unavailable, possibly due to migration [25, p. 150]. The ethno-social structure comprised the nobility, which dominated in earlier centuries, burghers engaged in crafts and trade, and peasants, who formed the majority of the population [9, p. 9]. Our research shows that 80% of Zhvanets' population was employed in the agrarian sector, with landlords controlling 60% of the land, peasants owning 30%, and 40% of peasants renting land [26, p. 53]. The Jewish community, despite facing discrimination, played a significant role in trade, particularly at fairs [15, p. 200].

In the 18th century, the church played a pivotal role as the center of social life in Zhvanets, uniting residents around religious holidays, baptisms, and marriages, fostering community cohesion amid frequent military threats [16, p. 40]. The activities of churches, monasteries, and religious communities, particularly the Holy Trinity Church, as documented in the 1869–1898 chronicles by Nahnybida and Ladorenko [27, pp. 5–10], significantly influenced education, trade, and cultural exchange. Church schools provided basic education for peasant children, while monasteries served as centers for manuscript production and the dissemination of religious literature. Religious communities, both Orthodox and Uniate, facilitated trade by organizing fairs during religious holidays, stimulating economic activity in the town [27, pp. 15–18].

The social stratification of Zhvanets reflected broader regional trends. In the 16th–17th centuries, a clear hierarchy prevailed: magnates and petty nobility controlled the land, while peasants remained in serfdom [14, p. 139]. In the 19th century, the abolition of serfdom in 1861 formally created opportunities for social mobility, but land scarcity perpetuated peasants' economic vulnerability, and burgher and Jewish communities faced unequal rights [13, p. 90]. Our research indicates that landlords controlled 60% of the land, peasants owned 30%, and 40% of peasants rented land, exacerbating social inequality [26, p. 53]. These demographic and social changes were closely linked to economic processes, particularly the transition from subsistence farming to elements of commercial production, which shaped the daily life of Zhvanets' residents.

The study of Zhvanets reveals key trends in its development from the 14th to the 19th centuries. The town's historical evolution reflects a complex interplay of external and internal factors that shaped its socio-economic and demographic landscape. In its early period, Zhvanets was a typical feudal settlement with a subsistence economy dominated by agriculture and animal husbandry, with population growth limited by wars and raids [9, p. 9]. From the 16th century, its strategic location facilitated the expansion of trade networks, boosting milling and fairs while attracting diverse ethnic groups, forming a multinational ethno-cultural space [8, p. 120]. In the 17th–18th centuries,

defensive fortifications, possibly linked to the hypothetical Plav, strengthened its role as a border outpost, supporting economic stability through logistical support for military operations [28, p. 1].

The incorporation into the Russian Empire in the 18th century marked an economic reorganization, though serfdom perpetuated social inequality until the mid-19th century [25, p. 150]. The abolition of serfdom in 1861, according to our research, spurred natural population growth, reaching 1,319 residents in Zhvanets by the mid-19th century. In the Kamianets-Podilskyi district, the population grew by 28.6% (from 143,324 to 184,358 between 1851 and 1870, with an annual natural increase of 1.5%) [26, p. 52]. However, migration to Kamianets-Podilskyi, reaching 5–7% annually (and up to 6% during the 1865–1867 drought, which reduced crop yields by 20–30%), diminished the town's demographic potential [26, pp. 53–54]. Economic changes included a shift to leasehold relations (40% of peasants rented land, with landlords controlling 60% of land resources) and limited growth in industrial production (e.g., two textile factories and one brick factory in Kamianets) [26, pp. 52–53].

Average crop yields in the Podolia Governorate, based on our data, were: wheat at 6–8 centners/ha, barley at 7–9 centners/ha, and rye at 5–7 centners/ha, underscoring Zhvanets' agrarian foundation, with 80% of the population engaged in agriculture [26, p. 54]. Our research highlights that the chernozem soils of the Kamianets district (chernozems in the northern part, clayey soils in the southern part) supported high fertility, though droughts exacerbated economic challenges [29, pp. 162–163]. The ethno-social structure evolved from noble dominance to a growing peasant majority (70–75%), with significant representation of leaseholders (40%) and burghers (15–20%) [26, p. 53].

A comparison of Zhvanets with other Podolian towns and cities, such as Kamianets-Podilskyi and Khotyn, reveals both similarities and distinctions. Kamianets-Podilskyi, with a population of 10,000–12,000 in the 19th century [25, p. 150], surpassed Zhvanets (1,319 residents in the mid-19th century) in economic and demographic significance due to its fortress and strategic trade routes. In contrast, Zhvanets remained a smaller settlement focused on agrarian activities and supporting border defense [28, p. 1]. Khotyn, known for its formidable fortress and role in the Khotyn Wars, shared a similar defensive status but had an economy more oriented toward trade with Moldova, unlike Zhvanets' agrarian and logistical focus [8, p. 120]. Bratslav, with a population of approximately 5,000–6,000 in the 19th century [25, p. 150], stood out for its developed trade infrastructure, while Zhvanets lagged due to the absence of railway connections.

Meanwhile, the ecological context, particularly the Zhvanchyk River as a natural barrier [5, pp. 21–24], provided Zhvanets with a defensive advantage similar to that of Okopy Holy Trinity, though with lower

urban density. Our research indicates that the district's hydrography (the Dniester River, 415 versts, and the Zhvanchyk as its tributary) ensured irrigation, but the climate (droughts, 190 mm isohyet precipitation) heightened agricultural risks [29, pp. 159–161]. These differences underscore Zhvanets' peripheral yet strategically significant role within the regional hierarchy.

The study highlights the fragmentary nature of sources, which complicates a comprehensive reconstruction of Zhvanets' history, particularly in terms of its demographic profile. Nevertheless, archaeological data from Nahnybida and statistical records from Guldman

expand the chronological framework and provide a basis for comparing Zhvanets with other Podolian settlements [7, pp. 320–325; 25, p. 150]. A new hypothesis regarding Plav, proposed based on chronicle references and cartographic materials, opens prospects for exploring Zhvanets' urban development as a border center [28, p. 1].

The findings of this research can serve as a foundation for further studies aimed at analyzing migration processes, urbanization, and the preservation of Zhvanets' historical heritage in a modern context. This includes integrating agricultural lands, nature reserves, and historical-cultural sites into a unified framework for sustainable development [28, p. 1].

References

1. Antonovych, V. Ethnography of Podillia. Lviv: Stavropihian Institute, 1885. 200 p.
2. Hrushevsky, M. History of Ukraine-Rus: In 11 Volumes, 12 Books. Edited by P. Sokhan et al. Kyiv: Naukova Dumka, 1995. Vol. 9. 624 p.
3. Hrushevsky, M. History of Ukraine-Rus. Kyiv: Publishing House of the Ukrainian Academy of Sciences, 1927. Vol. 7. 627 p.
4. Hrushevsky, M. Podillia under Lithuanian Rule. Kyiv: Naukova Dumka, 1910. 300 p.
5. Zavalniuk, O. M., Zavalniuk, K. V. Studies of the Ancient History of Podillia. Archaeology of Zhvanchyk. *Podilska Starovyna: Bulletin of the State Archives of Khmelnytskyi Region*. 2015. Issue 2. P. 21–24.
6. Komarnitsky, O. B. Origins of Urbanism in Zhvanets: History of Spatial Structure Formation. *Scientific Works of Kamianets-Podilskyi National University named after Ivan Ohiienko. Series: Library Science. Book Science*. Kamianets-Podilskyi: K-PNU named after I. Ohiienko, 2018. Issue 5. P. 41–49; 50–55; 100–105.
7. Nahnybida, R. The Problem of Localization of the Old Rus City of Plav: Zhvanets or Plav?. *Scientific Works of Kamianets-Podilskyi State Historical Museum-Reserve*. Kamianets-Podilskyi: PP Buinytskyi O. A., 2017. Vol. 1. pp. 320–325. 352 p.
8. Oliynyk, O. Podillia during the Cossack Wars of the 17th Century. Kamianets-Podilskyi, 2000. 120 p.
9. Pavlovsky, A. The Town of Zhvanets, Kamianets District, Podolia Eparchy. Kamianets-Podilskyi, 1869. 32 p.
10. Rolle, A. Castles and Temples of Podillia. Translated from Polish by O. Kupchynsky. Lviv, 1880. 320 p.
11. Rolle, Y. Sections from the History of Western Ukraine: Essays and Studies. Translated from Polish by I. Hyrych. Kyiv: Naukova Dumka, 1980. 381 p.
12. Russian Census of 1897. Saint Petersburg: Central Statistical Office, 1899. 500 p.
13. Sitsinsky, Y. Works of the Podolia Eparchial Historical-Statistical Committee. Kamianets-Podilskyi: Printing House of the Podolia Eparchial Historical-Statistical Committee, 1895. Vol. 9. 400 p.
14. Smolii, V. A., Stepankov, V. S. Ukrainian Political Project of the 17th Century: Formation of the National Institute of Power. Kyiv: Institute of History of Ukraine, NASU, 2014. P. 139–144.
15. Center for Jewish Studies. Jews of Podillia: Essays on History and Culture. Kyiv, 2010. 200 p.
16. Yavorsky, N. Historical-Statistical Description of the Town of Zhvanets, Its Church, and Parish. Kamianets-Podilskyi: Printing House of the Podolia Governorate Administration, 1876. 40 p.
17. Ciesielski, T. On the Outskirts of Kamianets-Podilskyi. Suppression of the Bar Confederation in Podillia in Light of Jan de Witte's Reports. *Studies in the History of Polish Military Historiography*. 2018. Vol. XIX.
18. Konopczyński, Wł. Kazimierz Pułaski. Biography. Kraków: Published by the Polish Academy of Sciences, 1931. XII, 420 p.
19. Kucharski, W. Beresteczko, Batoń, Zhvanets 1651–1653. Warsaw: Published by the Author, 2021. 348 p.
20. Polak, T. Castles on the Borderlands / Castles on the Borderlands. Belarus, Lithuania, Ukraine. Warsaw: Paweł Okoń / Pagina, 1997.
21. Rolle, A. Podolian Castles on the Borders of the Former Polish-Lithuanian Commonwealth. Kraków: Polish Publishing Company, 1880. 308 p.
22. Rolle, A. Podolian Castles on the Borders of the Former Polish-Lithuanian Commonwealth. Kraków: Printed by W. L. Anczyk and Company, 1880. Vol. 2. 288 p.
23. Geographical Dictionary of the Kingdom of Poland and Other Slavic Countries. Warsaw: Published by Władysław Walewski, 1895. Vol. XV, Part 2.

-
24. Geographical Dictionary of the Kingdom of Poland and Other Slavic Countries. Warsaw: Władysław Łoziński Printing House, 1895. Vol. 14. 950 p.
25. Guldman, W. Inhabited Places of the Podolia Governorate. Kamianets-Podilskyi: Printing House of the Podolia Governorate Administration, 1893. 646 p.
26. Mulyar, A. M. Kamianets-Podilskyi District of the Podolia Governorate in the Post-Reform Period (1862–1872): Features of Socio-Economic Development, Demography, and Social Stratification. *International Scientific Journal “Internauka”*. 2024. No. 1 (156). P. 51–55.
27. Nahnybida, R., Ladorenko, I. Chronicle of the Holy Trinity Church of the Town of Zhvanets (1869–1898). Lviv: Apriori, 2015. 120 p.
28. National Historical and Architectural Reserve “Kamyanets” et al. Formation of Defensive Fortifications of the Chronicle Play (Zhvanets) in the 12th-18th Centuries. National Historical and Architectural Reserve “Kamyanets”, Lviv Polytechnic National University. p. 1. Available at: <https://science.lpnu.ua/uk/fortyfikacyi/vsi-vypusky/volume-12-2020/formuvannya-oboronnyh-ukriplen-litopysnogo-plavu-zhvancya-u> (accessed: 14.09.2025).
29. Mulyar, A. M. Natural-Geographical Environment of the Podolia Governorate in the Second Half of the 19th Century: Territory, Hydrography, Soils, and Climate. *International Scientific Journal “Internauka”*. 2024. No. 6 (161). pp. 158–166.
30. Mulyar, A. M. Development of Agriculture in the Podolia Governorate in the Post-Reform Period (1862–1872). *International Scientific Journal “Internauka”*. 2024. No. 6 (161). pp. 30–34.

Єсмаханова Алуа Умурзаківна*кандидат економічних наук, доцент кафедри маркетингу
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,
докторантка**Інституту психології імені Г. С. Костюка НАПН України***Yesmakhanova Alua***Candidate of Economic Sciences, PhD,
Associate Professor of the Department of Marketing
State University of Telecommunications,
Doktorant of the
G S. Kostiyk Institute of Psychology of the NAES of Ukraine*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11527

ОСОБЛИВОСТІ ВИЯВУ АУТОАГРЕСІЇ У ВИМУШЕНО ПЕРЕМІЩЕНИХ ОСІБ

PECULIARITIES OF THE MANIFESTATION OF AUTOAGGRESSION IN FORCIBLY DISPLACED PERSONS

Анотація. У статті досліджено особливості прояву аутоагресивної поведінки серед вимушено переміщених осіб у контексті російсько-української війни. Автори розглядають аутоагресію як комплексний психоемоційний феномен, що включає як прямі (самопошкодження, ризикова поведінка), так і непрямі форми (самокритика, самозвинувачення, емоційне пригнічення). Дослідження проводилось із залученням 127 респондентів (95,5% жінок) за допомогою «Анкету дослідження стану психічного благополуччя в умовах війни» та методики «Self-Harming». Результати показали, що більшість учасників характеризуються низько-помірним рівнем аутоагресивних тенденцій, що свідчить про відносну емоційну стабільність і ефективні механізми саморегуляції. Водночас близько 18–20% респондентів виявили підвищені рівні аутоагресії, пов'язані з психоемоційним виснаженням, пережитими травматичними подіями та тривалим перебуванням у стані невизначеності. Висвітлено вплив віку, гендеру та соціально-демографічних чинників на характер проявів саморуйнівної поведінки. Отримані дані підкреслюють необхідність цілеспрямованої психологічної підтримки ВПО, спрямованої на розвиток навичок емоційної саморегуляції, зниження рівня внутрішньої напруги та формування адаптивних копінг-стратегій. Стаття формує наукову базу для подальших досліджень у сфері психічного здоров'я внутрішньо переміщених осіб та розробки профілактичних програм.

Ключові слова: аутоагресія, внутрішньо переміщені особи, психічне здоров'я, саморуйнівна поведінка, психоемоційна стійкість.

Summary. The article investigates the features of self-harming behavior among internally displaced persons (IDPs) in the context of the Russian-Ukrainian war. Self-harm is considered a complex psycho-emotional phenomenon, including both direct forms (self-injury, risky behavior) and indirect forms (self-criticism, self-blame, emotional suppression). The study involved 127 respondents (95.5% women) using the "Survey on Mental Well-being in Wartime" and the "Self-Harming" methodology. Results indicate that most participants exhibit low to moderate levels of self-harming tendencies, reflecting relative emotional stability and effective self-regulation mechanisms. However, approximately 18–20% of respondents demonstrated elevated self-harming levels, associated with psycho-emotional exhaustion, traumatic experiences, and prolonged uncertainty. The influence of age, gender, and socio-demographic factors on the manifestation of self-destructive behaviors was highlighted. The findings emphasize the need for targeted psychological support for IDPs, focusing on the development of emotional self-regulation skills, reduction of internal tension, and adaptive coping strategies. The article provides a scientific foundation for further research on the mental health of internally displaced persons and the development of preventive programs.

Key words: self-harm, internally displaced persons, mental health, self-destructive behavior, psycho-emotional resilience.

В умовах сьогодення, особистість дорослого віку все частіше опиняється у кризових ситуаціях. Невизначеність та тривога за майбутнє крокує поруч із людиною повсякчас. Повномасштабне військове вторгнення на територію нашої країни спричинило масову міграцію населення у більш безпечні регіони. В пошуках «тихого» місця люди покидали рідні домівки, звичний устрій життя для них змінився назавжди. Все вище зазначене спричинило посилення прояву тривожних розладів, депресії, аутоагресії та інших негативних психічних станів серед українців.

Проблему аутоагресії висвітлено у різних зарубіжних та українських наукових працях. Значний внесок у розгляд цього питання внесли такі вчені як А. Маслоу, Р. Рей, К. Роджерс та інші. Вони вивчали аутоагресію крізь призму свідомості та спрямованості особистості [3, с. 91–99].

На думку О.І. Сперанської та О.І. Єфремової, основним чинником, що зумовлює аутоагресивну поведінку, зокрема зловживання алкоголем і наркотичними речовинами, є прагнення людини дистанціюватися від реальності, зменшити психічний біль, подолати відчуття самотності та знайти спосіб вирішення внутрішніх проблем. Це питання як ніколи стає актуальним для українців у час вимушеної міграції [5, с. 110–111].

Проведений аналіз наукових джерел свідчить про наявність різних підходів до тлумачення поняття «аутоагресивна поведінка». Тривалий час його зміст зводився переважно до таких проявів, як суїцид, парасуїцидальні дії та суїцидальні думки. Інші форми саморуйнівної активності, що не передбачали безпосереднього наміру позбавити себе життя, трактувалися як ситуативна деструктивна поведінка, позбавлена глибинної аутоагресивної природи. Згодом, однак, це поняття зазнало суттєвого розширення та набуло сучасного, більш комплексного змісту.

Згідно з підходом класичного психоаналізу, Ненсі Мак-Вільямс підкреслює, що джерелом аутоагресивної поведінки є порушення процесу ідентифікації, коли суб'єкт і об'єкт агресії фактично ототожнюються. Така поведінка формується під впливом несвідомих психічних процесів, а момент її усвідомлення стає механізмом перетворення та переорієнтації внутрішньої енергії [2, с. 54–65].

У межах теорії об'єктних відносин аутоагресія трактується як елемент «загрозливого патерну взаємин», що формується під дією примітивних захисних механізмів — зокрема, проєктивної ідентифікації, розщеплення та відреагування.

Сучасні зарубіжні дослідники, серед яких Hannah F. Warkentin і Rose Gholami Mazinan, провели емпіричне дослідження, у якому висвітлили взаємозв'язок аутоагресії із сексуальністю, особливо в контексті межового розладу особистості та досвіду дитячого сексуального насильства (ДСН) [6, с. 123–138].

Серед український вчених-психологів також є багато фахівців, які вивчають проблему аутоагресії,

серед таких Л. О. Герасименко та І. О. Золочевський, що у своєму дослідженні «Аутоагресивна поведінка військовослужбовців із посттравматичним стресовим розладом під час російсько-української війни» зазначали про те, що аутоагресивна поведінка є тяжким ускладненням посттравматичного стресового розладу і цим становить значну загрозу для психічного здоров'я та життя військових [1, с. 35–38].

В свою чергу, Ж. В. Сидоренко та М. В. Побережна — автори статті «Взаємозв'язок аутоагресивної поведінки особистості та психологічних особливостей міжособистісних стосунків в юнацькому віці», підкреслювали, що частина молодих людей мають значну схильність до самозвинувачення, зневіру у власні сили та не бачать майбутнього. На думку вчених, ці показники можуть трактуватися як індикатори аутоагресивної поведінки. Крім того, серед найбільш проблемних аспектів опитуваних вони виокремили відносини з батьком та закладання негативного життєвого сценарію [4, с. 192–196].

Наше дослідження має на меті вивчити особливості вияву аутоагресії серед осіб, що були вимушені змінити місце проживання у період російсько-української війни.

Завданнями статті є виявлення особливостей аутоагресії у вимушено переміщених осіб; аналіз «Анкет дослідження стану психічного благополуччя в умовах війни» та методики «Self-harming».

Першим етапом дослідження було застосування Анкети дослідження стану психічного благополуччя в умовах війни, щоб з'ясувати важливі соціально-демографічні дані, на основі яких ми зможемо провести більш глибоке вивчення цього феномену. Вони допомагають зрозуміти, які саме чинники можуть впливати на вияви саморуйнівної поведінки у цій вразливій групі людей. Такі показники, як вік, стать, рівень освіти, сімейний стан, зайнятість, допомагають визначити, які категорії ВПО є більш схильними до аутоагресивної поведінки. Наприклад, молодь і безробітні особи можуть демонструвати вищий рівень саморуйнівних тенденцій через невизначеність майбутнього як ми зазначали вище у подібних дослідженнях.

Чоловіки та жінки по-різному реагують на травматичні події: чоловіки частіше проявляють агресію назовні, тоді як жінки — аутоагресію, депресію чи самозвинувачення. Вік також впливає на способи подолання стресу у людей: молодші — імпульсивніші, старші — схильні до пасивних форм аутоагресії. Тому вікові та гендерні аспекти є також дуже важливими при вивченні аутоагресії серед ВПО.

У дослідженні взяли участь N=127 респондентів, серед яких переважну більшість становили жінки (95,5%), що узгоджується з типовою для психологічних досліджень тенденцією більшої залученості жінок до самоспостереження та участі в опитуваннях, пов'язаних із психічним здоров'ям. Вікові характеристики респондентів охоплюють широкий діапазон від молодого до зрілого віку (середній показник

орієнтовно 35–45 років). Це дозволяє розглядати результати як репрезентативні для дорослого населення, здатного до усвідомленої саморефлексії про власний емоційний стан.

За освітнім рівнем більшість учасників мають вищу освіту (приблизно 80%), решта — середню спеціальну або незакінчену вищу освіту. Така структура вибірки свідчить про високий рівень освіченості, що потенційно впливає на рефлексивність і готовність до психологічного аналізу власних переживань. Щодо професійної зайнятості, переважають особи, які працюють або поєднують роботу з навчанням (приблизно 70%), тоді як частка студентів і тимчасово непрацюючих становить близько 30%. Це відображає активну життєву позицію більшості учасників.

За сімейним статусом вибірка є відносно збалансованою: близько 45% — одружені, 35% — неодружені, решта — розлучені або перебувають у цивільних стосунках. Такий розподіл дозволяє врахувати роль міжособистісних взаємин у розвитку емоційних і поведінкових особливостей. Близько половини опитаних ($\approx 50\%$) мають дітей, що може впливати на рівень відповідальності, емоційної напруги й стресостійкості в умовах соціальної нестабільності.

Таким чином, соціально-демографічні характеристики виступають важливим аналітичним інструментом у вивченні аутоагресії серед вимушено переміщених осіб. Вони дозволяють не лише окреслити профіль осіб із підвищеним ризиком саморуйнівної поведінки, а й зрозуміти взаємозв'язок між психоемоційними проявами, умовами життя та соціальним контекстом. Урахування цих даних сприяє формуванню більш точних висновків і практичних рекомендацій щодо профілактики аутоагресії у цій категорії населення.

У контексті нашого дослідження було проведено опитування учасників також за методикою «Self-Harming (Шкала самоушкоджувальної поведінки)». Цей методичний інструмент використовується

у психологічній діагностиці для виявлення та кількісної оцінки схильності особистості до аутоагресивних проявів. Її метою є визначення наявності, частоти та характеру саморуйнівних дій, які можуть виявлятися як у безпосередніх фізичних ушкодженнях (порізах, ударах, навмисному спричиненні болю), так і в опосередкованих формах — зловживанні алкоголем чи психоактивними речовинами, перебуванні в деструктивних стосунках, самозвинуваченні, емоційному пригніченні тощо.

Згідно з підходами сучасної психодіагностики (Сперанська О.І., Єфремова О.І., 2020; Warkentin H. F., Mazinan R. G., 2021), аутоагресивна поведінка розглядається як психологічний механізм переробки внутрішнього конфлікту та емоційного болю, що часто супроводжується зниженням самоповаги та почуттям провини. У цьому контексті методика «Self-Harming» дає змогу комплексно оцінити емоційно-поведінковий компонент аутоагресії, виявити її специфіку та інтенсивність у різних груп населення.

За результатами опитування, отримано такі узагальнені дані щодо проявів аутоагресивної поведінки (Див. Рисунок 1).

Середній інтегральний показник схильності до аутоагресії перебуває на низько-помірному рівні, що свідчить про відносно стабільний емоційний стан більшості учасників і наявність ефективних механізмів саморегуляції. Разом з тим, близько 18–20% опитаних виявляють підвищені рівні аутоагресивних тенденцій, що може бути наслідком накопиченого психоемоційного виснаження, пережитих травматичних подій або хронічного стресу в умовах воєнного часу.

Найбільш вираженими є непрямі форми аутоагресії — схильність до самозвинувачення, самокритики, уникання допомоги, що вказує на інтрапсихічний характер напруги (переважання внутрішнього спрямування агресії без зовнішніх деструктивних проявів).

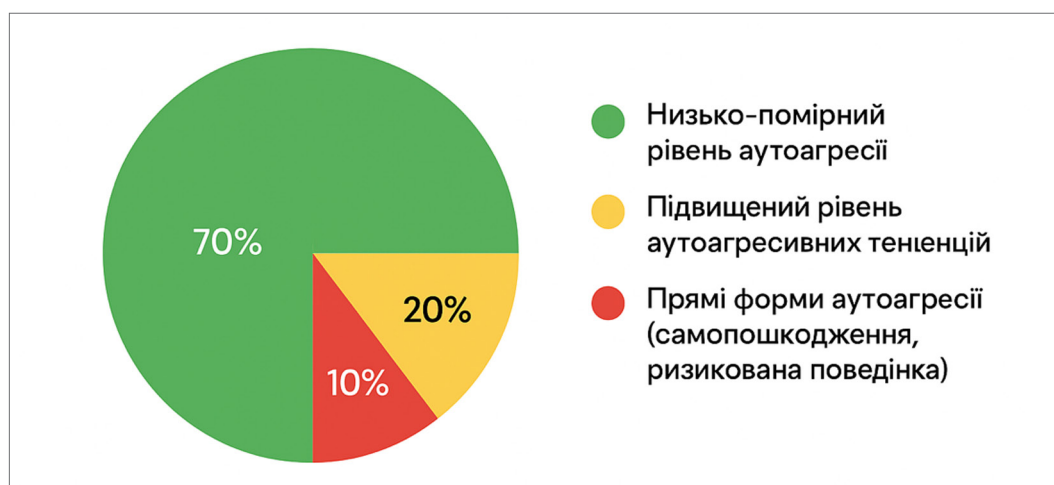


Рис. 1. Рівні та форми аутоагресії у вимушено переміщених осіб, N=127

Джерело: складено автором на основі результатів дослідження

Менш поширеними є прямі форми аутоагресії — самопошкодження, ризикована поведінка, зловживання алкоголем або медикаментами. Їхній рівень коливається в межах 7–10% вибірки.

Отримані результати також свідчать, що аутоагресивні тенденції у більшості досліджуваних мають компенсаторний характер, відображаючи спробу впоратися з емоційною напругою, тривогою чи почуттям провини.

Попри домінування жінок у вибірці (95,5%), аналіз показав, що жінки частіше демонструють непрямі форми аутоагресії (емоційне самозвинувачення, самокритика), тоді як чоловіки — більш імпульсивні, прямі прояви. Це узгоджується з даними сучасних досліджень щодо гендерної специфіки саморуйнівної поведінки.

Отримані результати вказують на наявність у частини досліджуваних внутрішнього емоційного конфлікту, який може посилюватися під впливом тривоги, депресивних симптомів і посттравматичних переживань. Психологічно це може проявлятися у таких формах: надмірна самокритика, почуття провини; емоційне виснаження, труднощі з прийняттям підтримки; несвідомі деструктивні стратегії самопокарання тощо.

Такі прояви можна розглядати як психологічний механізм регуляції емоційної болі, який потребує корекції шляхом розвитку позитивного самосприйняття, емоційної компетентності та підтримувальних соціальних зв'язків.

Також важливо підкреслити, що більшість опитаних мають низький або середній рівень схильності

до самоушкоджувальної поведінки, що свідчить про відносно збережений рівень емоційної саморегуляції (Див. Рисунок 2).

Як бачимо, найпоширенішими проявами є перебування в емоційно-насиленісських стосунках (24,2%), удар головою, зловживання алкоголем та саморуйнівні думки (по 15,2%). Високий рівень аутоагресивної поведінки (17,3%) спостерігається у меншій частки респондентів, що може вказувати на потребу у психологічній підтримці та роботі зі стратегіями подолання стресу й саморегуляції.

Отже, рівень аутоагресивних тенденцій серед досліджуваних загалом не перевищує критичних показників, проте у п'ятій частини вибірки спостерігаються ризикові ознаки, що свідчить про необхідність психологічної підтримки та впровадженні профілактичних заходів із запобігання саморуйнівній поведінці.

Проведене дослідження дозволило виявити характерні особливості аутоагресивної поведінки серед вимушено переміщених осіб у контексті російсько-української війни. Результати показали, що переважна частина респондентів має низько-помірний рівень схильності до аутоагресії, що свідчить про збереження відносно емоційної стабільності та наявності ефективних механізмів саморегуляції. Водночас у близько п'ятій частини опитаних виявлено підвищений рівень аутоагресивних тенденцій, що може бути наслідком психоемоційного виснаження, пережитих травматичних подій, втрати близьких або тривалого перебування у стані невизначеності.

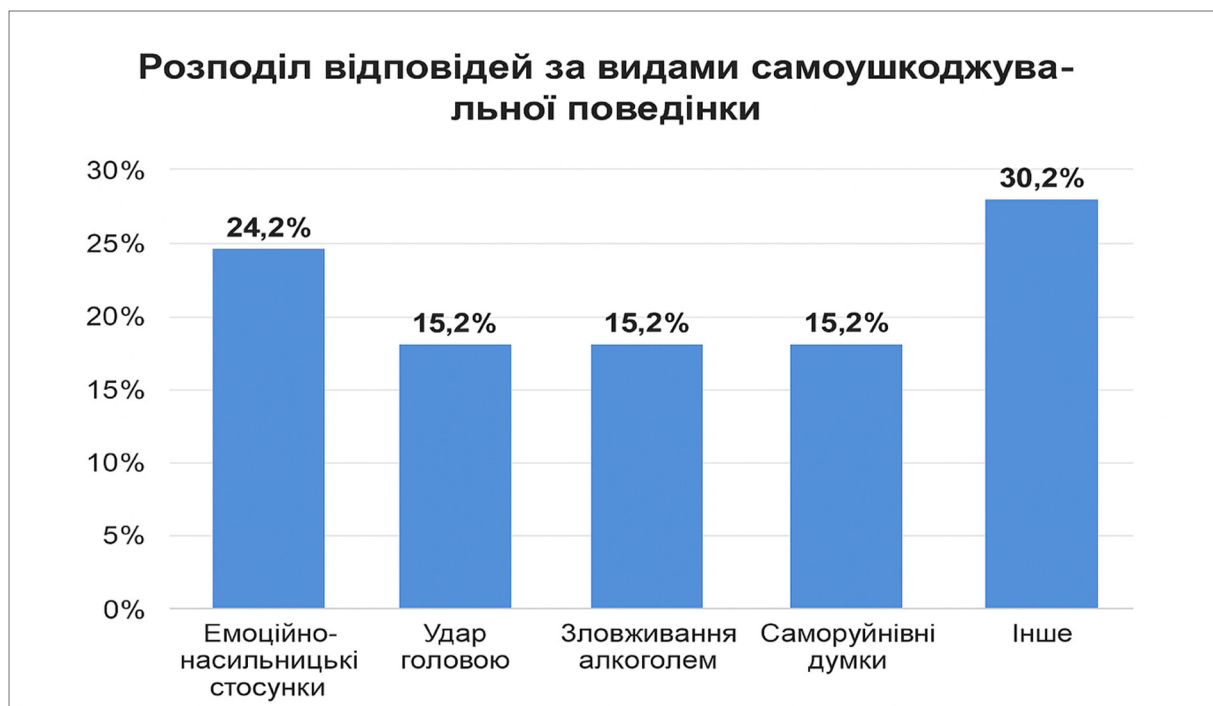


Рис. 2

N=127

Джерело: складено автором на основі результатів дослідження

Отримані результати підкреслюють необхідність цілеспрямованої психологічної підтримки вимушено переміщених осіб, спрямованої на розвиток навичок емоційної саморегуляції, зниження рівня внутрішньої напруги та формування адаптивних копінг-стратегій.

Подальше вивчення проблеми аутоагресії доцільно, на нашу думку, спрямувати на поглиблений аналіз взаємозв'язку між рівнем аутоагресії, посттравматичними реакціями та психологічною стійкістю; розроблення й апробацію психопрофілактичних

програм, спрямованих на профілактику аутоагресивної поведінки; дослідження впливу соціальної підтримки, волонтерської активності та спільнотної взаємодії на зниження аутоагресивних проявів.

Таким чином, результати дослідження створюють підґрунтя для подальших наукових і практичних кроків у сфері психічного здоров'я внутрішньо переміщених осіб, а також для розробки системи психопрофілактичних заходів, орієнтованих на підвищення їхньої психологічної стійкості та життєвої адаптивності.

Література

1. Герасименко, Л., Золочевський, І. (2025). Аутоагресивна поведінка військовослужбовців із посттравматичним стресовим розладом під час російсько-української війни. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*, 25(2), 35–38. DOI: <https://doi.org/10.31718/2077-1096.25.2.35>
2. Мак-Вільямс, Н. (Nancy McWilliams) (1994). *Psychoanalytic Diagnosis: Understanding Personality Structure in the Clinical Process*. New York: Guilford Press.
3. Маслоу, А. (1991). *Motivation and Personality*. New York: Harper & Row
4. Сидоренко, Ж., Побережна, М. (2022). Взаємозв'язок аутоагресивної поведінки особистості та психологічних особливостей міжособистісних стосунків в юнацькому віці. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*, 52, 192–196. <https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/view/5296> (дата звернення: 10.10.2025).
5. Сперанська, О. І., Єфремова, О. О. (2004). Тютюнова залежність як форма аутоагресивної поведінки: Диференційні підходи до терапії. У *Психічне здоров'я та безпека у суспільстві: Наукові матеріали Першого національного конгресу з соціальної психіатрії* (с. 110–111). Львів: ГЕОС
6. Warkentin, H. F., & Mazinan, R. G. (2021). *Self-harming behavior, sexuality, and borderline personality disorder: An empirical study*. *Journal of Personality Disorders*, 35(2), 123–138.

УДК 159.944:355.1

Німчук Богдан

здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти

Інституту стратегічних комунікацій

Національного університету оборони України

Nimchuk Bohdan

Master's degree Student of the

Institute of Strategic Communications

National Defence University of Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11459

АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ СУТНОСТІ І ЗМІСТУ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПЕРСОНАЛУ ПІД ЧАС ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ ВІЙСЬКОВИМИ ЧАСТИНАМИ (ПІДРОЗДІЛАМИ)

ANALYSIS OF SCIENTIFIC APPROACHES TO DEFINING THE ESSENCE AND CONTENT OF PSYCHOLOGICAL SUPPORT FOR PERSONNEL DURING COMBAT OPERATIONS BY MILITARY UNITS (SUBUNITS)

Анотація. Проблема психологічної підтримки військовослужбовців у бойових умовах набуває особливого значення в умовах тривалої війни Росії проти України. Високий рівень психоемоційного навантаження, постійна загроза життю, втрати побратимів і бойові травми формують складний комплекс ризиків для психічного здоров'я військових. Сучасні дослідження свідчать, що ефективна система психологічної допомоги має бути не епізодичною, а інтегрованою, поєднувати превентивні, кризові та реабілітаційні механізми. Необхідність наукового узагальнення існуючих підходів і розроблення єдиної моделі психологічної підтримки визначає актуальність цього дослідження. Метою статті є систематизація наукових підходів до визначення сутності та змісту психологічної підтримки військовослужбовців у бойових умовах, узагальнення результатів вітчизняних і зарубіжних досліджень, а також обґрунтування інтегрованої моделі психологічної допомоги (Integrated Military Psychological Support Model – IMPSM) для забезпечення стійкості особового складу. Використано методи аналізу, синтезу, порівняння, системно-структурний і порівняльно-аналітичний підходи, а також таблично-графічний метод для узагальнення результатів. На основі аналізу літературних джерел виокремлено чотири провідні напрями психологічної підтримки: кризово-інтервенційний, діагностично-превентивний, соціокультурно-адаптаційний та інституційно-стратегічний. Встановлено, що ефективна підтримка має ґрунтуватися на принципах інтеграції, превентивності, міждисциплінарності та безперервності. Запропоновано авторську інтегровану модель IMPSM, яка охоплює чотири рівні реалізації: оперативний (швидке реагування на стрес), превентивний (моніторинг і резилієнтність), соціальний (середовище довіри, робота з родинами), інституційний (державна координація, стандарти й реабілітаційна мережа). Результати дослідження доводять необхідність переходу від фрагментарних заходів до системного підходу у сфері військової психологічної допомоги. Інтегрована модель IMPSM здатна забезпечити підвищення психічної стійкості військових, зниження рівня бойових психотравм і формування державної системи психологічної безпеки.

Ключові слова: психічна стійкість, бойовий стрес, резилієнтність, психологічна допомога, психоемоційне відновлення, підтримка персоналу, військова психологія.

Summary. The problem of psychological support for military personnel in combat conditions has gained particular importance amid the ongoing war between Russia and Ukraine. The high level of psycho-emotional strain, constant threat to life, loss of comrades, and combat injuries form a complex set of risks to the mental health of service members. Contemporary research indicates that an effective system of psychological assistance should not be episodic but rather integrated, combining preventive, crisis, and rehabilitative mechanisms. The need for scientific generalization of existing approaches and the development of a unified model of psychological support determines the relevance of this study. The purpose of the article is to systematize

scientific approaches to defining the essence and content of psychological support for military personnel in combat conditions, to generalize the results of domestic and foreign studies, and to substantiate an Integrated Military Psychological Support Model (IMPSM) aimed at ensuring the resilience of personnel. The research employed methods of analysis, synthesis, comparison, a system-structural and comparative-analytical approach, as well as tabular and graphical methods for summarizing results. Based on the analysis of scientific literature, four leading directions of psychological support were identified: crisis-intervention, diagnostic-preventive, socio-cultural and adaptive, and institutional-strategic. It was found that effective psychological support should be based on the principles of integration, prevention, interdisciplinarity, and continuity. The author's integrated IMPSM model covers four levels of implementation: operational (rapid stress response), preventive (monitoring and resilience), social (trust-based environment and family involvement), and institutional (state coordination, standardization, and rehabilitation network). The results of the study confirm the need to move from fragmented measures to a systematic approach in the field of military psychological assistance. The integrated IMPSM model can enhance the mental resilience of service members, reduce the incidence of combat-related psychological trauma, and contribute to the formation of a state system of psychological security.

Key words: mental resilience, combat stress, resilience, psychological assistance, psycho-emotional recovery, personnel support, military psychology.

Постановка проблеми. Сучасні воєнні конфлікти, зокрема повномасштабна війна Росії проти України, загострили проблему психологічної підтримки військовослужбовців у бойових умовах. Досвід показує, що рівень психічної стійкості, здатність до саморегуляції та адаптації безпосередньо визначають безздатність підрозділів і моральний стан армії [1]. Постійна напруга, бойові втрати, травми та тривале перебування в зоні ризику підвищують загрозу розвитку посттравматичних і депресивних розладів, водночас актуалізуючи потребу в системній, превентивній і багаторівневій підтримці. Розвиток цифрових технологій розширює можливості дистанційного консультування, моніторингу психічного стану та реабілітації [2]. Отже, проблема психологічної підтримки військових має комплексний і стратегічний характер, потребує інтеграції медико-психологічних, соціальних і технологічних підходів та формування узгодженої державної системи допомоги, спрямованої на розвиток стійкості, профілактику і відновлення військовослужбовців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз сучасних зарубіжних досліджень підтверджує, що психологічна підтримка військовослужбовців дедалі більше розглядається як цілісна система розвитку психічної стійкості, соціальної взаємодії та позитивних особистісних ресурсів у різних контекстах військової служби. У роботі S. Hermosilla та співавторів доведено позитивний вплив моделі Psychological First Aid на зниження рівня тривожності й депресії, хоча автори наголошують на потребі зміцнення доказової бази для цієї інтервенції [3]. M. Maglione та колеги проаналізували ефективність програм Combat and Operational Stress Control, дійшовши висновку, що результати їх застосування щодо зменшення симптомів ПТСР залишаються статистично незначущими через різну якість реалізації [4]. Дослідження R. Zueger та співавторів підтвердило ефективність короткотривалого тренінгу резиліентності, який сприяв швидшому відновленню курсантів після стресових ситуацій і підвищенню їх мотивації [5]. У A. Peterson та співавторів

представлено протокол великомасштабного рандомізованого дослідження, спрямованого на підвищення резиліентності військових через тренінг психологічної гнучкості, що базується на методології Acceptance and Commitment Therapy [6]. M. Dixon та співавтори запропонували оновлену концепцію COSC для Військово-повітряних сил США, орієнтовану на перенесення допомоги з клінічних структур безпосередньо у підрозділи та підготовку персоналу до оперативного реагування [7]. Ретроспективне дослідження S. Renner-Wilms та співавторів показало ефективність програми Warrior PATHN у формуванні посттравматичного зростання серед ветеранів і зниженні проявів ПТСР [8]. У роботі L. Grover та колег встановлено тісний зв'язок між рівнем соціальної підтримки, самотністю та психічним здоров'ям британських ветеранів у період пандемії COVID-19, що підкреслює роль соціальних зв'язків у відновленні [9]. Дослідження B. Hazan-Liran і O. Walter засвідчило медіаційну роль соціальної підтримки у зв'язку між психологічним капіталом і благополуччям солдатів Армії оборони Ізраїлю, під час активних бойових дій [10]. У короткому листі B. Aubet та колег акцентовано на розвитку надії, самооцінки й позитивних психологічних ресурсів як чинників відновлення військовослужбовців із ПТСР [11]. Нарешті, S. Breen і S. Cotterill визначили дев'ять ключових психологічних рис, зокрема резиліентність, емоційну регуляцію та наполегливість, які забезпечують успішність операторів спецпідрозділів Великої Британії [12].

Узагальнення результатів цих досліджень демонструє, що сучасна військова психологія поступово переходить від традиційних медико-реабілітаційних підходів до багатовимірної парадигми розвитку психічної стійкості, соціальної інтеграції й посттравматичного зростання, що відкриває перспективи для створення комплексних моделей підтримки військових у різних умовах служби. Попри значний науковий інтерес до проблеми, залишаються невирішеними питання інтеграції окремих підходів у єдину систему психологічної підтримки, недостатньо

розроблені механізми оцінювання її ефективності та впровадження у військову практику. Відсутність узгодженої моделі, що поєднувала б превентивні, кризові й реабілітаційні компоненти, актуалізує необхідність систематизації наукових підходів і формування цілісної концепції психологічної підтримки військовослужбовців, що й визначає мету цього дослідження.

Метою статті є систематизація та узагальнення наукових підходів до визначення сутності й змісту психологічної підтримки військовослужбовців у бойових умовах, виявлення спільних і відмінних рис у теоретичних концепціях вітчизняних та зарубіжних учених, а також обґрунтування інтегрованої моделі психологічної підтримки (IMPSM), орієнтованої на підвищення психічної стійкості, профілактику бойових стресових розладів і формування ефективної системи психологічного супроводу в умовах воєнного та післявоєнного періоду.

Матеріали і методи. Інформаційну основу дослідження становлять наукові праці українських і зарубіжних учених, присвячені проблемам психологічної підтримки військовослужбовців, бойового стресу, посттравматичних розладів, моральної травми та розвитку резиліентності. Для аналітичної систематизації було опрацьовано низку наукових джерел, що репрезентують різні наукові школи та концептуальні підходи до організації психологічної допомоги в умовах бойових дій.

У процесі дослідження застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів: метод аналізу та синтезу — для розкриття сутності категорій «психологічна підтримка», «психічна стійкість», «резиліентність» і визначення їх структурних компонентів; порівняльно-аналітичний метод — для виявлення подібностей і відмінностей у підходах вітчизняних і зарубіжних авторів до організації психологічної підтримки військових; системно-структурний підхід — для побудови логіки функціонування багаторівневої моделі підтримки та її інтеграції у систему військового управління; метод узагальнення — для формування авторської інтегрованої моделі психологічної підтримки (Integrated Military Psychological Support Model — IMPSM); табличний метод — для структуризації отриманих результатів і представлення системи наукових підходів у зручній аналітичній формі. Оброблення результатів здійснювалося з урахуванням принципів наукової об'єктивності, верифікованості та комплексності, що забезпечило достовірність висновків і можливість практичного використання запропонованих положень у системі військово-психологічного супроводу.

Виклад основного матеріалу. Сучасні воєнні конфлікти, зокрема повномасштабна війна Росії проти України, загострили проблему психологічної підтримки військовослужбовців у бойових умовах. Досвід показує, що рівень психічної стійкості, здатність до саморегуляції та адаптації безпосередньо визначають боездатність підрозділів і моральний

стан армії. Постійна напруга, бойові втрати, травми та тривале перебування в зоні ризику підвищують загрозу розвитку посттравматичних і депресивних розладів, водночас актуалізуючи потребу в системній, превентивній і багаторівневій підтримці. Розвиток цифрових технологій розширює можливості дистанційного консультування, моніторингу психічного стану та реабілітації. Отже, проблема психологічної підтримки військових має комплексний і стратегічний характер, потребує інтеграції медико-психологічних, соціальних і технологічних підходів та формування узгодженої державної системи допомоги, спрямованої на розвиток стійкості, профілактику і відновлення військовослужбовців.

Для розкриття змісту поняття психологічної підтримки персоналу під час ведення бойових дій було проаналізовано наукові підходи низки українських та зарубіжних дослідників, які сформували сучасне бачення цього явища. Так, І. Приходько запропонував трирівневу модель Psychological First Aid (PFA), орієнтовану на військовослужбовців із бойовими стресовими реакціями. Її алгоритм передбачає ескалацію допомоги — від взаємопідтримки побратимів до участі командира й військового психолога, із чіткими критеріями оцінки відновлення психічних функцій [13]. У свою чергу, J. Cancio розкрив систему Combat and Operational Stress Control (COSC) як цілісну програму профілактики й подолання бойового стресу, що поєднує військову психологію та ерготерапію й нині адаптована до цивільної медицини [14]. Е. Delaney запропонував модель Caregiver Occupational Stress Control (CgOSC), спрямовану на підтримку стійкості й благополуччя військових медиків шляхом моніторингу виконання обов'язків і профілактики професійного вигорання [15].

У працях L. Zasiiekina досліджено феномен моральної травми як чинник формування посттравматичних розладів серед військових і цивільних у перші місяці війни; при цьому акцентовано на ролі родинної травми геноциду та гендерних відмінностей у реакціях [1]. Е. Karin застосував багатфакторні моделі для визначення траєкторій психічного здоров'я військових під час морських розгортань, підкресливши вагомість організаційних чинників — робочих вимог і ресурсів — у збереженні психологічної стабільності [16].

Використовуючи метод *conjoint analysis*, К. Forchuk ідентифікувала пріоритети військовослужбовців у тренінгах стресостійкості, серед яких ключовими виявилися підтримка лідерства, тип інструктора та практичність змісту, що вказує на доцільність персоналізованих програм [17]. В. Olapeju виявив кластери поведінкових патернів військових США, довівши, що поєднання шкідливих звичок, режиму сну й рівня фізичної активності безпосередньо впливає на рівень тривожності та депресивних симптомів [18]. На основі концепції *readiness to change* А. Adler визначив чотири типи готовності до участі

у програмах резиліентності — receptive, resistant, engaged і disconnected, що створює підґрунтя для індивідуалізації тренінгових підходів [19]. У вітчизняному контексті В. Якимець розглянув психологічну підтримку й реабілітацію як важливий елемент національної безпеки, наголошуючи на потребі створення державної системи допомоги, орієнтованої не лише на військових, а й на членів їхніх родин [2].

Узагальнення наведених наукових підходів дає змогу простежити еволюцію поглядів на сутність і зміст психологічної підтримки військовослужбовців у бойових умовах — від індивідуальної кризової допомоги до комплексних систем управління психічним здоров'ям особового складу. Для більшої наочності результати опрацювання наукових джерел узагальнено у табл. 1.

Аналіз наукових підходів дозволяє виокремити кілька провідних напрямів розвитку концепції психологічної підтримки військовослужбовців у бойових умовах, які формують цілісне уявлення про сутність, механізми й організаційні принципи цього процесу.

Перший напрям охоплює моделювання систем допомоги на основі кризової психології та оперативної підтримки. Розроблені [13; 14; 15] підходи (PFA, COSC, CgOSC) відображають логіку поетапної допомоги: від самодопомоги й взаємодопомоги у військовому колективі до професійного втручання психолога. Ці моделі орієнтовані на запобігання розвитку посттравматичних станів, швидке відновлення психічного функціонування та збереження бойової готовності. Їх спільною рисою є інтеграція психологічної допомоги в управлінську вертикаль частини, що підвищує ефективність реагування у стресових ситуаціях.

Другий напрям пов'язаний із розробленням інструментів діагностики й оцінювання психічного стану персоналу. Дослідження [19; 18; 16] спрямовані на виявлення індивідуальних та організаційних предикторів психічної стійкості. Індикатори, що враховують рівень готовності до змін, поведінкові кластери чи співвідношення робочих вимог і ресурсів, створюють основу для персоналізованих програм психопрофілактики. Завдяки цьому акцент зміщується з реактивного лікування наслідків травми на превентивне управління факторами ризику.

Третій напрям відображає соціально-культурний вимір психологічної підтримки. Дослідження [1] доводять, що бойова травматизація нерозривно пов'язана з глибинними соціально-психологічними детермінантами — колективною пам'яттю, родинним досвідом війни, гендерною роллю, очікуваннями суспільства. Такий підхід підкреслює необхідність міждисциплінарного підходу до надання допомоги, у якому поєднуються психологія, соціологія, педагогіка й культура. Соціально-психологічна підготовка військовослужбовців виступає не лише етапом адаптації, а й запобіжним бар'єром, що зменшує ризики дезадаптації.

Четвертий напрям — інституціоналізація психологічної підтримки як складової національної безпеки. Зокрема, у дослідженні [2] обґрунтовано потребу у формуванні єдиної державної системи, яка б охоплювала військових, ветеранів і членів їхніх сімей, інтегруючи військово-медичну, психологічну та соціальну інфраструктуру. Такий підхід трансформує психологічну допомогу із допоміжного ресурсу у стратегічний інструмент забезпечення стійкості суспільства в умовах тривалої війни.

Таблиця 1

Наукові підходи до психологічної підтримки військових під час бойових дій

Автор	Суть підходу	Особливість
І. Приходько [13]	Трирівнева модель Psychological First Aid для зняття бойових стресових реакцій	Алгоритм ескалації допомоги (колега — командир — психолог) і критерії оцінки ефективності
J. Cancio [14]	Combat and Operational Stress Control як системна програма подолання стресу	Інтеграція ерготерапії з COSC та адаптація до цивільної медицини
E. Delaney [15]	Програма Caregiver Occupational Stress Control для військових медиків	Системний моніторинг виконання програми, профілактика вигорання
L. Zasiiekina [1]	Аналіз моральної травми як чинника розвитку ПТСР	Зв'язок із родинною травмою геноциду у військових і гендерними чинниками у цивільних
E. Karin [16]	Вивчення траєкторій психічного здоров'я під час розгортань	Системний аналіз предикторів: робочі вимоги та ресурси проти саморегуляції
C. Forchuk [17]	Використання conjoint analysis для оптимізації тренінгів MHSR	Акцент на пріоритетах військових: інструктор, лідерство, практичність, цифрові ресурси
B. Olapeju [18]	Аналіз кластерів поведінки та їх впливу на психічне здоров'я	Виявлення інтегрованого профілю ризику, що поєднує поведінкові й психічні чинники
A. Adler [19]	Оцінка готовності військових до тренінгів резиліентності	Чотири класи сприйняття, що дозволяють персоналізувати інтервенції
В. Якимець [2]	Психологічна допомога й реабілітація як складова нацбезпеки	Обґрунтування державної системи підтримки для військових і їхніх родин

Джерело: сформовано автором за [1; 2; 13–19]

Узагальнення цих напрямів дає підстави розглядати психологічну підтримку персоналу як багаторівневу, мультидисциплінарну та системно організовану діяльність, що об'єднує медичні, психологічні, соціальні й управлінські механізми.

На основі аналізу доцільно запропонувати формування інтегрованої моделі психологічної підтримки військових — Integrated Military Psychological Support Model (IMPSM), яка передбачає багаторівневу архітектуру управління психологічною допомогою, у межах якої всі елементи функціонують у взаємозв'язку — від оперативної допомоги на полі бою до стратегічної координації на державному рівні. Її впровадження доцільно здійснювати поетапно.

На оперативному рівні система має забезпечувати негайне реагування на прояви бойового стресу та кризові стани військовослужбовців. Це реалізується через навчання особового складу базовим навичкам Psychological First Aid, підготовку командирів до ідентифікації симптомів стресу, впровадження мобільних груп психологів та створення польових пунктів психологічної стабілізації. Такий рівень допомоги має бути інтегрований у тактичні дії, щоб реагування було природною складовою командної взаємодії.

Превентивний рівень передбачає безперервний моніторинг психічного стану військовослужбовців і використання цифрових інструментів оцінювання. Доцільно впровадити регулярні опитувальники, біоповедінкові індикатори (сон, активність, соціальна взаємодія), тренінги з розвитку резиліентності та програму «готовності до змін» за принципом, запропонованим А. Адлером. Особливу роль відіграє залучення елементів гейміфікації та дистанційних курсів, що забезпечують добровільність, довіру й мотивацію.

На соціальному рівні важливим є створення психологічно безпечного середовища, у якому підтримка не сприймається як ознака слабкості, а як норма військової культури. Це передбачає навчання командирів лідерським практикам емоційної підтримки, залучення сімей військових до програм психологічної просвіти, а також розширення волонтерських і ветеранських ініціатив, що допомагають у процесах адаптації. Формування соціального капіталу всередині підрозділів зміцнює довіру, командну взаємодію та колективну стійкість.

Інституційний рівень реалізації моделі має бути забезпечений міжвідомчою координацією Міністерства оборони, Міністерства охорони здоров'я, Міністерства соціальної політики та громадських організацій. Доцільно створити єдину електронну

базу даних психологічного стану особового складу, яка дозволить відстежувати динаміку після ротацій і реабілітації. Важливою складовою має стати Національний центр військової психології та психічного здоров'я, який розроблятиме стандарти допомоги, проводитиме навчання фахівців і забезпечуватиме науково-методичний супровід. Включення IMPSM до державних стратегій безпеки сприятиме формуванню системи психологічної готовності суспільства до тривалих воєнних викликів.

Таким чином, реалізація моделі базується на принципах інтеграції, превентивності, доступності, міждисциплінарності та безперервності підтримки. Її метою є не лише подолання наслідків стресу, а й створення середовища, у якому психічне здоров'я військових стає пріоритетом на всіх рівнях управління оборонною сферою.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження показало, що психологічна підтримка військовослужбовців у бойових умовах є не лише напрямом допомоги, а й комплексним соціально-психологічним феноменом, який визначає рівень бойової ефективності, моральної стійкості та адаптації особового складу. Узагальнення наукових підходів дало змогу виокремити чотири взаємопов'язані напрями: кризово-інтервенційний, діагностично-превентивний, соціокультурно-адаптаційний та інституційно-стратегічний, що разом формують систему попередження деструктивних психічних станів і підтримання психічного здоров'я військових. На основі опрацьованих джерел розроблено інтегровану модель психологічної підтримки (IMPSM), яка поєднує оперативний, превентивний, соціальний та інституційний рівні реалізації. Її впровадження має спиратися на принципи інтеграції, доступності, превентивності та безперервності допомоги, сприяючи створенню єдиного психосоціального простору в системі оборони та формуванню культури довіри до психологічної підтримки у військовому середовищі. Результати дослідження мають теоретичну цінність завдяки систематизації підходів і формуванню концептуальної основи військової психологічної допомоги, а також практичну — через обґрунтування механізмів реалізації інтегрованої моделі, орієнтованої на потреби Збройних Сил України. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням індикаторів ефективності психологічної підтримки, моделюванням її цифрових компонентів і вдосконаленням стандартів підготовки військових психологів із урахуванням міжнародного досвіду.

Література

1. Zasiiekina L., Duchyminska T., Bifulco A., Bignardi G. War trauma impacts in Ukrainian combat and civilian populations: Moral injury and associated mental health symptoms. *Military Psychology*. 2024. Vol. 36, № 5. P. 555–566. DOI: <https://doi.org/10.1080/08995605.2023.2235256>.
2. Якимець В. М., Печиборщ В. П., Вороненко В. В., Якимець В. В., Печиборщ О. В., Никоненко А. В., Слабкий Г. О. Гарантована психологічна допомога та реабілітація військовослужбовців — складова національної безпеки. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2023. № 3. С. 41–50. DOI: <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2022.3.13435>.
3. Hermosilla S., Forthal S., Sadowska K., Magill E. B., Watson P., Pike K. M. We need to build the evidence: A systematic review of psychological first aid on mental health and well-being. *Journal of Traumatic Stress*. 2023. Vol. 36, № 1. P. 5–16. DOI: <https://doi.org/10.1002/jts.22888>.
4. Maglione M. A., Chen C., Bialas A., Motala A., Chang J., Akinniranye O., Hempel S. Combat and Operational Stress Control Interventions and PTSD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Military Medicine*. 2022. Vol. 187, № 7–8. P. e846–e855. DOI: <https://doi.org/10.1093/milmed/usab310>.
5. Zueger R., Niederhauser M., Utzinger C., Annen H., Ehlert U. Effects of resilience training on mental, emotional, and physical stress outcomes in military officer cadets. *Military Psychology*. 2022. Vol. 35, № 6. P. 566–576. DOI: <https://doi.org/10.1080/08995605.2022.2139948>.
6. Peterson A. L., Moore B. A., Evans W. R., Young-McCaughan S., Blankenship A. E., Straud C. L., McLean C. S., Miller T. L., Meyer E. C. Enhancing resiliency and optimizing readiness in military personnel through psychological flexibility training: design and methodology of a randomized controlled trial. *Frontiers in Psychiatry*. 2024. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1299532>.
7. Dixon M. A., Bohman T. D., Polk N. F., Farber B. C., Smith C. E. Reoptimizing Combat and Operational Stress Control in the U.S. Air Force. *Military Medicine*. 2025. Vol. 190, № 5–6. P. 130–134. DOI: <https://doi.org/10.1093/milmed/usae420>.
8. Renner-Wilms S., Corlett C., Hood A., Scheffrahn K., Tedeschi R. та ін. Outcomes from a posttraumatic growth-oriented program among veterans: A quasi-experimental retrospective study. *Journal of Affective Disorders*. 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.120234>.
9. Grover L. E., Sharp M.-L., Jones M., Burdett H., Fear N. T. Structural and functional social support in UK military veterans during the COVID-19 pandemic and associations with mental health and wellbeing: a cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-024-21083-7>.
10. Hazan-Liran B., Walter O. Mediating role of social support in relations between psychological capital and subjective well-being among IDF soldiers during conflict: insights from the 2023 Gaza war. *Israel Journal of Health Policy Research*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13584-025-00713-4>.
11. Aubet B., Martin-Krumm C., Trousselard M. Fostering hope and recovery: enhancing psychological resources in military personnel with post-traumatic stress disorder. *Military Medical Research*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40779-025-00604-4>.
13. Breen S., Cotterill S. An exploration of the psychological traits deemed crucial for success in UK Special Forces operators. *Behavioral Sciences*. 2025. Vol. 15, No. 9. P. 1194. DOI: <https://doi.org/10.3390/bs15091194>.
13. Приходько І., Мацегора Я., Колесніченко О., Стасюк В., Болшакова А., Білик О. Psychological First Aid for Military Personnel in Combat Operations: The Ukrainian Model. *Military Behavioral Health*. 2021. Vol. 9, No. 3. P. 289–296. DOI: <https://doi.org/10.1080/21635781.2020.1864530>.
14. Cancio J. M., Cancio L. C. Combat and Operational Stress Control: Application in a Burn Center. *European Burn Journal*. 2023. Vol. 5, No. 1. P. 12–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/ejb5010002>.
15. Delaney E., Gerardi R., Beauchamp M., Tellez G., Ram V. Promoting resilience and psychological wellbeing of military providers: The Navy Medicine Caregiver Occupational Stress Control (CgOSC) program. *Military Psychology*. 2022. Vol. 35, No. 3. P. 223–232. DOI: <https://doi.org/10.1080/08995605.2022.2109363>.
16. Karin E., Gucciardi D. F., Rigotti T., Kunzelmann A., Kalisch R., Crane M. The association of multi-system conditions on mental health trajectories during naval deployment. *Military Psychology*. 2024. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1080/08995605.2024.2413249>.
17. Forchuk C. A., Kocha I., Granek J. A., Dempster K. S., Younger W. A., Gargala D., Nazarov A. Optimizing military mental health and stress resilience training through the lens of trainee preferences: A conjoint analysis approach. *Military Psychology*. 2024. Vol. 37, № 3. P. 175–186. DOI: <https://doi.org/10.1080/08995605.2024.2324647>.
18. Olapeju B., Hendrickson Z. M., Shanahan P., Mushtaq O., Ahmed A. E. Health behavior profiles and association with mental health status among US active-duty service members. *Frontiers in Public Health*. 2024. Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1324663>.
19. Adler A. B., Cabrera O. A., Britt T. W. Are All Soldiers Ready for Resilience Training? An Initial Examination of Individual Readiness to Change. *Occupational Health Science*. 2024. Vol. 8. P. 827–855. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41542-024-00191-1>.

References

1. Zasiakina, L., Duchyminska, T., Bifulco, A., & Bignardi, G. (2024). War trauma impacts in Ukrainian combat and civilian populations: Moral injury and associated mental health symptoms. *Military Psychology*, 36(5), 555–566. <https://doi.org/10.1080/08995605.2023.2235256>
2. Yakymets, V.M., Pechyborshch, V.P., Voronenko, V.V., Yakymets, V.V., Pechyborshch, O.V., Nykonenko, A.V., & Slabkyi, H. O. (2023). Harantovana psykholohichna dopomoha ta reabilitatsiia viiskovosluzhbovtiv — skladova natsionalnoi bezpeky [Guaranteed psychological assistance and rehabilitation of military personnel as a component of national security]. *Visnyk sotsialnoi hihieny ta orhanizatsii okhorony zdorovia Ukrainy — Bulletin of Social Hygiene and Healthcare Organization of Ukraine*, (3), 41–50. <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2022.3.13435> [in Ukrainian]
3. Hermosilla, S., Forthal, S., Sadowska, K., Magill, E. B., Watson, P., & Pike, K. M. (2023). We need to build the evidence: A systematic review of psychological first aid on mental health and well-being. *Journal of Traumatic Stress*, 36(1), 5–16. <https://doi.org/10.1002/jts.22888>
4. Maglione, M.A., Chen, C., Bialas, A., Motala, A., Chang, J., Akinniranye, O., & Hempel, S. (2022). Combat and operational stress control interventions and PTSD: A systematic review and meta-analysis. *Military Medicine*, 187(7–8), e846–e855. <https://doi.org/10.1093/milmed/usab310>
5. Zueger, R., Niederhauser, M., Utzinger, C., Annen, H., & Ehlert, U. (2022). Effects of resilience training on mental, emotional, and physical stress outcomes in military officer cadets. *Military Psychology*, 35(6), 566–576. <https://doi.org/10.1080/08995605.2022.2139948>
6. Peterson, A. L., Moore, B. A., Evans, W. R., Young-McCaughan, S., Blankenship, A. E., Straud, C. L., McLean, C. S., Miller, T. L., & Meyer, E. C. (2024). Enhancing resiliency and optimizing readiness in military personnel through psychological flexibility training: Design and methodology of a randomized controlled trial. *Frontiers in Psychiatry*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1299532>
7. Dixon, M. A., Bohman, T. D., Polk, N. F., Farber, B. C., & Smith, C. E. (2025). Reoptimizing combat and operational stress control in the U. S. Air Force. *Military Medicine*, 190(5–6), 130–134. <https://doi.org/10.1093/milmed/usae420>
8. Renner-Wilms, S., Corlett, C., Hood, A., Scheffrahn, K., Tedeschi, R., et al. (2026). Outcomes from a posttraumatic growth-oriented program among veterans: A quasi-experimental retrospective study. *Journal of Affective Disorders*. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.120234>
9. Grover, L. E., Sharp, M.-L., Jones, M., Burdett, H., & Fear, N. T. (2025). Structural and functional social support in UK military veterans during the COVID-19 pandemic and associations with mental health and wellbeing: A cross-sectional study. *BMC Public Health*. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-21083-7>
10. Hazan-Liran, B., & Walter, O. (2025). Mediating role of social support in relations between psychological capital and subjective well-being among IDF soldiers during conflict: Insights from the 2023 Gaza war. *Israel Journal of Health Policy Research*. <https://doi.org/10.1186/s13584-025-00713-4>
11. Aubet, B., Martin-Krumm, C., & Trousselard, M. (2025). Fostering hope and recovery: Enhancing psychological resources in military personnel with post-traumatic stress disorder. *Military Medical Research*. <https://doi.org/10.1186/s40779-025-00604-4>
12. Breen, S., & Cotterill, S. (2025). An exploration of the psychological traits deemed crucial for success in UK special forces operators. *Behavioral Sciences*, 15(9), 1194. <https://doi.org/10.3390/bs15091194>
13. Prykhodko, I., Matsehora, Ya., Kolesnichenko, O., Stasiuk, V., Bolshakova, A., & Bilyk, O. (2021). *Psychological first aid for military personnel in combat operations: The Ukrainian model* [Psykholohichna persha dopomoha viiskovosluzhbovtiam u boiovykh diiakh: Ukrainska model]. *Military Behavioral Health — Viiskova povedinkova okhorona zdorovia*, 9(3), 289–296. <https://doi.org/10.1080/21635781.2020.1864530> [in Ukrainian].
14. Cancio, J. M., & Cancio, L. C. (2023). Combat and operational stress control: Application in a burn center. *European Burn Journal*, 5(1), 12–22. <https://doi.org/10.3390/ejb5010002>
15. Delaney, E., Gerardi, R., Beauchamp, M., Tellez, G., & Ram, V. (2022). Promoting resilience and psychological wellbeing of military providers: The Navy Medicine Caregiver Occupational Stress Control (CgOSC) program. *Military Psychology*, 35(3), 223–232. <https://doi.org/10.1080/08995605.2022.2109363>
16. Karin, E., Gucciardi, D. F., Rigotti, T., Kunzelmann, A., Kalisch, R., & Crane, M. (2024). The association of multi-system conditions on mental health trajectories during naval deployment. *Military Psychology*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/08995605.2024.2413249>
17. Forchuk, C. A., Kocha, I., Granek, J. A., Dempster, K. S., Younger, W. A., Gargala, D., & Nazarov, A. (2024). Optimizing military mental health and stress resilience training through the lens of trainee preferences: A conjoint analysis approach. *Military Psychology*, 37(3), 175–186. <https://doi.org/10.1080/08995605.2024.2324647>
18. Olapeju, B., Hendrickson, Z. M., Shanahan, P., Mushtaq, O., & Ahmed, A. E. (2024). Health behavior profiles and association with mental health status among U.S. active-duty service members. *Frontiers in Public Health*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1324663>
19. Adler, A. B., Cabrera, O. A., & Britt, T. W. (2024). Are all soldiers ready for resilience training? An initial examination of individual readiness to change. *Occupational Health Science*, 8, 827–855. <https://doi.org/10.1007/s41542-024-00191-1>

УДК 070:654.197:004.9

Богдан Павло Дмитрович*старший викладач, заслужений журналіст України**Київський національний Університет театру, кіно і телебачення ім. І.К. Карпенка-Карого***Bohdan Pavlo***Senior Lecturer, Honored Journalist of Ukraine**Karpenko-Kary Kyiv National University of Theater, Cinema and Television*

ORCID: 0009-0002-1559-0069

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11444

ТЕЛЕЖУРНАЛІСТИКА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ҐАДЖЕТИЗАЦІЇ. СУЧАСНІ ФОРМИ Й МЕТОДИ РОБОТИ

TELEVISION JOURNALISM IN THE CONTEXT OF GLOBAL GADGETIZATION: MODERN FORMS AND METHODS OF WORK

Анотація. У статті досліджено трансформацію тележурналістики в умовах глобальної цифровізації та ґаджетизації. Визначено вплив нових професійних ролей — блогера, ютубера та інфлюенсера — на розвиток сучасного медіапростору й зміну підходів до створення та подачі інформаційного контенту. Проаналізовано еволюцію функціонального наповнення тележурналістики та узагальнено результати у вигляді матриці класичних і новітніх функцій. Особливу увагу приділено інтеграції телевізійного продукту з цифровими платформами, соціальними мережами та інноваційними технологіями. Методологічну основу становили системний, компаративний, структурно-функціональний та контент-аналіз, які дали змогу дослідити нові форми подачі інформації й визначити тенденції розвитку тележурналістики у багатоканальному медіапросторі. У результаті дослідження обґрунтовано, що сучасна тележурналістика постає як складна адаптивна система, яка поєднує класичні функції з новітніми цифровими практиками. Вона трансформується з традиційного засобу масової інформації у багатовимірний інтегрований медіакомплекс, у межах якого телебачення, інтернет-ресурси та соціальні мережі формують єдине комунікаційне середовище. Встановлено, що цифровізація та ґаджетизація не лише змінюють форми поширення інформації, а й суттєво впливають на ціннісні орієнтири суспільства, створюючи потребу у формуванні критичного мислення та медіаграмотності. У цьому контексті тележурналістика виконує подвійну роль: з одного боку, зберігає свої базові функції — інформаційну, соціальну, культурно-просвітницьку та розважальну, з іншого — набуває нових завдань, пов'язаних із протидією дезінформації, забезпеченням інтерактивності й персоналізації контенту. Запропоновано авторську модель стратегічних векторів розвитку тележурналістики, яка систематизує технологічний, аналітико-моніторинговий, комунікаційний та ціннісно-суспільний напрями її подальшої еволюції. Такий підхід дозволяє визначити тележурналістику не лише як елемент медіапростору, а як важливий чинник соціального розвитку, культурної інтеграції та збереження суспільної довіри до медіа в умовах цифрової доби.

Ключові слова: тележурналістика, цифровізація, ґаджетизація, інфлюенсери, блогосфера, стрімінг, інтерактивна комунікація, штучний інтелект.

Summary. The article examines the transformation of television journalism under conditions of global digitalization and gadgetization. The impact of new professional roles — blogger, YouTuber, and influencer — on the development of the modern media space and the changing approaches to creating and presenting informational content is identified. The evolution of the functional content of television journalism is analyzed, and the results are summarized in the form of a matrix of classical and innovative functions. Special attention is paid to the integration of television products with digital platforms, social networks, and innovative technologies. The methodological basis of the research includes systemic, comparative, structural-functional, and content analysis, which made it possible to study new forms of information delivery and to determine the trends in the development of television journalism in a multichannel media space. As a result of the study, it is substantiated that modern television journalism appears as a complex adaptive system that combines classical functions with innovative digital practices. It is transforming from a traditional mass medium into a multidimensional integrated media complex, within which television,

internet resources, and social networks form a unified communication environment. It has been established that digitalization and gadgetization not only change the forms of information dissemination but also significantly influence society's value orientations, creating the need for the development of critical thinking and media literacy. In this context, television journalism performs a dual role: on the one hand, it preserves its basic functions—informational, social, cultural-educational, and entertainment; on the other hand, it acquires new tasks related to countering disinformation, ensuring interactivity, and personalizing content. An original model of the strategic vectors of television journalism development is proposed, which systematizes the technological, analytical-monitoring, communicative, and value-social directions of its further evolution. This approach makes it possible to define television journalism not only as an element of the media space but also as an important factor of social development, cultural integration, and the preservation of public trust in the media in the digital age.

Key words: television journalism, digitalization, gadgetization, influencers, blogosphere, streaming, interactive communication, artificial intelligence.

Постановка проблеми. Цифровізація суспільного життя істотно змінила концептуальні засади тележурналістики, спричинивши інтерактивізацію телевізійного контенту та появу нових професійних ролей — інфлюенсерів, ютуберів і блогерів, які впливають на способи здобуття, подачі й інтерпретації інформації [1]. У цих умовах актуалізується дослідження специфіки нових комунікаційних форматів і їхнього впливу на формування громадської думки. Гаджетизація, що забезпечила мобільність та швидкодоступність інформаційних ресурсів, відкриває для тележурналістики нові можливості в багатоканальному медіапросторі. Це зумовлює потребу в оригінальних та інтерактивних підходах до трансляції контенту, пошуку ефективних методів формування громадської думки й дотримання етичних стандартів [2]. Водночас швидкий розвиток цифрових технологій виявляє суперечності між професійною підготовкою журналістів та реаліями практики в умовах інформаційної багатоканальності. Отже, модернізація тележурналістики потребує оновлення її концептуальних засад із урахуванням викликів глобальної гаджетизації та необхідності збереження суспільної довіри до медіа.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних дослідженнях простежується активна увага до трансформації журналістики під впливом цифровізації та штучного інтелекту. А. Sonni та співавтори дослідили, що впровадження AI у редакціях змінює журналістські практики, автоматизує створення новин, розширює персоналізацію контенту, проте водночас породжує етичні виклики, пов'язані з прозорістю алгоритмів і достовірністю інформації [3]. У продовження цієї тематики, А. Sonni у міні-огляді показав, що штучний інтелект докорінно змінює способи виробництва новин, структуру бізнес-моделей та професійні стандарти, окреслюючи напрями подальших досліджень у сфері етики автоматизованої журналістики та оптимізації міжплатформового контенту [4]. Значну увагу в літературі приділено й розвитку напряму digital journalism studies. О. Westlund та співавтори наголошують, що цифрова журналістика має стати окремою дослідницькою галуззю із чітким міждисциплінарним порядком денним, де пріоритетними є вивчення нових

методів, концептуальних підходів та взаємозв'язків журналістики з суспільством [5]. У ширшому контексті, Р. Verhoef з колегами встановили, що цифрова трансформація передбачає поетапний розвиток від диджиталізації до системної трансформації, що потребує нових стратегій зростання й організаційних структур, які суттєво впливають і на медіасектор [6]. Особливий акцент робиться на якості журналістики в умовах соціальних мереж. М. Degen з співавторами підкреслили, що журналісти адаптують свої норми та цінності до специфіки цифрових платформ, формуючи нові підходи до залучення аудиторії, проте питання забезпечення якості залишається відкритим і потребує подальшого осмислення [7]. У сфері політичної комунікації С. von Sikorski та співавтори визначили соціальних медіа інфлюенсерів як нових стратегічних провайдерів політичного контенту, що впливають на демократичні процеси та формування громадської думки серед молоді [8]. Уточнюючи цю проблематику, D. Harff з колегами запропонували концепцію Proximal Mass Opinion Leaders, яка пояснює, як інфлюенсери здійснюють горизонтальний вплив через персоналізовану комунікацію в цифрових мережах [9]. Цифрова трансформація журналістики пов'язана і з глибшими епістемічними змінами. С. Neuberger з дослідники встановили, що цифрові медіа дестабілізують традиційний порядок знань, розмиваючи межі між контекстами, змінюючи ролі професійних акторів та знижуючи ієрархічність знання [10]. У прикладному аспекті D. Lusiana та A. Parastry показали, що успішність цифрових змін залежить від готовності журналістів до освоєння технологій, розвитку персонального бренду та дотримання етичних стандартів [11]. У свою чергу, L. Chen проаналізував перспективи застосування інноваційних технологій — від штучного інтелекту й великих даних до блокчейну — для створення інноваційної та довірчої медіаєкосистеми, підкресливши водночас ризики інформаційної достовірності та технологічної залежності [12]. У регіональних студіях М. Ben Moussa з колегами виявили, що в ОАЕ процес цифровізації журналістики залишається неповним: хоча запроваджуються мультимедійні формати, друковані практики й досі домінують, що обмежує інноваційний потенціал галузі [13].

Таким чином, науковий дискурс підтверджує, що цифровізація журналістики має багатогранний характер: від технологічних і бізнесових інновацій до переосмислення етики, якості та соціальної ролі журналістики. Окреслені дослідження свідчать про потребу у виробленні нових підходів, які б дозволили поєднати ефективність цифрових технологій із дотриманням професійних стандартів та демократичних цінностей. У цьому контексті постає завдання комплексного осмислення трансформаційних процесів у сфері тележурналістики.

Метою статті є дослідження трансформації тележурналістики в умовах глобальної гаджетизації та цифровізації, зокрема виявлення специфіки нових професійних ролей у медіапросторі (блогера, інфлюенсера, ютубера), аналіз змін у формах і методах подачі інформації, а також обґрунтування стратегічних орієнтирів розвитку тележурналістики шляхом інтеграції її класичних функцій із сучасними цифровими практиками.

Матеріали і методи. Матеріальну основу дослідження склали наукові праці українських та зарубіжних авторів, публікації у фахових виданнях і аналітичні матеріали з питань розвитку цифрових медіа та тележурналістики. Для оцінки трансформацій використано приклади інтеграції телевізійного контенту з соціальними мережами та цифровими платформами. Методологія ґрунтується на системному підході, що розглядає тележурналістику як багатокомпонентну систему; порівняльному аналізі для зіставлення класичних і сучасних функцій та виявлення нових професійних ролей; структурно-функціональному методі для класифікації функцій і побудови матриці їх трансформації; контент-аналізі для дослідження форматів блогів, стрімів та інфотейнменту; а також узагальненні для формування авторської таблиці стратегій розвитку тележурналістики в умовах цифровізації.

Виклад основного матеріалу. Тележурналістика в умовах цифрового середовища зазнала суттєвих трансформацій. Процес гаджетизації змінив не лише способи споживання медіапродуктів, а й підходи до їх створення та взаємодії з аудиторією, відкривши нові канали комунікації через цифрові платформи. У результаті цього інформаційного зсуву сформувалися нові професійні ролі — блогери, ютубери та інфлюенсери, які стали важливою складовою сучасного медіапростору [1].

Ютубери спеціалізуються на створенні відеоконтенту для власних каналів, що монетизується через перегляди й рекламу. Блогери працюють у різних форматах — від текстів і фотографій до відео, розміщуючи матеріали у блогах, на сайтах та в соціальних мережах. Їхня тематика варіюється від особистого життя до освітніх чи розважальних напрямів, а блогосфера перетворилася на потужний інструмент поширення ідей і формування трендів у медіакомунікації [14; 15]. Разом із тим цифрове

середовище несе й ризики: воно часто використовується для маніпуляцій, поширення дезінформації та фейкових новин. Це створює серйозні виклики для журналістики та вимагає від сучасних журналістів критичного мислення, дотримання етичних стандартів і вміння перевіряти достовірність інформації [16].

Поряд із блогерами та ютуберами особливу роль відіграють інфлюенсери — лідери думок, здатні впливати на поведінку аудиторії завдяки експертності, соціальному статусу та численним підписникам. Розрізняють мікроінфлюенсерів, орієнтованих на вузькі спільноти, та макроінфлюенсерів із широкою аудиторією. Інформація, яку вони поширюють, може бути як просвітницькою, так і розважальною, створюючи інтерактивну взаємодію та посилюючи впізнаваність брендів. Цифрові комунікації за своєю природою нагадують ефект «з вуст у вуста», але посилені гаджетами й соціальними платформами. Це сприяє формуванню онлайн-спільнот та підсилює роль інфлюенсерів як провідних соціальних комунікаторів [15].

Зазначені тенденції безпосередньо впливають і на діяльність сучасних тележурналістів. Під впливом гаджетизації відбувається модернізація форм і методів роботи телеведучого, який стає не лише носієм інформації, а й активним учасником комунікаційного процесу. Сьогодні тележурналісти активно застосовують новітні інструменти: чати під час прямих ефірів, онлайн-трансляції (стріми), відеозв'язок із глядачами (наприклад, Zoom-з'єднання). Соціальні мережі перетворилися на додаткові джерела інформації та канали поширення відеоконтенту, а також на інструменти інтерактивної взаємодії з аудиторією. Таким чином, формуються нові шляхи професійної діяльності тележурналістів, які дедалі частіше поєднують класичні журналістські практики з функціями блогерів, інфлюенсерів та цифрових комунікаторів [1; 2].

Цифрові технології кардинально змінюють способи споживання медіа та формують нову цифрову культуру, що впливає на ідентичність та суспільні цінності. Сучасні тенденції трансформації зумовлюють конвергенцію медіаформатів і створюють уніфікований простір, де телебачення, радіо, інтернет і гаджети взаємодіють та інтегруються. У цьому середовищі цифрові ресурси відкривають можливість створення персоналізованого контенту з урахуванням інтересів споживача, тоді як процес гаджетизації забезпечує інтерактивну взаємодію з цим контентом і навіть його спільне продукування [2].

Телевізійний продукт дедалі тісніше інтегрується у віртуальний простір: аудіовізуальний ряд доповнюється текстовими матеріалами, розширюється функціональність в інтернет-середовищі, а споживання набуває інтерактивних форм. Практично будь-який телевізійний контент сьогодні має бути адаптований до онлайн-простору, адже лише так він зберігає актуальність і конкурентоспроможність. Це спричиняє зміни в суспільних і культурних цінностях,

відображаючись на моделях використання медіа та сприйнятті інформації. Водночас надзвичайна швидкість поширення даних у цифровому середовищі й міжособистісна комунікація, підсилена гаджетами, визначають нові стандарти ефективної взаємодії.

У цьому контексті блогерство постає як інноваційна форма взаємодії в медіапросторі, яка виконує низку важливих функцій: забезпечує культурний обмін, сприяє створенню адаптивного контенту для різних груп аудиторії, модифікує культурні цінності та формує цифрові платформи для діалогу й дискусій [14]. Усе це свідчить про поступове розширення меж традиційної журналістики та перехід від класичних форматів комунікації до інтерактивних, гнучких і персоналізованих.

Разом із тим, для розуміння сучасних тенденцій варто звернутися до витоків тележурналістики, яка від моменту свого виникнення вирізнялася масовістю впливу. Саме завдяки доступності для широкого загалу та легкості сприйняття вона тривалий час утримувала провідні позиції серед інших засобів масової інформації. Телевізійний жанр завжди був багатограним, поєднуючи різні способи відображення дійсності — від нарисів, інтерв'ю та репортажів до телеспектаклів, художніх і багатосерійних фільмів [17; 18].

Система телевізійних жанрів тривалий час формувала синергію журналістики, мистецтва, наукової популяризації, розваг і навчання, реалізуючись у форматах ток-шоу, освітніх програм, телепередач чи розважальних шоу. Проте під впливом глобалізаційних і цифрових процесів ця структура зазнала суттєвих трансформацій. З'явилися нові жанри, відбувається модифікація традиційних, а зростання частки змішаних форматів спричинило поєднання різних жанрових елементів в одному продукті. Сучасна жанрова палітра телевізійного

контенту визначається не лише творчим задумом, а й місцем, часом і платформою його подачі. Таким чином, класичні форми телевізійної журналістики інтегруються у цифрове середовище та набувають нових рис, орієнтованих на актуальні потреби аудиторії [19; 20; 21].

Водночас соціальний вплив тележурналістики зберігає багатовимірний характер, адаптуючись до нових комунікаційних умов. Його можна розглядати через такі ключові напрями: інформаційний — задоволення потреб аудиторії в оперативній та достовірній інформації; соціальний — трансляція норм, цінностей і моделей поведінки; інтегративний — об'єднання людей зі спільними інформаційними інтересами; політико-адаптаційний — допомога громадянам у пристосуванні до актуальних політичних реалій; культурно-просвітницький — демонстрація стилю поведінки, освіченості та культурних орієнтирів учасників сюжетів; розважальний — створення умов для дозвілля й емоційного розвантаження; рекламний — поширення інформації про товари чи послуги та формування суспільної думки, що водночас забезпечує одне з ключових джерел доходу телебачення [1].

З урахуванням цифрової трансформації доцільно узагальнити класичні функції тележурналістики та їхню еволюцію у вигляді матриці (табл. 1).

Запропонована матриця функцій відображає взаємозв'язок традиційних і новітніх підходів у тележурналістиці. Вона показує, що цифрова трансформація не скасовує класичних функцій, а радше модифікує їх і доповнює новими. У такий спосіб тележурналістика зберігає свою соціальну місію, але водночас інтегрується у цифрове середовище, розширюючи інструментарій впливу на аудиторію. Саме поєднання перевірених форм із сучасними технологічними можливостями створює умови для

Таблиця 1

Матриця функцій тележурналістики в умовах цифрової трансформації

Класичні функції тележурналістики	Сучасна інтерпретація (цифрова епоха)	Нові функції, що виникли
Інформаційна — подання фактів та новин	Інтерактивне новинне мовлення, прямі включення, персоналізація контенту	Протидія фейкам, перевірка достовірності даних
Соціальна — трансляція норм і цінностей	Інтеграція соціальних медіа, формування онлайн-спільнот	Підтримка критичного мислення, цифрова грамотність
Інтегративна — об'єднання аудиторії	Створення платформ для діалогу, стріми з інтерактивом	Розвиток «цифрових публічних просторів»
Політико-адаптаційна — пояснення політичних процесів	Аналітичні програми з інтерактивним залученням глядачів	Залучення громадян до політичних дискусій онлайн
Культурно-просвітницька — підвищення культурного рівня	Освітні проекти, відеоблоги, інтелектуальні шоу онлайн	Формування нових культурних символів через цифрові формати
Розважальна — створення умов для дозвілля	Reality-show, Life-show, ігрові стріми	Інфотейнмент як поєднання інформації й розваги
Рекламна — просування товарів та послуг	Таргетинг і нативна реклама в цифровому просторі	Монетизація через донати, спонсорство у стрімах

Джерело: побудовано за [1; 2; 14; 16; 19; 21]

формування нової екосистеми медіа, де телевізійний продукт перестає бути ізольованим і стає елементом ширшого інформаційного простору.

У цифрову епоху соціальні функції тележурналістики набули нових форм реалізації завдяки інтеграції з інтернет-простором. Симбіоз телебачення та цифрових платформ суттєво підвищив рівень інтерактивності: кожен сюжет, навіть у межах випуску новин, розглядається як самостійний інформаційний продукт, а не лише складова єдиного випуску. Класичне поняття «телевізійного випуску» поступово втрачає значення, адже новини з'являються у медіапросторі в момент їх виникнення, і глядач самостійно обирає матеріали для перегляду.

Інтернет-телебачення перетворилося на інтерактивне й персоналізоване середовище, яке відкриває нові можливості для аудиторії: обирати програми за власними уподобаннями, отримувати додаткову інформацію під час перегляду, спілкуватися з іншими користувачами у реальному часі та навіть впливати на події у студії. Така взаємодія є безперервною, доступною цілодобово та незалежною від місця перебування глядача [17].

Подальший розвиток цифрових форматів зумовив появу нового способу подачі відеоконтенту — стрімів, тобто потокового мовлення через інтернет-з'єднання. Їхній зміст може бути розважальним, освітнім, інформаційним чи рекламним і зазвичай супроводжується інтерактивною взаємодією з аудиторією. Глядачі не лише коментують події, а й підтримують авторів чи проекти добровільними донатами. Найбільш поширеними стали ігрові стріми, під час яких ведучі демонструють процес гри та радяться з аудиторією щодо подальших дій.

Прямоефірне мовлення теж набуло нових рис завдяки цифровим технологіям. Інформаційні формати вирізняються оперативністю й лаконічністю та застосовуються у випусках новин для аналітичних

звітів, інтерв'ю чи коротких репортажів — у вигляді прямих включень або заздалегідь підготовлених сюжетів із голосом за кадром [20; 21]. Поряд із цим активно використовується аналітичне мовлення у формі обговорень і дискусій, що дозволяє глядачеві не лише спостерігати, а й взаємодіяти з телестудією та впливати на перебіг подій. Такі формати дедалі частіше використовуються у сценаріях ток-шоу, вирізняючись студійним характером, участю відомих осіб, різним рівнем інтерактивності й актуальною суспільною тематикою [20; 21].

Розважальне мовлення у цифрову добу охоплює різні підвиди — від Life-Show, що зосереджується на обговоренні актуальних тем у форматі онлайн-спілкування, до Reality-Show, яке відтворює повсякденність героїв (конкурси, кулінарні шоу тощо). Його розвиток демонструє адаптацію телевізійного контенту до потреб аудиторії з урахуванням технічних можливостей створення й поширення відео, зокрема завдяки мобільним пристроям. Це робить медіапродукти доступнішими, а пряма трансляція подій — одним із найоперативніших форматів тележурналістики.

У цьому контексті набуває поширення інфотейнмент — жанр, де пріоритет віддається розважальній формі подачі, а емоційне сприйняття переважає над раціональним. Для нього характерні невимущена атмосфера, простий сюжет та активне використання аудіовізуальних ефектів. У публіцистичних програмах інфотейнмент стає інноваційним способом подачі складної інформації у доступній та привабливій формі [19].

Технологічні зміни також визначають нову концепцію побудови телепрограм: на перший план виходять інтерактивність, залучення глядача, відсутність жорстких сценарних рамок, інтеграція елементів гри та екшен-нарративу [20; 21]. Сучасні цифрові інструменти стимулюють пошук нових

Таблиця 2

Стратегії розвитку тележурналістики в умовах цифрової трансформації

Стратегічний вектор	Мета	Інструменти реалізації	Очікувані результати
Технологічний	Підвищення якості та оперативності контенту	Використання дронів для панорамних зйомок; впровадження стрімінгових платформ; застосування ШІ для монтажу, аналізу та поширення матеріалів	Створення доступного, мобільного та технологічно конкурентного контенту
Аналітико-моніторинговий	Розуміння динаміки медіаспоживання та громадської думки	Систематичні дослідження інтересів аудиторії; big data-аналітика; опитування та цифрова статистика переглядів	Формування контенту, максимально наближеного до потреб глядачів
Комунікаційний	Активізація діалогу з аудиторією	Інтеграція телебачення з соцмережами (YouTube, TikTok, Instagram); чат-боти; інтерактивні ефіри та стріми	Перехід від монологічного мовлення до діалогічної взаємодії з глядачами
Ціннісно-суспільний	Збереження суспільної довіри та інформаційної безпеки	Фактчекінг; протидія дипфейкам та дезінформації; просвітницькі програми з медіаграмотності	Підвищення критичного мислення глядачів, зміцнення авторитету тележурналістики як надійного джерела

Джерело: авторська розробка

форматів. Використання безпілотників забезпечує створення видовищних сюжетів і підсилює аналітичність новин, тоді як головним завданням журналістів залишається боротьба з дезінформацією. Особливим викликом є застосування штучного інтелекту. З одного боку, алгоритми відкривають нові можливості — швидке редагування, обробку даних, підготовку мультимедійного контенту й його поширення. З іншого — вони несуть ризики «роботожурналістики», низькоякісних матеріалів, дипфейків і симуляцій. Це потребує підготовки журналістів нової генерації, здатних розробляти відповідальні редакційні стратегії, протидіяти інформаційним загрозам і водночас ефективно використовувати потенціал технологій [2].

Беручи до уваги сучасні тенденції поширення соціальних мереж і цифрових платформ, доцільно визначити основні стратегії розвитку тележурналістики — табл. 2.

Запропонована модель стратегій розвитку тележурналістики відображає перехід від традиційного монологічного мовлення до багаторівневої системи інтерактивної комунікації, що поєднує технологічні інновації, аналітичне відстеження суспільних тенденцій, активну взаємодію з глядачами та захист ціннісних орієнтирів. Вона показує, що цифровізація не лише розширює інструментарій тележурналістики, а й формує нову місію цієї сфери — бути одночасно виробником якісного контенту та гарантом інформаційної безпеки.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Сучасна тележурналістика перебуває в стані глибокої трансформації під впливом цифровізації та гаджетизації, переходячи від традиційної моделі

подачі інформації до інтерактивної комунікаційної системи, де глядач виступає активним учасником. Це зумовило появу нових професійних ролей — блогерів, інфлюенсерів, стрімерів — та оновлення підходів до створення й сприйняття телевізійного продукту. Функціональний аналіз показав, що класичні напрями тележурналістики (інформаційний, соціальний, культурно-просвітницький, розважальний тощо) зберегли значущість, проте в цифровому середовищі трансформувалися в інноваційні практики: протидію фейкам, розвиток цифрової грамотності, формування онлайн-спільнот, використання інфотейнменту й таргетингових технологій. Запропонована матриця функцій відобразила багатовимірність соціального впливу тележурналістики та її здатність адаптуватися до нових умов. Ключовим результатом стало визначення стратегічних орієнтирів розвитку тележурналістики: впровадження технологічних інновацій (дрони, штучний інтелект, стрімінгові платформи), інтеграція з соціальними мережами, моніторинг медіаспоживання та збереження ціннісних орієнтирів і етичних стандартів. Такий підхід дозволяє розглядати тележурналістику майбутнього як синергетичну модель, що поєднує класичні функції з цифровими інструментами та забезпечує інформаційну безпеку й культурну місію. Наукова новизна полягає в обґрунтуванні матриці функцій і авторської моделі стратегічних векторів розвитку, які формують основу для подальшого аналізу та практичного впровадження сучасних форматів. Перспективними є дослідження методик оцінювання ефективності інтеграції тележурналістики з цифровими платформами та їхнього впливу на формування суспільної думки.

Література

1. Коваленко І. П. Тележурналістика як специфічний вид соціальної діяльності: структурно-функціональний аспект. *Вісник Харківської державної академії культури*. 2014. Вип. 42. С. 167–173. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/hak_2014_42_23 (дата звернення: 01.10.2025).
2. Приступенко Т. О., Євдокименко І. М. Світові тенденції розвитку журналістики: виклики та загрози. *Міжнародна наукова конференція*. Рига, 2024. С. 27–35. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-410-8-6>
3. Sonni A. F., Hafied H., Irwanto I., Latuheru R. Digital Newsroom Transformation: A Systematic Review of the Impact of Artificial Intelligence on Journalistic Practices, News Narratives, and Ethical Challenges. *Journalism and Media*. 2024. Vol. 5, № 4. P. 1554–1570. DOI: <https://doi.org/10.3390/journalmedia5040089>
4. Sonni A. F. Digital transformation in journalism: mini review on the impact of AI on journalistic practices. *Frontiers in Communication*. 2025. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcomm.2025.1535156>
5. Westlund O., Boyles J. L., Guo L., Saldaña M., Salaverría R., Thomson T. J., Wu S. Digital Journalism (Studies): An Agenda for the Future. *Digital Journalism*. 2025. Vol. 13, № 2. P. 179–194. DOI: <https://doi.org/10.1080/21670811.2025.2474530>
6. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J. Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 122. P. 889–901. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
7. Degen M., Olgemöller M., Zabel C. Quality Journalism in Social Media — What We Know and Where We Need to Dig Deeper. *Journalism Studies*. 2024. Vol. 25, № 4. P. 399–420. DOI: <https://doi.org/10.1080/1461670X.2024.2314204>
8. Von Sikorski C., Merz P., Heiss R., Karsay K., Naderer B., Schmuck D. The Political Role of Social Media Influencers: Strategies, Types, and Implications for Democracy—An Introduction. *American Behavioral Scientist*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/00027642251344208>

9. Harff D., Stehr P., Schmuck D. Revisiting opinion leadership in the digital realm: Social media influencers as proximal mass opinion leaders. *New Media & Society*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/14614448251336441>
10. Neuberger C., Bartsch A., Fröhlich R., Hanitzsch T., Reinemann C., Schindler J. The Digital Transformation of Knowledge Order: A Model for the Analysis of the Epistemic Crisis. *Annals of the International Communication Association*. 2023. Vol. 47, № 2. P. 180–201. DOI: <https://doi.org/10.1080/23808985.2023.2169950>
11. Lusiana D., Parastry A. Facing Digital Transformation in The Media Industry: Challenges and Opportunities. *Golden Ratio of Community Services and Dedication*. 2025. Vol. 5, № 2. P. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.52970/grcsd.v5i2.1330>
12. Chen L. Digital Transformation and Innovation of the News Media. *International Journal of Education and Humanities*. 2024. Vol. 17, № 1. P. 154–158. DOI: <https://doi.org/10.54097/j5w0kb62>
13. Ben Moussa M., Radwan A.F., Zaid B., Ayyad K. Hybrid platforms, linear stories: The double bind of journalism's digital transformation in the UAE. *News Research Journal*. 2025. Vol. 46, № 3. P. 366–391. DOI: <https://doi.org/10.1177/30497841251345064>
14. Байда І. В. Трансформація споживання медіа в цифровій культурі: крос-культурний аналіз. *Культурологічний альманах*. 2024. Вип. 2. С. 324–328. DOI: <https://doi.org/10.31392/cult.alm.2024.2.39>
15. Бурдяк О., Помазан Л., Гаврилюк І. Роль інфлюенсерів соціальних мереж в забезпеченні ефективності реклами. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-125>
16. Гнатишин С. Блогосфера в системі професійної підготовки сучасних журналістів. *Communications and Communicative Technologies*. 2025. Вип. 25. С. 38–44. DOI: <https://doi.org/10.15421/292505>
17. Самотей І. І. Інтернет-телебачення: принципи, норми та засади розвитку нового виду ЗМІ в Україні. *Вісник КНУКіМ. Серія «Мистецтвознавство»*. 2015. Вип. 32. С. 95–99. DOI: <https://doi.org/10.31866/2410-1176.32.2015.158718>
18. Субота Є. Вплив телебачення та соціальних мереж на формування медіа реальності. *Український інформаційний простір*. 2020. Вип. 1(5). С. 243–252. DOI: [https://doi.org/10.31866/2616-7948.1\(5\).2020.206132](https://doi.org/10.31866/2616-7948.1(5).2020.206132)
19. Чорна К. Інфотейнмент на телебаченні як об'єкт наукового аналізу. *Вісник КНУКіМ. Серія «Мистецтвознавство»*. 2023. Вип. 48. С. 43–48. DOI: <https://doi.org/10.31866/2410-1176.48.2023.282439>
20. Ятчук О. Інтерактивне телебачення: соціально-комунікаційні моделі та технології : монографія. Дніпро : УМСФ, 2018. 136 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi75/0055590.pdf> (дата звернення: 01.10.2025).
21. Ятчук О. Прямоефірне та інтерактивне мовлення: жанрові особливості. *Образ*. 2019. № 3 (32). С. 126–135. DOI: [https://doi.org/10.21272/Obraz.2019.3\(32\)-126-135](https://doi.org/10.21272/Obraz.2019.3(32)-126-135)

References

1. Kovalenko, I. P. (2014). Telezhurnalistyka yak spetsyficnyi vyd sotsialnoi diialnosti: Strukturno-funktsionalnyi aspekt [Television journalism as a specific type of social activity: Structural and functional aspect]. *Visnyk Kharkivskoi derzhavnoi akademii kultury — Bulletin of Kharkiv State Academy of Culture*, 42, 167–173. http://nbuv.gov.ua/UJRN/hak_2014_42_23 [in Ukrainian].
2. Prystupenko, T. O., & Yevdokymenko, I. M. (2024). Svitovi tendentsii rozvytku zhurnalistyky: vyklyky ta zahrozy [Global trends in journalism development: Challenges and threats]. *Mizhnarodna naukova konferentsiia — International Scientific Conference* (pp. 27–35). Riga. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-410-8-6> [in Ukrainian].
3. Sonni, A. F., Hafied, H., Irwanto, I., & Latuheru, R. (2024). Digital newsroom transformation: A systematic review of the impact of artificial intelligence on journalistic practices, news narratives, and ethical challenges. *Journalism and Media*, 5(4), 1554–1570. <https://doi.org/10.3390/journalmedia5040089>
4. Sonni, A. F. (2025). Digital transformation in journalism: Mini review on the impact of AI on journalistic practices. *Frontiers in Communication*, 10. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2025.1535156>
5. Westlund, O., Boyles, J. L., Guo, L., Saldaña, M., Salaverriá, R., Thomson, T. J., & Wu, S. (2025). Digital journalism (studies): An agenda for the future. *Digital Journalism*, 13(2), 179–194. <https://doi.org/10.1080/21670811.2025.2474530>
6. Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
7. Degen, M., Olgemöller, M., & Zabel, C. (2024). Quality journalism in social media — What we know and where we need to dig deeper. *Journalism Studies*, 25(4), 399–420. <https://doi.org/10.1080/1461670X.2024.2314204>
8. Von Sikorski, C., Merz, P., Heiss, R., Karsay, K., Naderer, B., & Schmuck, D. (2025). The political role of social media influencers: Strategies, types, and implications for democracy — An introduction. *American Behavioral Scientist*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/00027642251344208>
9. Harff, D., Stehr, P., & Schmuck, D. (2025). Revisiting opinion leadership in the digital realm: Social media influencers as proximal mass opinion leaders. *New Media & Society*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/14614448251336441>
10. Neuberger, C., Bartsch, A., Fröhlich, R., Hanitzsch, T., Reinemann, C., & Schindler, J. (2023). The digital transformation of knowledge order: A model for the analysis of the epistemic crisis. *Annals of the International Communication Association*, 47(2), 180–201. <https://doi.org/10.1080/23808985.2023.2169950>

11. Lusiana, D., & Parastray, A. (2025). Facing digital transformation in the media industry: Challenges and opportunities. *Golden Ratio of Community Services and Dedication*, 5(2), 40–46. <https://doi.org/10.52970/grcsd.v5i2.1330>
12. Chen, L. (2024). Digital transformation and innovation of the news media. *International Journal of Education and Humanities*, 17(1), 154–158. <https://doi.org/10.54097/j5w0kb62>
13. Ben Moussa, M., Radwan, A. F., Zaid, B., & Ayyad, K. (2025). Hybrid platforms, linear stories: The double bind of journalism's digital transformation in the UAE. *News Research Journal*, 46(3), 366–391. <https://doi.org/10.1177/30497841251345064>
14. Baida, I. V. (2024). Transformatsiia spozhyvannia media v tsyfrovii kulturi: kros-kulturnyi analiz [Transformation of media consumption in digital culture: A cross-cultural analysis]. *Kulturolohichnyi almanakh — Culturological Almanac*, (2), 324–328. <https://doi.org/10.31392/cult.alm.2024.2.39> [in Ukrainian].
15. Burdiak, O., Pomazan, L., & Havryliuk, I. (2024). Rol influenseriv sotsialnykh merezh v zabezpechenni efektyvnosti reklamy [The role of social media influencers in ensuring advertising effectiveness]. *Ekonomika ta suspilstvo — Economy and Society*, (60). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-125> [in Ukrainian].
16. Hnatyshyn, S. (2025). Blohosfera v systemi profesiinoi pidhotovky suchasnykh zhurnalistiv [Blogosphere in the system of professional training of modern journalists]. *Communications and Communicative Technologies*, (25), 38–44. <https://doi.org/10.15421/292505> [in Ukrainian].
17. Samotei, I. I. (2015). Internet-telebachennia: pryntsypy, normy ta zasady rozvytku novoho vydu ZMI v Ukraini [Internet television: Principles, norms and foundations of development of a new type of mass media in Ukraine]. *Visnyk KNUKiM. Seriya "Mystetstvoznavstvo" — Bulletin of KNUKiM. Series "Art Studies"*, (32), 95–99. <https://doi.org/10.31866/2410-1176.32.2015.158718> [in Ukrainian].
18. Subota, Ye. (2020). Vplyv telebachennia ta sotsialnykh merezh na formuvannia media realnosti [The influence of television and social networks on the formation of media reality]. *Ukrainskyi informatsiinyi prostir — Ukrainian Information Space*, 1(5), 243–252. [https://doi.org/10.31866/2616-7948.1\(5\).2020.206132](https://doi.org/10.31866/2616-7948.1(5).2020.206132) [in Ukrainian].
19. Chorna, K. (2023). Infoteinment na telebachenni yak ob'ekt naukovoho analizu [Infotainment on television as an object of scientific analysis]. *Visnyk KNUKiM. Seriya "Mystetstvoznavstvo" — Bulletin of KNUKiM. Series "Art Studies"*, (48), 43–48. <https://doi.org/10.31866/2410-1176.48.2023.282439> [in Ukrainian].
20. Yatchuk, O. (2018). Interaktyvne telebachennia: Sotsialno-komunikatsiini modeli ta tekhnolohii [Interactive television: Socio-communicative models and technologies]. Dnipro: UMSF. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi75/0055590.pdf> [in Ukrainian].
21. Yatchuk, O. (2019). Priamoeifirne ta interaktyvne movlennia: zhanrovi osoblyvosti [Live and interactive broadcasting: Genre features]. *Obraz*, 3(32), 126–135. [https://doi.org/10.21272/Obraz.2019.3\(32\)-126-135](https://doi.org/10.21272/Obraz.2019.3(32)-126-135) [in Ukrainian].

Лопаєва Олена Миколаївна

*старший викладач кафедри тактико-спеціальної підготовки
Дніпровський державний університет внутрішніх справ*

Lopaeva Elena

*Senior Lecturer of the Department of Tactical and Special Training
Dnipro State University of Internal Affairs*

Байбарза Дар'я Віталіївна

курсант

*Факультету підготовки фахівців для органів досудового розслідування
Національної поліції України
Дніпровського державного університету внутрішніх справ*

Baibarza Daria

Student of the

*Faculty of Training Specialists for Pre-trial Investigation Bodies
of the National Police of Ukraine
Dnipro State University of Internal Affairs*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11521

СОЦІОЛОГІЧНЕ РОЗУМІННЯ ГЕНДЕРУ В ПРАВООХОРОННИХ ОРГАНАХ

SOCIOLOGICAL UNDERSTANDING OF GENDER IN LAW ENFORCEMENT AGENCIES

Анотація. Досліджене питання соціологічного розуміння гендеру у правоохоронних органах, полягає у досягненні гендерної рівності в Україні виступає не лише обов'язком, закріпленим у міжнародному праві, але й фундаментальною умовою сталого розвитку держави. У контексті функціонування правоохоронних органів інтеграція гендерного підходу набуває особливої актуальності, оскільки цей аспект сприяє підвищенню результативності професійної діяльності, зміцненню довіри населення до органів влади та утвердженню принципів верховенства права. Забезпечення балансу в гендерній представленості в правоохоронній сфері формує передумови для створення справедливого, безпечного та демократичного суспільства.

Незважаючи на наявність нормативно-правової бази, що регулює питання гендерної рівності, на практиці правоохоронна система України все ще залишається переважно патріархальною. Жінки, що працюють у цій сфері, нерідко стикаються з упередженим ставленням, обмеженими перспективами кар'єрного просування та низьким рівнем гендерної чутливості серед колег і керівників. Ці чинники ускладнюють впровадження принципу рівноправності й рівних можливостей, а також негативно впливають на загальну ефективність роботи поліцейських інституцій.

У зв'язку з цим аналіз соціологічних уявлень про гендер у правоохоронних органах є ключовим для глибшого розуміння проблем нерівності та пошуку рішень для їх подолання.

Ключові слова: гендер, правоохоронні органи, соціологічні дослідження, рівність.

Summary. The research question of sociological understanding of gender in law enforcement agencies is that achieving gender equality in Ukraine is not only an obligation enshrined in international law, but also a fundamental condition for the sustainable development of the state. In the context of law enforcement, integrating a gender perspective is super important because it helps make their work more effective, builds public trust in the authorities, and reinforces the rule of law. Gender balance in law enforcement creates the conditions for a fair, safe, and democratic society.

Despite the existence of a regulatory framework governing gender equality, in practice Ukraine's law enforcement system remains predominantly patriarchal. Women working in this field often face prejudice, limited career prospects, and low levels of gender sensitivity among colleagues and managers. These factors complicate the implementation of the principle of equality and equal opportunities, and also negatively affect the overall effectiveness of police institutions.

In this regard, analyzing sociological perceptions of gender in law enforcement agencies is key to gaining a deeper understanding of inequality issues and finding solutions to overcome them.

Key words: gender, law enforcement agencies, sociological research, equality.

Постановка проблеми. У сучасному суспільстві питання гендерної рівності стає дедалі актуальнішим, особливо у сфері правоохоронних органів, які традиційно сприймаються переважно, як чоловіча професія. Попри формальне закріплення принципів рівних можливостей, у професійній діяльності досі помітні прояви гендерних стереотипів, упереджене ставлення до жінок та нерівномірний розподіл посадових обов'язків. Це вказує на потребу більш глибокого соціологічного аналізу явища гендеру в системі правоохоронних органів, що охоплює складну взаємодію соціальних ролей, суспільних очікувань і встановлених норм.

Дослідження цієї теми є необхідним для кращого усвідомлення механізмів формування гендерних відносин у професійній діяльності, виявлення перешкод у кар'єрному розвитку працівників різної статі та розробки ефективних шляхів впровадження політики гендерної рівності в структурі правоохоронних органів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню гендерних стереотипів в правоохоронних органах приділили увагу у своїх наукових працях численні вчені та науковці у галузі соціології та психології. Серед них варто виокремити наступних: Марценюк Т., Лопасава О. М., Чернявський С. С., Левченко К. Б., Чорноус Ю. М.. Всі результати наукового пошуку, отримані ними під час дослідження даної теми, мають вагоме значення. Однак сучасні виклики породжені повномасштабним вторгненням та умов повоєнної відбудови вимагає подальшого ґрунтовного дослідження в цій темі, що ще раз підкреслює актуальність та важливість обраної тематики дослідження.

Мета статті. Метою написання даної роботи є дослідження соціологічних аспектів розуміння гендеру в правоохоронних органах, виявлення проявів гендерної нерівності у професійному середовищі та визначення шляхів формування рівних можливостей для чоловіків і жінок у цій сфері.

Методи наукового пошуку і матеріали дослідження. Основою для проведення дослідження є роботи попередніх науковців, яка охоплює сферу гендерної нерівності у правоохоронних органах. У ході проведення дослідження були використані такі методи наукового пошуку:

- 1) аналіз і синтез для узагальнення та систематизації теоретичних підходів до вивчення гендерних відносин;
- 2) порівняльний метод для зіставлення вітчизняного та зарубіжного досвіду;
- 3) соціологічні методи, зокрема опитування та анкетування, що дозволили визначити ставлення

працівників правоохоронних органів до проблеми гендерної рівності.

Вибір і комплексне поєднання зазначених методів зумовлені необхідністю інтегрування теоретичного та емпіричного підходів, що забезпечує всебічне виявлення ключових тенденцій, бар'єрів та перспектив впровадження принципу гендерної рівності у професійному середовищі правоохоронних структур.

Виклад основного матеріалу. З метою виявлення основних тенденцій щодо гендерних відносин у правоохоронних органах було проведено комплексний аналіз наукових джерел, законодавчих актів та результатів соціологічних досліджень.

Дослідження показало, що, незважаючи на офіційне закріплення принципів гендерної рівності, у професійному середовищі правоохоронних органів все ще існують глибокі гендерні стереотипи, які впливають на сприйняття професійних ролей чоловіків і жінок. Ці упередження здійснюють негативний вплив під час розподілу професійних обов'язків та значною мірою на кар'єрні можливості працівників. В свою чергу соціологічний аналіз засвідчив, що жінки змушені стикатися з бар'єрами при призначенні на керівні посади, а також із проявами нерівності під час оцінювання їхніх професійних досягнень. Основними процесами, що зумовлюють гендерну нерівність є:

- 1) культурна неосвізаність — спостерігається у відсутності розуміння та усвідомлення соціокультурних норм і гендерних ролей та спричиняє формування стереотипів, що зазвичай проявляється у дискримінації жінок у професійній сфері;
- 2) неефективна реалізація політики соціальної рівності за ознакою статі, що полягає у формальному закріпленні принципів гендерної рівності та відсутності контролю з дотримання цих норм;
- 3) стереотипи, являють собою, хибні усталені суспільні уявлення, щодо розподілу ролей на чоловічі та жіночі.

Поняття гендеру з'явилося не так давно — в активний ужиток воно потрапило лише в 1960-х роках [1, с. 24]. Було встановлено, що поняття «стать» у чисто біологічному розумінні не охоплює всі аспекти соціальної реальності, тому у науковому дискурсі почали застосовувати термін «гендер», що дає змогу критично аналізувати соціально сформовані ролі чоловіків та жінок [1, с. 102].

Однією з найбільш поширених помилок у сприйнятті поняття «гендер» є зведення до питання розподілу соціальних ролей між чоловіками та жінками. Такий обмежений підхід сприяє формуванню стійких стереотипів, коли уже з ранніх років особам

нав'язуються специфічні характеристики, моделі поведінки та життєві пріоритети. Наприклад, дівчат виховують у контексті ролі дбайливих господинь, відповідальних за домашній затишок, тоді як хлопців спрямовують на розвиток сили, лідерських якостей та успіх у публічному житті [2, с. 7]. Така схема соціалізації закріплює традиційний поділ гендерних ролей, що відчутно впливає на вибір професії, кар'єрний шлях і рівень залучення жінок і чоловіків в різноманітні сфери суспільного життя, включно з правоохоронною діяльністю.

З огляду на вищевикладене можемо прийти до висновку, що сформовані стереотипи на ранніх етапах соціалізації, згодом відтворюються у професійному середовищі, зокрема у правоохоронних органах.

Поліція, що об'єднує представників різних соціальних груп, яку вона покликана захищати, зокрема з урахуванням гендерного складу, стає більш відкритою та викликає більше довіри з боку громадськості [3, с. 170]. Досягнення гендерного балансу в правоохоронних структурах сприяє зміцненню довіри між поліцією та громадянами, одночасно підвищуючи обізнаність і чутливість співробітників до потреб і проблем різних соціальних груп. Наприклад, у випадках вчинення сексуального насильства щодо жінки доцільно, щоб допит проводила жінка-слідча або працівниця поліції [4, с. 29]. Це пояснюється не лише етичними міркуваннями, а й психологічними чинниками: потерпіла у такій ситуації почувається більш захищеною, має вищий рівень довіри до правоохоронця, що сприяє отриманню повної та достовірної інформації без повторної травматизації.

Аналогічно, під час проведення поверхневої перевірки або особистого огляду жінки така процедура повинна здійснюватися працівником тієї ж статі. Це відповідає не лише вимогам законодавства та службової етики, а й принципам поваги до людської гідності, особистої недоторканності

та забезпечення гендерної культури у правоохоронній діяльності.

Важливо пам'ятати, що правоохоронна діяльність належить до професій з підвищеним рівнем ризику, тому особливу увагу під час навчання та підготовки майбутніх працівників, слід приділяти таким факторам, як: особиста безпека, тактика огляду місця події, особливості роботи в команді [5, с. 326]. Такі чинники забезпечують формування рівних можливостей між жінками та чоловіками, усуває стереотипи та формує професійну культуру працівників правоохоронних органів.

В Україні важливо розробити спеціалізовані навчальні програми для жінок-поліцейських, щоб забезпечити дотримання принципу гендерної рівності. Ці програми можуть базуватися на позитивному міжнародному досвіді і включати різноманітні етапи підготовки. Це може охоплювати: навчання в спеціалізованих закладах, а також підвищення кваліфікації та службову підготовку. Такі заходи сприятимуть розвитку професійних навичок і створенню рівних можливостей у правоохоронній сфері [6, с. 71].

Таким чином, урахування гендерного аспекту в роботі поліції не є формальністю, а виступає необхідною умовою забезпечення професійної етики, дотримання прав людини та підвищення ефективності правоохоронної діяльності загалом.

Висновки. Отже, розглянувши дану проблему, соціологічне розуміння гендеру в правоохоронних органах дозволяє глибше усвідомити причини та наслідки гендерної нерівності, що існують у цій сфері. Формування гендерно чутливого середовища, рівного доступу до кар'єрного зростання та належного ставлення до працівників незалежно від статі є важливою умовою підвищення ефективності діяльності поліції. Забезпечення гендерного балансу сприятиме зміцненню довіри громадян до правоохоронних органів, підвищенню професійної етики та розвитку демократичного суспільства, заснованого на принципах справедливості та рівних можливостей.

Література

1. Марценюк Т., Гендер для всіх, *Виклик стереотипам*, Київ : Основи, 2017, С. 1–256.
2. Марценюк Т., Інтеграція гендерної складової в аналітичні матеріали, Міжнародний фонд «Відродження», 2019, С. 4–28.
3. Лопатова О. М., Дотримання гендерної рівності в правоохоронних органах, *The XIV International Scientific and Practical Conference: Theoretical and science bases of actual tasks*, April 12–15, 2022, Lisbon, Portugal. 677 p., С. 170–172.
4. Чернявський С. С., Левченко К. Б., Черноус Ю. М., и др., Методичні рекомендації з інтегрування підходу, орієнтованого на потерпілих, у деяких аспектах досудового розслідування злочинів сексуального насильства в умовах збройної агресії, Програма: Технічна експертиза та передача потенціалу для підтримки реформ, Київ, 2023, С. 6–43.
5. Покайчук В. Я., Поливанюк В. Д., Біліченко В. В. Поняття та загальні відомості особистої безпеки в підрозділах Національної поліції України. *Police activity in Ukraine and European countries: modern standards and unification options*: кол. монографія. Рига, Латвія: «Baltija Publishing», 2021. 341 с.
6. Каліман М. Р., Напрями сприяння гендерній рівності в поліцейській діяльності. *Юридичний науковий електронний журнал*. № 12. 2021. 72 с.

References

1. Martseniuk T., (2017). Hender dlia vsikh, Vyklyk stereotypam [Gender for all]. Kyiv: *Osnovy*, p. 1–256 [in Ukrainian].
2. Martseniuk T., (2019). Intehratsiia hendernoi skladovoi v analitychni materialy [Integration of gender issues into analytical materials]. *Mizhnarodnyi fond “Vidrodzhennia”*, p. 4–28 [in Ukrainian].
3. Lopaeva O. M., Compliance with gender equality in law enforcement agencies, *The XIV International Scientific and Practical Conference: Theoretical and scientific bases of actual tasks*, April 12–15, 2022, Lisbon, Portugal. 677 p., pp. 170–172.
4. Cherniavskiy S. S. y dr., (2023). Metodychni rekomendatsii z intehruvannia pidkhodu, oriietovanoho na poterpilykh, u deiakyykh aspektakh dosudovoho rozsliduvannia zlochyniv seksualnoho nasylstva v umovakh zbroinoi ahresii [Methodological recommendations for integrating a victim-oriented approach into certain aspects of the pre-trial investigation of sexual violence crimes in the context of armed aggression]. *Prohrama: Tekhnichna ekspertyza ta peredacha potentsialu dlia pidtrymky reform*, Kyiv, p. 6–43 [in Ukrainian].
5. Pokaichuk V. Y., Polyvaniuk V. D., Bilichenko V. V., (2021) Poniattia ta zahalni vidomosti osobystoi bezpeky v pidrozdilakh Natsionalnoi politsii Ukrainy [Concepts and general information on personal safety in the units of the National Police of Ukraine]. *Police activity in Ukraine and European countries: modern standards and unification options: kol. monohrafiia*. Ryha, Latviia: “Baltija Publishing”. p. 341.
6. Kaliman M. R., (2021). Napriamy spriyannia hendernii rivnosti v politseiskii diialnosti [Areas for promoting gender equality in policing]. *Yurydychnyi naukovi elektronnyi zhurnal*. № 12. 72 s.

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*

Sigal Oleksandr

*Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Sherenkovskiy Julii

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Meranova Nataliia

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Polozenko Nina

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Bikorez Evgenii

*Scientific Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Dashkovska Iryna

*Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11516

THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES ON THE FORMATION OF PEAK LOADS

Summary. This paper presents the results of an examination of the problem of covering peak loads in Ukraine's energy system in the context of Russia's full-scale invasion of Ukraine. Information is provided on the characteristics of these loads and their changes as a result of the war. The corresponding challenges associated with the integration of renewable energy sources into Ukraine's energy system are analyzed. The analysis concludes that the problem of covering peak loads in Ukraine's energy system has become increasingly pressing, given the increase in these loads for a number of different reasons.

Key words: renewable energy sources, peak loads, energy system, peak load coverage, energy storage.

Introduction. The efficient functioning of the energy system largely determines economic development and ensures a comfortable life for the population. One of the critical challenges to the state of the energy system is peak load, which should be considered not only as a technical phenomenon but also as a socio-economic marker [1].

The generation and coverage of peak loads in Ukraine has specific characteristics that have changed significantly over time, particularly since Russia's full-scale invasion of Ukraine. Systematic attacks on major generation and transmission facilities in the spring of 2024 resulted in the loss of a significant portion of the power's maneuvering capacity, making

the problem of peak loads particularly acute. Addressing this issue requires the introduction of additional flexible peak capacity and a fundamental review of approaches to effectively forecasting, covering, and smoothing peak loads.

A large number of works have been devoted to various aspects of the problem of peak load management, for example [2–16]. This review aims to examine the impact of renewable energy sources on the formation of peak loads in the Ukrainian power system.

Aim.

The aim of this paper is to analyse a number of issues related to peak load generation in the context of their dependence on renewable energy sources.

Peak load management and renewable energy sources.

The integration of renewable energy sources into Ukraine's power system is significantly changing the structure of consumption and generation, affecting peak loads. Table 1 shows the installed capacity of renewable energy sources in 2014 and 2024, according to the Ministry of Energy. Solar generation appears to be dominant, with a capacity of 1,006 MW in 2014 and a decrease to 782 MW by 2024. Wind power system capacity has remained unchanged over the past 10 years (299 MW) and is significantly lower than solar power.

Table 2 presents data on changes in the generation structure in the Ukrainian power system caused by renewable energy sources and the corresponding resulting effects.

The growth of installed renewable energy capacity has led to a change in the traditional daily load curve, resulting in increased generation during the day and a decrease in the evening. Consequently, the amplitude of daily load fluctuations has increased [19].

The integration of renewable energy sources into the Ukrainian energy system has led to the formation of so-called “artificial” or “pseudo-peaks” alongside classical peaks, namely: a peak in which traditional generation is switched on at sunset to compensate for the lack of solar power and a peak in which renewable energy sources are limited when the grid cannot accommodate excess generation.

Important characteristics of renewable energy sources include their seasonal and weather instability, which leads to random and unpredictable fluctuations in generation. This, in the absence of the necessary storage capacity, is due to frequent changes in the direction of power flows in transmission networks and sudden power fluctuations due to cloud cover, changes in wind speed, and the like [20]. Another characteristic of renewable energy sources is generation asymmetry due to their territorial concentration in the southern regions of Ukraine, which creates localized network overloads.

The stated requirements related to the integration of renewable energy sources into the energy system of Ukraine require an active response and coordinated development of relevant mechanisms.

Conclusions. This article analyzes several aspects of peak load coverage in the Ukrainian power system.

Table 1

Installed capacity of renewable energy sources (MW) in Ukraine in 2014 and 2024 according to the Ministry of Energy

Renewable energy sources	2014 year	2024 year
Solar power system, MW	1006	782
Biogas, MW	6	9
Wind power system, MW	299	299
Total, MW	1311	1090

Table 2

The influence of renewable energy sources on the formation of peak loads in the energy system of Ukraine

Structural changes	A change in the traditional daily load curve, manifested in an increase in generation during the day and a decrease in the evening	Formation of so-called “artificial” or “pseudo-peaks” alongside classical peaks	Random and unpredictable fluctuations in generation due to seasonal and weather instability	Asymmetry of generation due to territorial concentration of renewable energy sources (mainly in the southern regions of Ukraine)
Resulting effects	Increase in the amplitude of daily load fluctuations	Switching on conventional generation at sunset to compensate for the absence of a solar power system and the limitation of renewable energy sources, provided that the grid cannot accommodate excess generation	Frequent changes in the direction of power flows in main networks and sharp fluctuations in power due to cloud cover, changes in wind speed, etc.	Local network congestion, especially when subject to restrictions due to unexpected military action or damaged infrastructure

The impact of renewable energy sources integrated into the Ukrainian power system on peak load generation is examined. It is noted that the growth in installed capacity of renewable energy sources has led to

increased daily load fluctuations, the formation of “artificial” or “pseudo-peaks” alongside traditional peaks, generation asymmetry due to the spatial concentration of renewable energy sources, and other factors.

References

1. Енергетична стратегія України до 2035 року: Міненерго України. Київ : НІСД, 2015. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2015-04/Energy%20Strategy.pdf> (дата звернення: 10.10.2025).
2. План відновлення України: Енергетика: Національна рада з відновлення України від наслідків війни. URL: https://uploads-ssl.webflow.com/625d81ec8313622a52e2f031/62c1b0a10abd54a8ec49184_Енергетична%20безпека.pdf (дата звернення: 10.10.2025).
3. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53746> (дата звернення: 10.10.2025).
4. Балансування енергосистеми: в пошуках оптимальних рішень (2021). URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/balansuvannia-enerhosystemy-v-poshukakh-optymalnykh-rishen> (дата звернення: 10.10.2025).
5. Зварич Р., Масна О. Національна політика України щодо ВДЕ: аналіз міжнародних зобов'язань та інтеграція до європейських енергетичних ринків. *Вісник Економіки*. 2024. № 4. Р. 122–136. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2024/04/122>; URL: <https://dspace.wunu.edu.ua/jspui/bitstream/316497/53637/1/%d0%97%d0%b2%d0%b0%d1%80%d0%b8%d1%87.PDF> (дата звернення: 10.10.2025).
6. Collins G. An Electricity Strategy for Long War in Ukraine. *Collins Research Portal*. July 2, 2024. URL: https://collinsresearchportal.com/wp-content/uploads/2024/07/collins_distributed-electricity-for-ukraine_1-july-2024.pdf (дата звернення: 10.10.2025).
7. Uğur Çakır, Kemal Çomaklı, Fikret Yüksel. The role of cogeneration systems in sustainability of energy. *Energy Conversion and Management*. 2012. № 63. Р. 196–202. DOI: 10.1016/j.enconman.2012.01.041.
8. Суходоля О.М. Стійкість критичної інфраструктури та життєво важливих функцій і послуг: формалізація завдань і змісту дій зацікавлених сторін. *Стратегічна панорама*. 2023. № 2. С. 5–20. DOI: 10.53679/2616-9460.2.2023.01.
9. Філатов В., Топал О., Голенко І. Порівняльні характеристики генеруючих потужностей та їх одночасний вплив на роботу енергосистеми України. *Scientific Collection “InterConf+”*. 2022. 22(113). С. 386–394. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.06.2022.039>
10. Тульчинська С. О., Солосіч О. С., Сінайко М. Д. Забезпечення енергетичної безпеки України в умовах воєнного стану. *Агросвіт*. 2025. № 8. С. 62–68. DOI: 10.32702/2306-6792.2025.8.62.
11. Дністровська ГАЕС: інфраструктура та експлуатація. *Науково-технічний збірник Укргідропроект*. 2022. № 1. С. 10–17.
12. МЕА. Розширення можливостей України через децентралізовану систему електроенергетики, 2024. МЕА, Париж. URL: <https://www.iea.org/reports/empowering-ukraine-through-a-decentralised-electricity-system> (дата звернення: 10.10.2025).
13. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей — 2019 НЕК “УКРЕНЕРГО”. URL: <http://surl.li/flfaz> (дата звернення: 10.10.2025).
14. Крутоголова І. О., Браверман В. Я., Ільченко Б. І. Розподілені мікромережі з використанням криогенних систем зберігання електроенергії, виробленої відновлювальними джерелами, як важливий еколого-економічний чинник. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2023. № 3. С. 35–42. DOI: 10.33070/etars.3.2023.03.
15. Тесленко О. І. Енергетичний потенціал розподіленої генерації на потужних котельнях України в умовах воєнної агресії. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2024. № 1. С. 47–59. DOI: 10.33070/etars.1.2024.04.
16. Гелетука Г. Г., Крамар В. Г. Розвиток розподіленої генерації як фактор збереження енергосистеми України в умовах війни. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2025. № 1. С. 23–35. DOI: 10.33070/etars.1.2025.02.
17. Огляд енергетичної галузі України. URL: <https://uaea.com.ua/dysp/review/review-2017-2021.html> (дата звернення: 10.10.2025).
18. Динаміка і структура споживання електроенергії в Україні. URL: <https://uaea.com.ua/dysp/ee-cons.html> (дата звернення: 10.10.2025).
19. Remap 2030, renewable energy prospects for Ukraine. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/Apr/IRENA_REmap_Ukraine_paper_2015.pdf (дата звернення: 10.10.2025).
20. Gonçalves A. C.R., Costoya X., Nieto R., Liberato M. L.R. Extreme weather events on energy systems: a comprehensive review on impacts, mitigation, and adaptation measures. *Sustainable Energy Res*. 2024. 11 (4). Р. 4–28. DOI: 10.1186/s40807-023-00097-6

UDC 621.1.016:621.184

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*

Sherenkovskiy Julii

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Meranova Nataliia

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Klishch Andrii

*Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Rokytko Kostiantyn

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Khmil Dmitro

*PhD, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Misiura Tymofii

*PhD, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Melnichenko Taras

*Graduate Student of the
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Siryi Alexander

*Candidate of Technical Sciences, Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine,
Associate Professor
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”*

Gladkov Danylo

*Master's Student of the
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11480

**FEATURES OF THE TEMPERATURE REGIME
OF THE ACTIVE COMBUSTION ZONE
IN MICRO-JET TYPE BURNERS**

Summary. The results of a study examining the dependence of the combustion zone thermal state and fuel burnout on the characteristics of a micro-jet burner with a multi-row fuel feed are presented at a constant equipment heat output. An analysis of the influence of these characteristics on the distribution of the average enthalpy temperature, the fuel burnout coefficient, and the temperature non-uniformity coefficient along the channel is conducted.

Key words: micro-jet burner, flat flame stabilizer, computer modeling, fuel burnout coefficient, average enthalpy temperature.

Introduction. A promising modification of stabilizing micro-jet burners is characterized by low burner pressure losses, a high degree of combustion zone homogenization, and improved stabilization properties. This article examines a modification of such devices with a multi-row fuel supply system, which are designed for use at various excess air coefficients, and examines the situation with a constant heat output of the power plant, which is typically observed in the operation of boiler plants and other fire-fighting facilities. Mathematical and computer modeling are widely used in the study of fuel combustion processes [1–25]. In the presented work, the study of the working processes of a new modification of micro-jet burners was carried out on the basis of computer modeling.

The design of the burner units discussed in this article is based on a modular principle and, by connecting a certain number of burner modules, allows for the required power output of such units to be achieved. A single burner module was considered in the simulation.

A separate burner module consists of a flat flame stabilizer located in the channel at a distance from the channel walls. Fuel supplied to the flame stabilizer enters one of three sections (I, II, III), separated from one another. Each section delivers fuel gas at a specific excess air ratio within a specified range. A three-row system of round holes is located on the side surfaces of

the flame stabilizers, through which gas is fed directly into the oxidizer flow. This fuel delivery system allows for the regulation of the fuel mixture composition within the flame stabilization zone.

The results of studies of the combustion zone thermal state and fuel burnout for a constant equipment heat output are presented in Figures 1–4. The presented data indicate that, in general, the temperature levels in the channel are higher, the lower the number of the corresponding row of gas supply holes. Beyond the recirculation zone, an increase in temperature is observed downstream as fuel gas is supplied to all rows of gas supply holes. In the recirculation zone, relatively high temperatures are observed for the first and second rows of gas supply holes, and when fuel is supplied to the third section, the temperature in this zone decreases significantly. Clearly, the combustion zone thermal state characteristics for the first and second rows of fuel supply are quantitatively and qualitatively similar. For fuel supply to the third row, this state exhibits certain differences.

The temperature variation in the channel along the x -axis for the three fuel supply situations studied is illustrated in Figure 1. When fuel gas is supplied to the third row of gas supply holes, a significantly lower temperature level is observed along this axis. As for the temperature levels when fuel is supplied

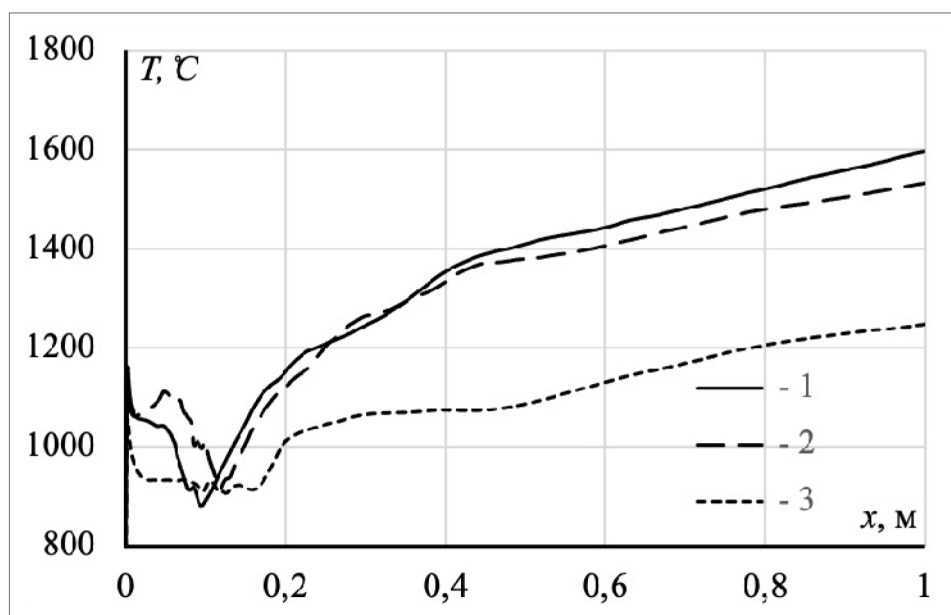


Fig. 1. Distribution of temperature T along the length of the channel behind the flame stabilizer on the axis of the stabilizer in the plane passing through the axis of the gas supply holes, when fuel is supplied to the first (1), second (2) and third (3) sections

to the second and first sections, their differences are relatively insignificant. This complex temperature behavior in the recirculation zone, namely the presence of localized extremes, is clearly related to the vortex structure of combustion product movement.

Regarding the distribution of the average enthalpy temperature along the channel, the situation under consideration is localized in terms of this temperature level as follows: the highest level corresponds to the first fuel supply row, the lower to the second, and the lowest to the third (Fig. 2). Moreover, the temperature differences for the first and second rows are somewhat smaller than those for the second and third. It should be noted that in this section of the channel, the temperature T^e does not clearly approach constant values.

The change in the fuel burnout coefficient η along the x -axis is illustrated in Fig. 3. According to the data obtained, the lowest η values correspond to fuel injection into the first section. When fuel gas is supplied to

the second and third sections, the η values are somewhat higher and similar in magnitude.

It is noteworthy that there is a certain correlation in the behavior of the burnout coefficient η and the average enthalpy temperature T^e . A higher value of T^e for the first row of fuel supply corresponds to a lower value of η . Smaller, close in magnitude, temperatures T^e for the second and third rows of fuel gas supply correspond to higher values of η .

Figure 4 shows research data on the behavior of the temperature non-uniformity coefficient γ along the channel x . As can be seen from the graph, the differences in γ values for situations corresponding to different fuel supply rows are relatively insignificant. Moreover, the highest γ levels occur when fuel gas is supplied to the third section, and the lowest — to the first.

Conclusions. Studies of the dependence of the combustion zone thermal state and fuel burnout on the burner device characteristics at constant equipment

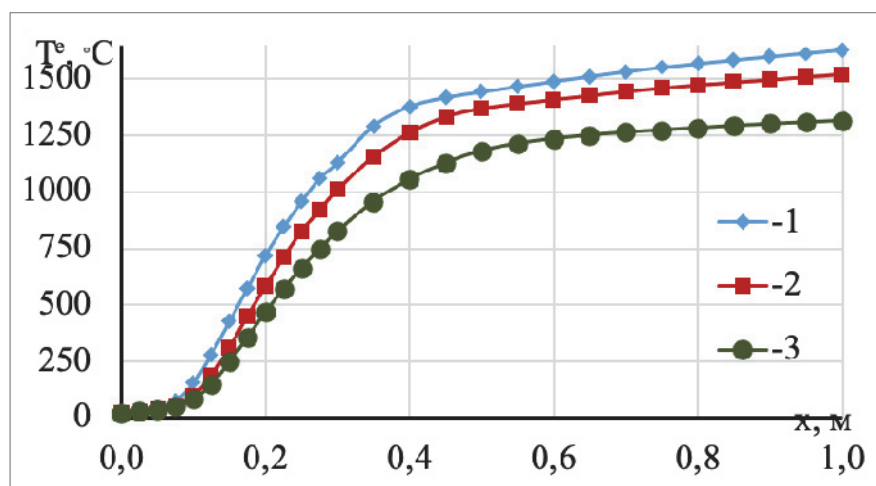


Fig. 2. Distribution of the average enthalpy temperature T along the length of the channel behind the flame stabilizer, when fuel is supplied to the first (1), second (2) and third (3) sections at a constant heat output of the equipment

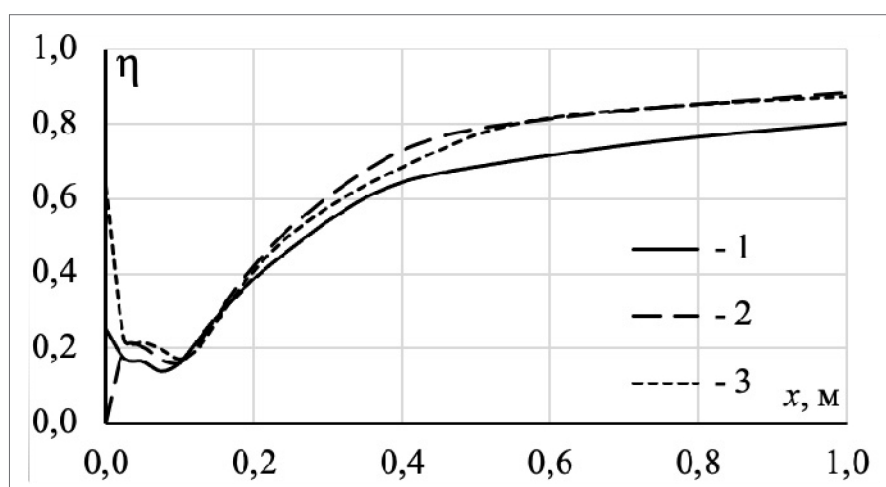


Fig. 3. Distribution of the fuel burnout coefficient η along the length of the channel behind the flame stabilizer, when fuel is supplied to the first (1), second (2) and third (3) sections at a constant heat output of the equipment

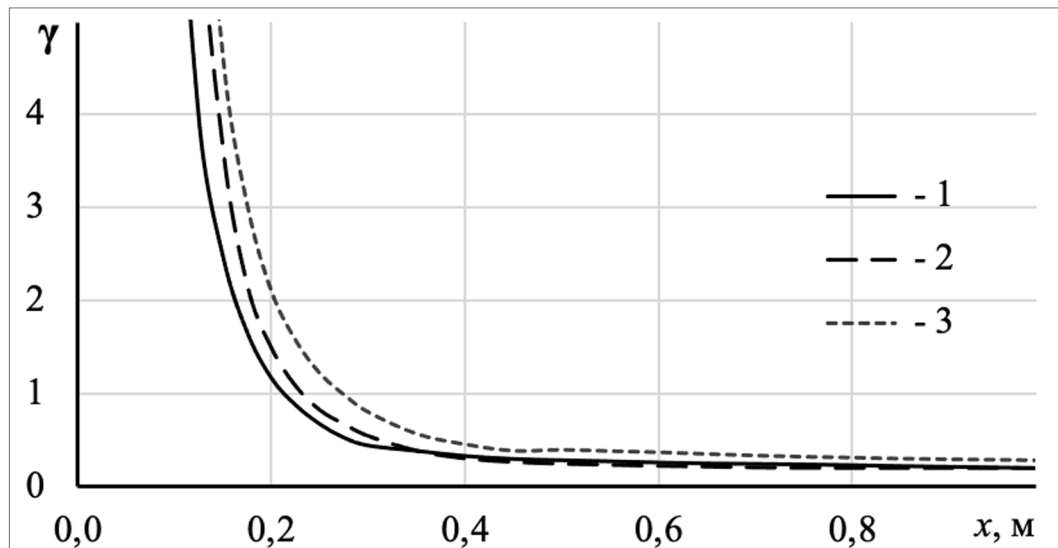


Fig. 4. Distribution of temperature unevenness γ along the length of the channel behind the flame stabilizer, when fuel is supplied to the first (1), second (2) and third (3) sections at a constant heat output of the equipment

thermal output have shown that the lower the row number of gas supply holes, the higher the overall channel temperature levels. The highest values of the temperature non-uniformity coefficient γ along the channel x , occur when fuel gas is supplied to the third

fuel supply section. Regarding the distribution of the average enthalpy temperature along the channel, its highest level corresponds to the first fuel supply row, lower values correspond to the second, and the lowest values correspond to the third.

References

1. 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)). С. 65–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267891>
2. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Меранова Н.О., Рокитько К.В. Структура течії в паливкових пристроях з асиметричним паливорозподіленням для реагуючих потоків та ізотермічних умов. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2020. № 1. С. 19–26.
3. Абдулін М.З., Фіалко Н.М., Тимошенко О.Б., Сірий О.А., Шеренковський Ю.В., Мілко Є.І., Озеров А.А., Кліщ А.В., Ольховська Н.М., Швецова Л.Я. Температурні режими зон зворотних токів у ближньому сліді циліндричних стабілізаторів полум'я. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 3. С. 97–100.
4. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Майсон М.В., Меранова Н.О., Полозенко Н.П., Тимошенко О.Б., Альошко С.О., Абдулін М.З. Теплофізичні засади спалювання газу в мікрофакельних пальниках з циліндричними стабілізаторами полум'я. Миколаїв : СПД Румянцева Г.В., 2021. 118 с.
5. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Меранова Н.О., Аleshko 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.
6. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Полозенко Н.П., Чехаровська М.І., Дашковська І.Л., Хміль Д.П., Кліщ А.В., Попружук І.О. Ефекти впливу номеру ряду струменевої подачі палива на характеристики течії і сумішоутворення в мікрофакельних паливкових пристроях. *МНЖ журнал «Інтернаука»*. 2023. № 6(140). С. 65–70.
7. Siryi O., Abdulin M., Bietin Y., Kobylanska O., Magera A. Study of Gas-Burning Systems Emission Characteristics Due Hydrocarbon Fuels Combustion. In: Zaporozhets, A. (eds) *Systems, Decision and Control in Energy V. Studies in Systems, Decision and Control*, vol. 481. 2023. Springer, Cham. P. 751–766.
8. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Меранова Н.О., Сірий О.А., Полозенко Н.П., Місюра Т.О., Хміль Д.П., Бетін Ю.О., В., Кліщ А.В. Дослідження особливостей течії в закормовій області стабілізаторів мікрофакельних пальників. *МНЖ журнал «Інтернаука»*. 2024. № 11. С. 96–100. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2024-11-10438>
9. 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. *МНЖ журнал «Інтернаука»*. 2021. № 16. С. 78–83. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-16-7654>

10. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Майсон М.В., Меранова Н.О., Полозенко Н.П., Тимошенко О.Б., Альошко С.О., Абдулін М.З. Теплофізичні засади спалювання газу в мікрофакельних пальниках з циліндричними стабілізаторами полум'я. *Інститут технічної теплофізики НАН України*. Миколаїв : СПД Румянцева Г.В., 2021. 118с.

11. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Малецкая О.Е., Клиш А.В., Дашковская И.Л. Закономерности течения в микрофакельных горелочных устройствах с пластинчатыми турбулизаторами потока. *МНЖ журнал «Інтернаука»*. 2021. № 9(109). С. 62–67. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-9-7407>

12. Фіалко Н.М., Меранова Н.О., Шеренковський Ю.В., Кліш А.В., Альошко С.О., Прокопов В.Г., Абдулін М.З., Полозенко Н.П., Кутняк О.М. Ольховська Н.М. Закономірності течії в пальниках з трирядною паливоподачею. *Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики*. К. : ІВЦ АЛКОН НАН України, 2024. С. 92–99.

13. 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>

14. 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>

15. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Полозенко Н.П., Меранова Н.О., Алешко С.А., Иваненко Г.В., Юрчук В.Л., Милко Е.И., Ольховская Н.Н. Моделирование структуры течения в эшелонированных решетках стабилизаторов при варьировании шага их смещения. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2015. Т. 2, № 8 (74). С. 29–34.

16. 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. Математическое моделирование процессов течения и смешения в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2014. Т. 3, № 8(69). С. 40–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24895>

17. 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. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 2022. P.417–428.

18. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovsky Yu.V., Aleshko S.A., Hanzha M.V., Polozenko N.P., Maletskaya O.E., Kutniak O.N., Regragui A., Donchak M.I. Mathematical modeling of temperature regimes of burners of stabilizer type with thermo-barrier coatings. *Технологические системы*. 2018. 2(38). С. 41–47.

19. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Бутовський Л.С., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Коханенко П.С., Полозенко Н.П. Моделирование структуры течения изотермического потока в эшелонированной решетке плоских стабилизаторов пламени. *Промышленная теплотехника*. 2010. № 6. С. 28–36. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/60617>

20. Фіалко Н.М., Меранова Н.О., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Хміль Д.П., Клиш А.В., Місюра Т.О., Сірий О.А., Бетін Ю.О., Дашковська І.Л. Порівняльний аналіз математичних моделей течії і сумішоутворення при мікрофакельному спалюванні палива. *МНЖ журнал «Інтернаука»*. 2024. № 10. С. 69–74. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2024-10-10354>

21. Фіалко Н.М., Меранова Н.О., Шеренковський Ю.В., Абдулін М.З., Альошко С.О., Рокитко К.В. Моделювання процесів горіння в мікрофакельних пальниках з асиметричним паливорозподілом. НАН України, Ін-т технічної теплофізики, НАН України. Київ, 2023. 212с.

22. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Абдулін М.З., Рокитко К.В., Малецкая О.Е., Милко Е.И., Ольховская Н.Н., Реграги А., Евтушенко А.А. Компьютерное моделирование течения в микрофакельных горелочных устройствах с асимметричной подачей топлива. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. т. 28, № 8. С. 117–121.

23. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Полозенко Н.П., Меранова Н.О., Алешко С.А., Иваненко Г.В., Юрчук В.Л., Милко Е.И., Ольховская Н.Н. Моделирование структуры течения в эшелонированных решетках стабилизаторов при варьировании шага их смещения. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2015. 2. № 8(74). С. 29–34.

24. 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.

25. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovsky Yu.V., Aleshko S.A., Hanzha M.V., Polozenko N.P., Maletskaya O.E., Kutniak O.N., Regragui A., Donchak M.I. Mathematical modeling of temperature regimes of burners of stabilizer type with thermo-barrier coatings. *Технологические системы*. 2018. 2(38). С. 41–47.

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*

Sigal Oleksandr

*Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Sherenkovskiy Julii

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Aleshko Sergey

*Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Yurchuk Volodymyr

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Bykoriz Evgenii

*Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Kutnyak Olha

*Scientific Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11524

FEATURES OF PEAK LOAD FORMATION IN THE UKRAINIAN ENERGY SYSTEM

Summary. The paper presents an analysis of the characteristics of peak load formation in the energy system of Ukraine in the recent period.

Key words: energy system, peak loads, formation features demand for electricity.

Introductions. Economic development and ensuring a comfortable life for the population of any country are determined by the efficiency of the state's energy system. One of the most important criteria for evaluating the state of an energy system is its ability to control peak loads. The concept of peak load encompasses not only technical but also socioeconomic aspects [1–14].

The aim of the work is to analyze the main features of the formation of peak loads in the power system of Ukraine.

Formation of peak loads as a dynamic process. Before 2022 in the unified energy system of

Ukraine there was a significant disproportion between average daily and peak consumption. According to data [15], the maximum load in the unified energy system in 2021 was recorded at 24,249 thousand MW (January 28 at 6:00 PM), while the average load for the year was 14–16 thousand MW. Regarding daily peaks, morning peaks were more pronounced. This is due, in part, to the start of production cycles. However, evening peaks were also significant. This pattern of electricity demand during that period is due to the large share of industrial consumption.

Table 1

Duration of morning and evening peak loads in different countries of the world

Region	Country	Typical Morning Peak Time	Typical Evening Peak Time
Europe	Germany	8:00–10:00	18:00–21:00
	France	7:00–9:00	19:00–22:00
	United Kingdom	8:00–10:00	17:00–20:00
Asia	Japan	7:00–9:00	18:00–21:00
	India	9:00–12:00	18:00–22:00
America	USA (California)	8:00–10:00	17:00–21:00
	Canada	7:00–9:00	17:00–20:00
Ukraine	Ukraine	8:00–11:00	18:00–22:00

Table 1 presents information on the duration of morning and evening peak loads in various countries.

According to data provided by the relevant regional operators, there is significant similarity in the time intervals and duration of energy peaks in different countries around the world.

As can be seen from the data provided, peak loads in Ukraine's power system follow a general pattern. However, the typical morning peak in Ukraine is three hours, which is longer than in all the countries listed in the table except India. The evening peak in Ukraine is also the longest, reaching four hours, the same as in India.

As for seasonal peaks, the greatest loads correspond to the winter months (January, February), taking into account the increase in electricity consumption by households and businesses with energy-intensive equipment [16].

It should be noted that Ukraine's energy system is characterized by certain characteristics of peak load generation. Following Russia's full-scale invasion of Ukraine in 2022, the demand structure has undergone significant changes. First and foremost, industrial consumption declined significantly due to the destruction

or occupation of a number of industrial facilities in eastern and southern Ukraine. Internal and external migration, which significantly changed the geography of consumption, also altered of peak load formation. In addition, military actions have led to the influence of unpredictable factors on the formation of peak loads.

The restoration of Ukraine's energy system began in 2023 and 2024. The issue of covering peak loads has once again become relevant. According to the Strategy for the Development of the Unified Energy System of Ukraine until 2035 [17], it is necessary to achieve level of maneuverable capacity at least 10% of the system's peak load. This means introducing at least 1.5–2.0 GW of flexible capacity. Peak load coverage should be ensured through a combination of traditional and innovative technologies, although traditional technologies will predominate in the near future.

Conclusions. An analysis of a number of issues related to peak loads in Ukraine's energy system was conducted. Information is presented on the characteristics of these loads and their variations. Based on the analysis, the issue of covering peak loads in Ukraine's energy system has become increasingly pressing, given the increase in these loads for a number of reasons.

References

1. Gabriel Collins. An Electricity Strategy for Long War in Ukraine. *Collins Research Portal*. July 2, 2024. URL: https://collinsresearchportal.com/wp-content/uploads/2024/07/collins_distributed-electricity-for-ukraine_1-july-2024.pdf (access date: 20.10.2025).
2. Uğur Çakır, Kemal Çomaklı, Fikret Yüksel. The role of cogeneration systems in sustainability of energy. *Energy Conversion and Management*. 2012. № 63. P. 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.01.041>.
3. Суходоля О. М. Стійкість критичної інфраструктури та життєво важливих функцій і послуг: формалізація завдань і змісту дій зацікавлених сторін. *Стратегічна панорама*. 2023. № 2. С. 5–20. <https://doi.org/10.53679/2616-9460.2.2023.01>.
4. Філатов В., Топал О., Голенко І. Порівняльні характеристики генеруючих потужностей та їх одночасний вплив на роботу енергосистеми України. *Scientific Collection "InterConf"*. 2022. 22(113). С. 386–394. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.06.2022.039>
5. План відновлення України: Енергетика: Національна рада з відновлення України від наслідків війни. URL: https://uploads-ssl.webflow.com/625d81ec8313622a52e2f031/62c1b0a10babd54a8ec49184_Енергетична%20безпека.pdf (access date: 20.10.2025).

6. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53746> (access date: 20.10.2025).
7. Балансування енергосистеми: в пошуках оптимальних рішень (2021). URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/balansuvannia-enerhosystemy-v-poshukakh-optymalnykh-rishen> (access date: 20.10.2025).
8. Зварич Р., Масна О. Національна політика України щодо ВДЕ: аналіз міжнародних зобов'язань та інтеграція до європейських енергетичних ринків. *Вісник Економіки*. 2024. № 4. Р. 122–136, <https://doi.org/10.35774/visnyk2024/04/122>
9. Тульчинська С. О., Солосіч О. С., Сінайко М. Д. Забезпечення енергетичної безпеки України в умовах воєнного стану. *Агросвіт*. 2025. № 8. С. 62–68. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.8.62>.
10. МЕА. Розширення можливостей України через децентралізовану систему електроенергетики, 2024. МЕА, Париж. <https://www.iea.org/reports/empowering-ukraine-through-a-decentralised-electricity-system> (access date: 20.10.2025).
11. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей — 2019 НЕК «УКРЕНЕРГО». URL: <http://surl.li/fldaz> (access date: 20.10.2025).
12. Крутоголова І. О., Браверман В. Я., Ільченко Б. І. Розподілені мікромережі з використанням кріогенних систем зберігання електроенергії, виробленої відновлювальними джерелами, як важливий еколого-економічний чинник. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2023. № 3. С. 35–42. <https://doi.org/10.33070/etars.3.2023.03>.
13. Тесленко О. І. Енергетичний потенціал розподіленої генерації на потужних котельнях України в умовах воєнної агресії. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2024. № 1. С. 47–59. <https://doi.org/10.33070/etars.1.2024.04>.
14. Гелетука Г. Г., Крамар В. Г. Розвиток розподіленої генерації як фактор збереження енергосистеми України в умовах війни. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2025. № 1. С. 23–35. <https://doi.org/10.33070/etars.1.2025.02>.
15. Огляд енергетичної галузі України. URL: <https://uaea.com.ua/dysp/review/review-2017-2021.html> (access date: 20.10.2025).
16. Dynamics and structure of development of electric power industry in Ukraine. URL: <https://uaea.com.ua/dysp/ee-cons.html> (access date: 20.10.2025).
17. Енергетична стратегія України до 2035 року: Міненерго України. Київ : НІСД, 2015. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2015-04/Energy%20Strategy.pdf> (access date: 20.10.2025).

UDC 621.036.7

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member NAS of Ukraine, Head of the Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Stepanova Alla

*Candidate of Technical Sciences, Senior Scientific Researcher,
Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Novakivskii Maksim

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Gnedash Georgii

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Shevchuk Svitlana

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11427

OPTIMIZATION OF HEAT-RECOVERY SYSTEM PARAMETERS FOR HEATING AND HUMIDIFYING COMBUSTION AIR

Summary. Based on the exergy approach, a comprehensive methodology for optimizing the parameters of a heat-recovery system designed to heat and humidify combustion air has been developed; the methodology is based on the principles of multi-level optimization, exergy analysis methods, statistical methods of experiment planning, and functional analysis methods. The heat-recovery system is divided into four optimization levels, and a recursive level traversal scheme has been developed. Efficiency assessment criteria have been developed, and functional dependencies of the selected criteria on the main system parameters for each optimization level have been obtained.

Key words: exergy, optimization, experimental design theory, heat-recovery system, combustion air.

Relevance. Increasing the level of use of thermal secondary energy resources in Ukraine is largely associated with increasing the efficiency of heat-recovery equipment of energy plants. Ukraine, as an energy-deficient country, has the necessary potential for the implementation of effective heat-recovery technologies. Therefore, the problem of their development, optimization and implementation is relevant both now and in the near future.

Literature review. Currently, complex methods based on the exergy approach are becoming increasingly widespread for the study and optimization of power plants. Such methods usually include methods of thermoeconomic analysis, structural-variant methods, methods of multilevel optimization, statistical methods

of experimental planning, methods of functional analysis, the theory of linear systems, thermodynamics of irreversible processes, etc. [1–9]. The development and application of complex methods based on one or another combination of the specified methods allows for maximum efficiency of power plants, including heat-recovery systems for various purposes.

The purpose of the work is to optimize the parameters of complex heat-recovery system for heating circulating water and humidifying combustion air using a comprehensive methodology that combines multi-level optimization methods, statistical methods of experimental planning and functional analysis.

Research results. The work presents an exergy analysis of a complex heat-recovery system (Fig. 1),

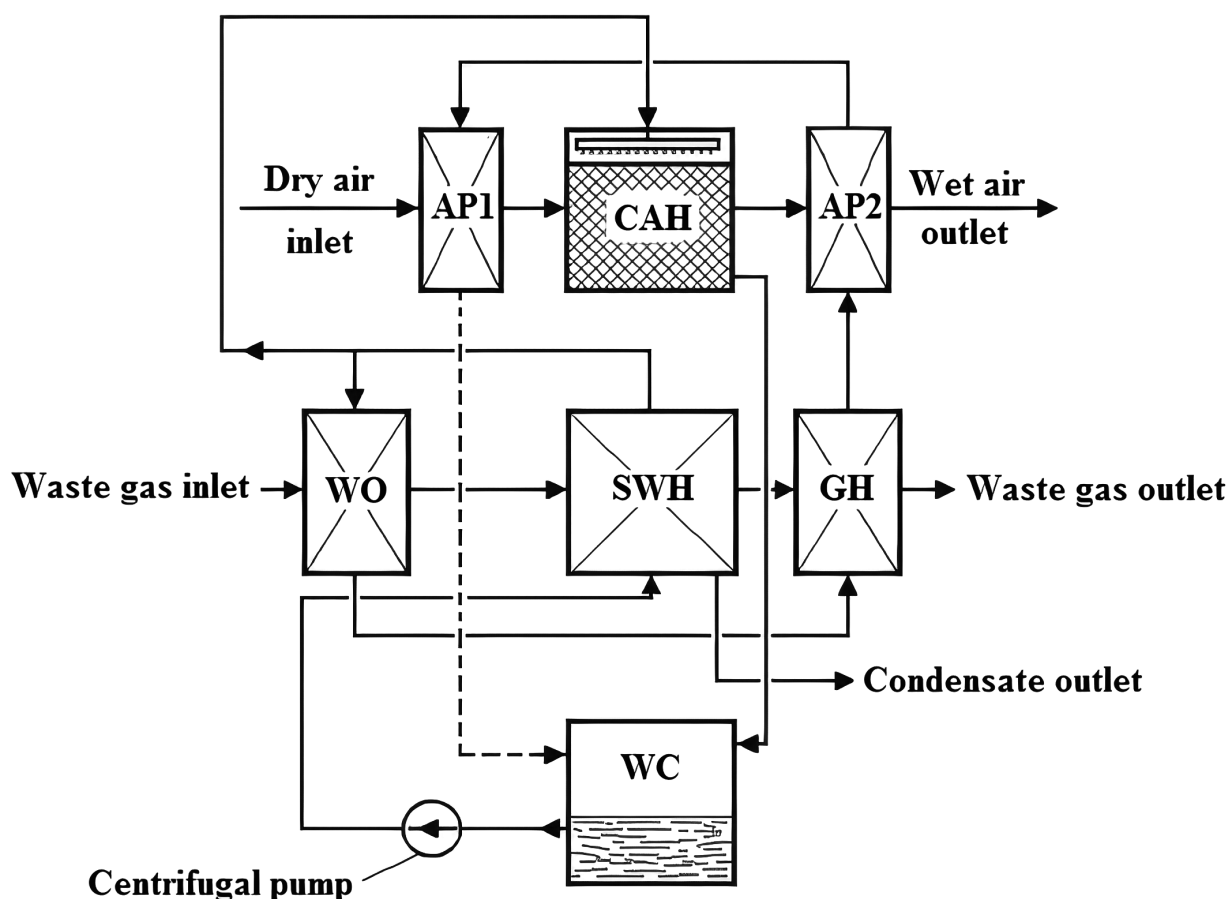


Fig. 1. Schematic circuit of a complex heat-recovery system for heating and humidifying combustion air:
 AP1 — air heater; CAH — contact heater (air humidifier); AP2 — air heater; WO — water overheater;
 SWH — surface water heater; GH — waste gas heater; WC — water collector

Table 1

**Optimal parameters of the heat-recovery system for heating water
and humidifying the combustion air**

Optimization level	Parameters	Optimal values of parameters
Heat-recovery system	Water flow rate in the circulation circuit, kg/s	0.8 ÷ 1.1
	Initial moisture content of waste gases, kg/kg dry gases	0.18 ÷ 0.20
	Water temperature at the inlet to the water heater, K	303 ÷ 305
Surface condensing water heater SWH	Ratio of the initial and final moisture content of waste gases.	3.0 ÷ 3.3
	Ratio of the Reynolds numbers of waste gases and water.	1.0 ÷ 1.3
Water heater WO, AP1, AP2, GH (dry zone)	Fin height, mm	10.0 ÷ 11.0
	Fin thickness, mm	4.0 ÷ 6.0
	Interfin pitch, mm	3.0 ÷ 3.5
Surface condensing water heater SWH (wet zone)	Fin height, mm	11.0 ÷ 13.0
	Fin thickness, mm	4.0 ÷ 6.0
	Interfin pitch, mm	4.0 ÷ 5.0
Contact air heater CAH	Plate width, mm	1350 ÷ 1550
	Plate height, mm	1500 ÷ 2000
	Distance between plates, mm	5 ÷ 6
	Ratio of the initial and final moisture content of air	0.05 ÷ 0.06
	Density of irrigation of the packing, m ³ /m ² h	10.0 ÷ 15.0
	Specific surface area of the packing, m ² /m ³	90.0 ÷ 100.0

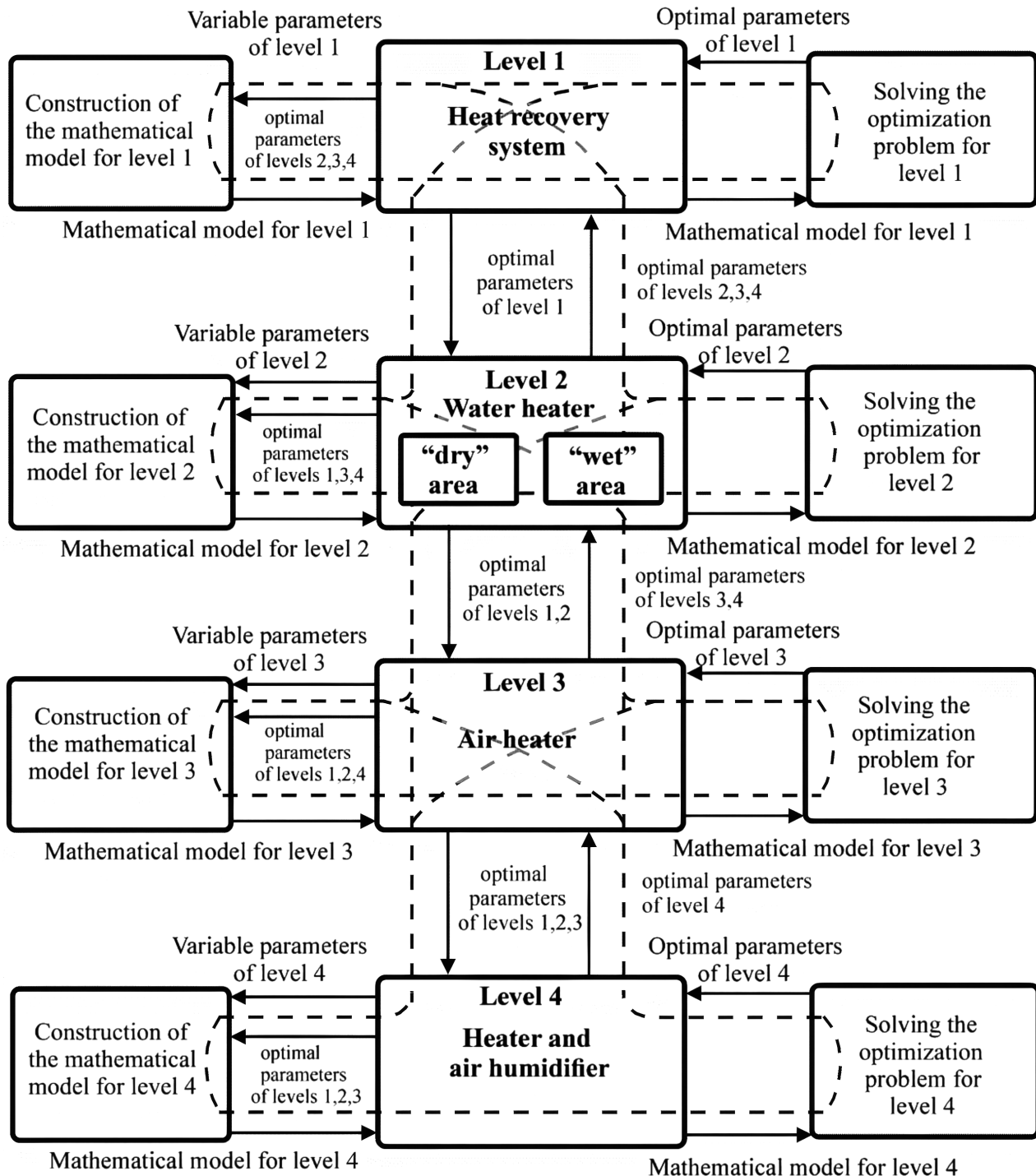


Fig. 2. Scheme of multi-level optimization of heat-recovery system for heating water and humidifying combustion air

which is designed to heat and humidify the combustion air by using the heat of waste gases from a boiler plant with a heat output of 0.67 MW. The main elements of the complex heat-recovery system include a surface condensing water heater (SWH), a contact air heater-humidifier (CAH), and surface air heaters at the inlet (AP1) and outlet (AP2) of the air from the contact chamber of the CAH.

The study uses a comprehensive methodology that combines multi-level optimization methods, statistical

methods of experiment planning, and functional analysis methods.

The main principles of the multi-level optimization method involve dividing the heat-recovery system into several optimization levels and developing a recursive level traversal scheme. For each optimization level, a mathematical model is developed, based on which functional dependencies of efficiency assessment criteria are determined from system parameters to obtain their optimal values. Then, the optimal parameter

values of some levels are used as initial parameters of other levels. According to the main principles of multi-level optimization, the heat-recovery system is divided into four optimization levels and a recursive level traversal scheme is developed (Fig. 2).

The criteria for assessing the efficiency of the heat-recovery system have been developed, including exergy characteristics with high sensitivity to changes in the parameters of the heat-recovery system. The specified criteria are used as target optimization functions when solving optimization problems for each optimization level.

To solve optimization problems, mathematical models have been developed for each optimization level and

functional dependencies of the selected criteria on the main parameters of the system have been obtained. By means of the specified complex methodology, the optimal values of the parameters of the heat-recovery system have been determined (Table 1).

At obtaining functional dependencies, balance methods of exergy analysis, statistical methods of experimental design and functional analysis were used.

Conclusions. Based on a comprehensive methodology, an exergy analysis of the complex heat-recovery system and its elements was conducted, the results of which determined the ranges of the main operational and design parameters within which maximum thermal and environmental efficiency is achieved.

References

1. Taner T. Energy and exergy analyze of PEM fuel cell: A case study of modeling and simulations. *Energy*. 2018. № 143. P. 284–294.
2. Picallo-Perez A., Sala J.M., Tsatsaronis G., Sayadi S. Ad-vanced Exergy Analysis in the Dynamic Framework for As-sessing Building Thermal Systems. *Entropy*. 2019. vol. 22, no. 1, Dec. p. 32. doi: 10.3390/e22010032.
3. Sangi R., Müller D. Application of the second law of thermo-dynamics to control: A review. *Energy*. 2019. vol. 174, no. 1, May. P. 938–953. doi: 10.1016/j.energy.2019.03.024.
4. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Meranova N., Sherenkovskii Ju. 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.
5. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Shevchuk S. Comparative analysis of exergetic efficiency of methods of protection of gas exhaust tracks of boiler installations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021.3/8 (111). P. 42–49. DOI: 10.15587/1729.4061.2021/234026 ISSN 1729-3774 4061.2021/234026.
6. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Gnedash G., Shevchuk S. Complex metods for analysis of efficiency and optimization of heat-recovery system. *Scientific and innovation*. 2021. 17(4). P. 11–18. DOI: 10.15407/scine17.04.011.
7. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Shevchuk S. Comparative analysis of exergetic efficiency of methods of protection of gas exhaust tracks of boiler installations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. 3/8 (111). P. 42–49. DOI: 10.15587/1729.4061.2021/234026.
8. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R. Study of the efficiency of a combined heat utilization system using the graph theory methods. *International scientific journal "Internauka"*. 2019. № 15(1). C. 61–63.
9. 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.

УДК 004.42

Багнюк Володимир Сергійович

аспірант

ПВНЗ «Європейський університет»

Bahniuk Volodymyr

Postgraduate of the

PHEI "European University"

ORCID: 0009-0008-6196-3878

Баланюк Наталія Юріївна

кандидат юридичних наук

Глухівський національний педагогічний університет ім. О. Довженко

Balaniuk Nataliia

Candidate of Law

Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University

ORCID: 0009-0005-5376-3612

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11484

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АНАЛІЗУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ВЕЛИКИХ ОБСЯГАХ ДАНИХ

THEORETICAL FOUNDATIONS OF LINGUISTIC INFORMATION ANALYSIS IN BIG DATA

Анотація. У статті проведено дослідження інформаційних технологій, зокрема методів Data Mining, Natural Language Processing (NLP), методів опорних векторів (SVM), а також глибоких нейронних мереж (наприклад, CNN та LSTM) для обробки мовної інформації у великих обсягах даних, що дозволяють здійснювати ефективний семантичний аналіз великих обсягів мовної інформації із використанням методів машинного навчання.

Зосереджено увагу на понятійному апараті та специфічних особливостях мовної інформації як об'єкта обробки.

Проаналізовано перелік існуючих сучасних підходів до інтелектуального аналізу текстів, зокрема класифікацію, класифікацію, тематичне моделювання, ідентифікація ключових концептів та інтерпретація значень у контексті. Висвітлено перелік основоположних проблем, які тісно супроводжують безперервний процес обробки природномовних даних, таких як: полісемія, контекстна обумовленість значень та вплив соціокультурних чинників на семантичну інтерпретацію. Зроблено заключні висновки щодо подальшої перспективи застосування Data Mining, Natural Language Processing (NLP), векторів (SVM), а також глибоких нейронних мереж (наприклад, CNN та LSTM), зокрема, у прикладних рішеннях, що передбачають підтримку актуальних процесів з прийняття рішень, пошукову обробку інноваційних інформаційних запитів та автоматизовану семантичну обробку певного обсягу текстових даних.

Вступ. У сучасну епоху діджиталізації, інформаційне оновлення масиву мовної інформації, що виробляється щоденно, збільшується в арифметичній прогресії. Суспільні мережі, онлайн-медіа, форуми, цифрова документація – усе це вже сформована для подальшої діджиталізації сукупність джерел неструктурованих текстових даних, що згодом потребуватимуть ретельного вивчення. Опрацювання подібних масивів даних досить звичними методами не забезпечують належної ефективності, що, у свою чергу, ставить завдання впровадити інноваційні технології оброблення інформації, здатних у повному обсязі оптимізувати процес масштабованої, швидкої та точної обробки мовних даних.

Особливо набуває вагомості впровадження інноваційних підходів, побудованих на технологіях машинного навчання, нейронних моделей та відповідно хмарних сервісів обробки даних, що дають змогу враховувати контекст при аналізі мовних даних, змістовних аспектів і структурних особливостей.

Мета роботи – дослідити перелік інноваційних інформаційних технологій, зокрема методів Data Mining, Natural Language Processing (NLP), векторів (SVM), а також глибоких нейронних мереж (наприклад, CNN та LSTM) для обробки

мовної інформації у великих обсягах даних, що дозволяють здійснювати ефективний семантичний аналіз великих обсягів мовної інформації із використанням методів машинного навчання. Зосередити увагу на понятійному апараті та специфічних особливостях мовної інформації як об'єкта обробки.

Матеріали і методи. У межах даного дослідження було використано комплексний підхід, який поєднує класичні методи обробки природної мови (NLP) та сучасні алгоритми машинного навчання: векторів (SVM), глибоких нейронних мереж (наприклад, CNN та LSTM), а також міждисциплінарний підхід, що поєднує методи інтелектуального аналізу даних (Data Mining), технології обробки природної мови (Natural Language Processing (NLP), а також елементи статистичного й машинного навчання.

Результати. Перспективний напрямок дослідження у відповідній сфері передбачає формування гібридних моделей, що синтезують традиційні алгоритми Data Mining із сучасними нейромережевими архітектурами. Досліджені інформаційні технології на сучасному етапі демонструють високі показники, паралельно забезпечуючи високий рівень точності автоматизованого аналізу мовної інформації та надає можливість наочно візуалізувати результати, що підвищує ефективність їх використання аналітиками та дослідниками. Інтерфейс системи підтримує наочне відображення результатів, що спрощує їх інтерпретацію та використання в аналітичних та наукових цілях.

Застосування сучасних моделей глибокого навчання суттєво покращує якість семантичного аналізу порівняно з традиційними статистичними методами, забезпечуючи більш глибоке та контекстно-орієнтоване розуміння мовних даних.

Необхідно також удосконалювати методику анотації даних та розробляти автоматизовані інструменти для ефективного формування мовних корпусів, що забезпечує підвищення якості навчання моделей і точності їх семантичного аналізу.

Перспективи. У статті досліджено інформаційну технологію аналізу великих обсягів мовної інформації, що поєднує машинне навчання, сучасні методи обробки природної мови та хмарні інфраструктури.

Розроблене рішення демонструє високу точність і швидкість, що дозволяє використовувати його в практичних сферах, таких як:

- моніторинг соціальних мереж;
- автоматичне сортування документації;
- аналітика користувацьких вігзуків;
- інфомоніторинг meгіа.

Перелік подальших досліджень, на нашу думку, має бути спрямований на адаптацію технологічних процесів до багатомовних корпусів та інтеграцію з системами штучного інтелекту для генерації тексту.

Ключові слова: Data Mining, обробка природної мови, NLP, великі дані, тематичне моделювання, семантичний аналіз, класифікація текстів, мовна інформація, IT-рішення.

Summary. The article presents a study of information technologies, in particular Data Mining methods, Natural Language Processing (NLP), Support Vector Machines (SVM), as well as deep neural networks (e.g., CNN and LSTM) for processing linguistic information in large-scale data environments. These approaches enable efficient semantic analysis of extensive language data using machine learning techniques.

The focus is placed on the conceptual framework and specific characteristics of linguistic information as an object of processing. The study analyzes a range of existing modern approaches to intelligent text analysis, including classification, clustering, topic modeling, key concept identification, and contextual meaning interpretation.

A set of fundamental challenges that continuously accompany the processing of natural language data is outlined, such as polysemy, context-dependent meaning, and the influence of sociocultural factors on semantic interpretation.

Final conclusions are drawn regarding the future prospects of applying Data Mining, NLP, SVM, and deep neural networks (e.g., CNN and LSTM) in applied solutions aimed at supporting decision-making processes, handling innovative information queries, and enabling automated semantic processing of textual data.

Introduction. In the modern era of digitalization, the informational expansion of language data produced daily is increasing at an arithmetic progression. Social networks, online media, forums, and digital documentation have already formed a complex of unstructured textual data sources that are subject to further digital processing and detailed study. Traditional methods of handling such data volumes no longer provide sufficient efficiency, which, in turn, necessitates the implementation of innovative information processing technologies capable of fully optimizing the scalable, rapid, and accurate handling of linguistic data.

Particularly significant is the adoption of innovative approaches based on machine learning technologies, neural models, and corresponding cloud-based data processing services, which enable contextual analysis of linguistic information while considering semantic content and structural features.

Purpose — to investigate a range of innovative information technologies, particularly Data Mining methods, Natural Language Processing (NLP), Support Vector Machines (SVM), as well as deep neural networks (e.g., CNN and LSTM) for processing linguistic information in large-scale data. These technologies enable effective semantic analysis of extensive language data using machine learning techniques. Additionally, to focus on the conceptual framework and specific characteristics of linguistic information as an object of processing.

Materials and methods. This study employed a comprehensive approach combining classical natural language processing (NLP) methods with modern machine learning algorithms: Support Vector Machines (SVM), deep neural networks (e.g., CNN

and LSTM), as well as an interdisciplinary approach integrating data mining techniques, natural language processing technologies, and elements of statistical and machine learning.

Results. A promising research direction in this field involves the development of hybrid models that synthesize traditional Data Mining algorithms with modern neural network architectures. The investigated information technologies currently demonstrate high performance, simultaneously ensuring a high level of accuracy in automated linguistic information analysis and providing the capability for clear visualization of results, which enhances their usability for analysts and researchers. The system interface supports intuitive presentation of outcomes, simplifying their interpretation and application in analytical and scientific contexts.

The application of modern deep learning models significantly improves the quality of semantic analysis compared to traditional statistical methods, enabling a deeper and more context-aware understanding of linguistic data.

It is also necessary to improve data annotation techniques and develop automated tools for the efficient creation of linguistic corpora, which in turn enhances model training quality and the accuracy of semantic analysis.

Discussion. The article investigates an information technology for analyzing large volumes of linguistic data, combining machine learning, modern natural language processing methods, and cloud infrastructures.

The developed solution demonstrates high accuracy and performance, enabling its application in practical areas such as:

- social media monitoring;
- automatic document classification;
- user feedback analytics;
- media information monitoring.

We believe that future research should focus on adapting technological processes to multilingual corpora and integrating with artificial intelligence systems for text generation.

Key words: Data Mining, Natural Language Processing, NLP, Big Data, Topic Modeling, Semantic Analysis, Text Classification, Linguistic Information, IT Solutions

Постановка проблеми. У сучасному інноваційному світі, що має шалену активність власного розвитку, пов'язаному із науково-технологічним прогресом, обробка великих обсягів інформаційних даних є основоположним вектором розробок у сфері комп'ютерних наук. Ключове місце відводиться мовній інформації — фундаментальному комунікаційному засобу, що вміщує не тільки певний обсяг фактичних даних, а й відповідний перелік смислових, емоційно-вольових та соціальних значень. Ефективність в детальній обробці усіх параметрів мовної інформації сприяє подальшому зростанню обсягів використання штучного інтелекту «споживачами», і, як наслідок, розвитку інтелектуальних інформаційних механізмів, комп'ютерного перекладу, рішень для підтримки управлінських дій.

Беручи до уваги семантичну й синтаксичну складові мови, її невизначеність і контекстуальну залежність, з'являється нагальна потреба в розробленні вузькоспеціалізованих ІТ-рішень.

Невирішеність актуальних проблем в галузі смислової та контекстуальної інтерпретації тексту обумовлює необхідність подальших досліджень у галузі природної обробки мови (NLP), що є одним з ключових напрямів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

У міру зростання обсягів неструктурованих текстових даних у віртуальному просторі набирає актуальності використання автоматизованих методів аналізу. Лінгвістичний матеріал, виконаний у текстовому представленні, аудіозаписів і різноманітних мультимедійних форматів, вимагає використання індивідуалізованих підходів, що характеризуються варіативним специфічним підходом порівняно з обробкою

структурованих даних. Сучасний перелік виникаючих труднощів пов'язаний із семантичною неоднозначністю лексичних одиниць, складністю та різноплановістю граматичних конструкцій, а також соціокультурними особливостями мовного середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Реальна проблематика ефективного опрацювання мовних даних у великих обсягах стає об'єктом зростаючого інтересу дослідників у галузі штучного інтелекту та обчислювальної лінгвістики. У центрі дослідницької діяльності — розробка інноваційних стратегій моделювання лінгвістичного напрямку, з помірно низьким рівнем лінгвістичної ресурсної доступності, а також поєднання етично стих аспектів, принципів підзвітності та універсальності вищенаведених систем.

Так, у наукових розробках Magiff J. та Nikolov N. [15], Manning C., Raghavan P. & Schütze H. [12], Jurafsky D. & Martin J. [8], Feldman, R. & Sanger J. [7], здійснено процедуру поглибленого огляду переліку методики усунення браку даних у контексті генеративного моделювання, а саме: back-translation, диференціація текстових корпусів і багатоаспектне навчання. У дослідженнях авторами зроблено спробу доведення наступного факту: за браком лінгвістичних даних можливо на належному рівні забезпечити покрокову ефективність результатів за допомогою крос-лінгвальних інноваційних методик.

У дослідженні Dossou B. та Aidaso E. [5], Tan P.-N., Steinbach M. & Kumar V. [18], Devlin J., Chang M.-W., Lee K., & Toutanova K. [4] передбачено коригування методології розвитку NLP для мов із обмеженим ресурсним напрямом — поетапний перехід від пасивного формування корпусів до безперервної

взаємодії з носіями мов. Відповідний метод сприятиме у довгостроковій перспективі не лише створенню сучасних адаптованих моделей, а й запровадженню на практиці динамічного навчання із культурним контекстом.

Питання етики у мовному моделюванні розглянуто в роботі Kaneko M. [9], Mikolov T., Chen K., Corrado G. & Dean, J. та співавт. [14], де науковцями сформовано корпус цільових даних, застосували оновлений механізм із безпосередньою взаємодією користувачів з відповідними значними обсягами лінгвістичних моделей. Даний модернізаційний підхід сприятиме виявленню й аналізу можливих упереджень у нетиповій поведінці розроблених моделей, токсичність або морально сумнівні відповіді, що є особливо важливим у контексті застосування великих мовних моделей у суспільній комунікативній галузі. У праці Pakray P. [17], Bird S., Klein E., & Loper E. [2], Aggarwal S. та співавт. [1] присвячені покроковому аналізу інноваційних прикладів запровадження NLP у мовах, для яких бракує цифрових/лінгвістичних ресурсів. Дослідники акцентують увагу на безпечній розробці модернізаційних моделей корпусів переважно у адміністративній, медичній та освітній галузях, з подальшою адаптацією функціонуючих лінгвістичних моделей з огляду на специфічні особливості таких мов.

Практичне застосування крос-лінгвальної аугментації в якості ефективного інструментарію для розпізнавання іменованих сутностей (NER) підтверджено емпіричними даними дослідження Ehsan T. [6] та Blei D., Ng A., & Jordan M. [3], Liu B. [5]. В тому числі вченими досягнуто підвищення точності NER у пакистанській лінгвістиці, паралельно застосовуючи додаткові дані із суміжної комплексної лінгвістики тієї ж мовної групи.

Ще один підхід, що заслуговує на увагу, був запропонований дослідниками: Pandya G. та Bhatt B. [16], Marivate V., Sefara T. [13], які з'ясували безпосередній факт впливу навчання на комплекс споріднених мов в області автоматизованих питань і відповідей. З'ясувалося, що лінгвістична спорідненість може на достатньо ефективному рівні виступати посередником для поліпшення результатів, особливо за наявності синтаксичної подібності.

Немаловажним є також формування дослідницьких інноваційних комплексів спільнот з покроковим обміном накопиченими обсягами знань. Під час вступного воркшопу LoResLM (2025) [11] був продемонстрований перелік численних досліджень, спрямованих на поетапне створення модернізаційних корпусів, методів трансферного навчання та мультилінгвістичних моделей, які націлені на мови, що ще не включені до великих комерційних LLM.

Отже, перелік інноваційних сучасних досліджень підтвердив суттєву актуальність проблематики подальшої обробки лінгвістичних інформаційних даних в умовах у середовищі Big Data. У центрі сучас-

ної уваги — комплексне поєднання мовознавчих, технічних і етичних засад з подальшою ефективною метою об'єднання адаптивних та інклюзивних лінгвістичних моделей.

Технології Data Mining зазвичай застосовуються у завданнях, пов'язаних із класифікацією текстів та тематичним моделюванням (наприклад, Latent Dirichlet Allocation), кластеризація документів, виявлення інформаційних патернів, побудова онтологій. Роботи Feldman & Sanger [7], Tan, Steinbach & Kumar [18] лежать в основі підходів до аналізу текстових корпусів засобами інтелектуального аналізу даних.

Самостійним напрямом є Text Mining — підгалузь Data Mining, що сконцентрована саме на аналізі лінгвістичних інформаційних даних. Її завдання включають вилучення сутностей, емоційний аналіз (sentiment analysis), визначення авторства, анотування текстів. Сучасні дослідження активно залучають глибинне навчання (deep learning), трансформери (зокрема моделі на кшталт BERT, GPT), що дозволяє досягати високих результатів при роботі з великими текстовими корпусами.

Водночас наявний сучасний комплекс емпіричних даних демонструє низку проблемних аспектів, що впливають на ефективність запровадження Data Mining у лінгвістичному середовищі, серед яких: відсутність достовірної розмітки, проблеми з урахуванням контексту та наявність полісемії, морфосинтаксичні варіаційні компоненти і вплив соціокультурних чинників на семантику. Ці умови обумовлюють необхідність розробки інтегрованих (або міждисциплінарних) підходів, які базуються на комплексному міждисциплінарному підході, що охоплює лінгвістичний напрям, інформатику, когнітивістику та взаємодію із штучним інтелектом.

Мета роботи полягає у дослідженні переліку інноваційних інформаційних технологій, зокрема методів Data Mining, Natural Language Processing (NLP), векторів (SVM), а також глибоких нейронних мереж (наприклад, CNN та LSTM) для обробки мовної інформації у великих обсягах даних, що дозволяють здійснювати ефективний семантичний аналіз великих обсягів мовної інформації із використанням методів машинного навчання.

Наукова новизна дослідження полягає у тому, що в ній дістало подальшого опрацювання узагальнення методик анотації даних з подальшим удосконаленням автоматизованого інструментарію для ефективного формування мовних корпусів, що в майбутньому суттєво вплине на забезпечення підвищення якості навчання моделей і точності їх семантичного аналізу.

Матеріалами дослідження є:

— **корпуси текстових даних** (відкриті набори даних, такі як Reuters-21578, 20 Newsgroups, Wikipedia dumps, що містять великі обсяги текстової інформації різної тематики. Україномовні корпуси,

наприклад, тексти зі ЗМІ, офіційні документи та наукові публікації. Корпуси із соціальних мереж для аналізу сучасної живої мови та її варіативності);

- **аудіо- та мультимедійні дані** (аудіозаписи, які підлягали автоматичній транскрипції для подальшого текстового аналізу. Мультимедійні джерела, що комбінують текстову і звукову інформацію);
- **апаратне забезпечення** (сервери з графічними процесорами (GPU) для тренування моделей на основі трансформерів. Комп'ютерні кластери для паралельної обробки великих масивів даних).

Методи дослідження:

- **попередня обробка даних** (токенізація, лематизація та нормалізація текстів);
- **класифікація текстів** (використання алгоритмів наївного байєсівського класифікатора, методів опорних векторів (SVM), а також глибоких нейронних мереж (наприклад, CNN та LSTM). Навчання моделей на розмічених корпусах із подальшою оцінкою якості за допомогою метрик точності, повноти та F1-міри);
- **кластеризація** (застосування алгоритмів k-середніх, ієрархічної кластеризації та DBSCAN для групування документів за змістом. Оцінка результатів кластеризації за допомогою внутрішніх метрик, таких як силуетний коефіцієнт);
- **тематичне моделювання** (використання моделі латентного розподілу Діріхле (LDA) для виявлення основних тем у корпусах. Візуалізація тематичних розподілів для аналізу змісту);
- **вилучення ключових понять** (застосування методів TF-IDF і графових алгоритмів (TextRank) для визначення найбільш релевантних термінів і фраз);
- **семантичний аналіз** (використання трансформерних моделей, таких як BERT, для контекстного аналізу значень слів і фраз. Інтерпретація результатів із урахуванням лексичної неоднозначності та соціокультурного контексту);
- **оцінка результатів** (використання стандартних метрик для оцінки якості класифікації, кластеризації і тематичного моделювання. Порівняння отриманих результатів із базовими моделями та альтернативними підходами).

Виклад основного матеріалу. У сучасному інноваційному середовищі спостерігається значне розширення обсягів процесу діджиталізації, через що окрема частина відповідного явища фіксується у вигляді мовної інформації: документів, звукових файлів і медіа-контенту. Як правило, зазвичай йдеться про інформацію з відсутньою або обмеженою логічною й послідовною структурою, що знижує відсоток ефективності стандартної методології з її відповідного оброблення та подальшої інтерпретації. У сучасних умовах швидкої трансформації підходів до обробки масивів даних (Big Data), специфічної актуальності набувають інструменти, здатні забезпечувати автоматизоване виявлення закономірностей,

формальних моделей і ключових відношень у великих корпусах мовних даних. Застосування методів Data Mining є одним із найперспективніших підходів до аналізу великих даних.

Data Mining — це інтелектуальний аналіз даних, тобто процес виявлення у великих масивах даних раніше невідомих, неочевидних, але потенційно корисних закономірностей, залежностей, шаблонів чи знань з використанням математичних, статистичних, алгоритмічних та машинних методів [2]. Методи інтелектуального аналізу даних (Data Mining) застосовуються в процесі обробки як текстових, так і мультимедійних джерел мовної інформації, паралельно виокремлюючи провідні ключові концепти, виявляючи основоположну тематику, перелік емоційних маркерів, авторські забарвлення та будь-які визначальні релевантні характеристики.

Обробка лінгвістичної інформації відмічає достатньо високу складність з огляду на низку важливих чинників: неоднозначність словникового запасу, варіативність синтаксичних конструкцій, а також впливом контексту й соціокультурних чинників, що в комплексі впливають безпосередньо на значення та контекстуальне застосування мовних елементів. Враховуючи відповідну проблематику, відчувається необхідність у створенні і впровадженні спеціальних моделей і алгоритмів, що напряду залежать від лінгвістичних особливостей інформації в якості об'єкта аналізу.

Матеріал роботи спрямований на дослідженні перспективних напрямків запровадження методів Data Mining для аналізу мовних елементів у великих інформаційних масивах в розрізі актуальних викликів, включаючи комплекс інноваційних підходів у напрямі їх нейтралізації, разом з тим демонструються приклади доцільного застосування обраних технологій у прикладних ситуаціях.

У галузі сучасних IT-рішень значне зростання масштабів неструктурованих інформаційних потоків, головним чином текстових, вимагає новітніх підходів до подальшої ефективної обробки та аналізу. Лінгвістична інформація, що вміщує комплекс текстових, аудіо- та мультимедійних форматів, є основоположним носієм освітніх ресурсів і обміну комунікативними даними у цифровому середовищі. Водночас індивідуальні характеристики природної мови, такі полісемія, умовність, а також культурно-суспільна визначеність, утворюють певні труднощі для подальшого автоматизованого аналізу.

Методика Data Mining, що охоплює численні інноваційні підходи та техніки для аналізу важливої інформації з величезних масивів даних, складає ключовий інструментарій для опрацювання сформованих цілей. Реалізація Data Mining в області лінгвістичної обробки даних надає можливість поетапного автоматичного впорядкування, групування отриманих даних і побудови тематичних моделей з поступовим виокремленням важливих концептуальних елементів тексту.

Автоматичне розпізнання та об'єднання текстових даних

Класифікація виокремлює в якості основоположного фундаментального методу — Data Mining, що має за функціональну мету автоматичний розподіл певного обсягу документації за заздалегідь обумовленими алгоритмами. Для досягнення вище встановлених цілей застосовують певний спектр відпрацьованих алгоритмів, серед яких: такі як наївний байєсівський класифікатор, метод опорних векторів (SVM), дерева рішень та нейронні мережі. Запровадження на практиці чітко визначеного класифікатора значно підвищує результативність пошукових заходів інформаційних обсягів з подальшим впорядкуванням значних текстових форматів.

Метод кластеризації порівняно із класифікацією, є методом без відповідного нагляду, що в майбутньому надає дозвіл у покроковому специфічному виявленні сукупності природних групових складників текстових файлів, беручи за основу параметри схожості їхнього змістовного наповнення відповідно. Додатковий параметр являється корисним при фактичному здійсненні аналізу об'ємних корпусів, де можуть бути відсутній перелік розмічених даних. Популярними алгоритмами є: k-середніх, ієрархічна кластеризація, DBSCAN.

Тематичне моделювання

З подальшою метою здійснення глибинного аналізу змісту текстових обсягів матеріалу використовують метод тематичного моделювання, що у свою чергу сприяє виявленню основоположних тем, що здійснюють специфічний шлях у проходженні крізь об'ємний масив документів. Метод латентного розподілу Діріхле (LDA) є одним із найбільш популярних у галузі. Так, LDA володіє специфічною функцією у моделюванні текстових файлів у вигляді суміші тематичних напрямків, в яких кожна індивідуальна тема представлена корегуючим набором слів із 90% ймовірністю. Дана програма спрямована на допомогу в автоматичному класифікаторі інформаційних обсягів, створювати оглядові тематичні майданчики, а також здійснювати роботу у знаходженні оновлених патернів у лінгвістичних складниках.

Вилучення ключових понять і семантичний аналіз

Здійснення поетапного виокремлення у основоположних судженнях: виокремлення найпоширеніших дефінітивних понять та змістовних фраз, що сприяє у покроковому обмеженні інформаційних обсягів з неструктурованих текстових файлів. З цією метою віднайшов широке застосування саме алгоритмічний порядок на основі статистичних метрик, таких як TF-IDF, а також графові методи типу TextRank.

Найскладнішим аспектом з усіх в обробці природної лінгвістики є семантичний аналіз, який паралельно спрямований на урахування контексту.

Інноваційний спектр трансформерних моделей, наприклад BERT, спрямований на ефективне розпізнання дефінітивних навантажень слів у відповідності від сформованого оточення, що бере активну участь у процесі вирішення проблематичного питання з полісемією та неоднозначності. Це у значному обсязі покращує відповідну якість інтерпретації текстових файлів з подальшим поетапним застосуванням сукупності автоматизованих систем для вирішення інноваційних завдань, таких як відповіді на звернення, синтез текстів, реферативний виклад, AI — переклад.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Попри досягнуті результати, масштабна обробка лінгвістичної інформації у великих масштабах даних характеризується наявністю певних труднощів. Передусім, ретельна підготовка й анотування навчальних даних є достатньо складним і вимогливим процесом. Другим важливим аспектом є робота з аудіо- і візуальною інформацією, яка потребує розширених засобів розпізнавання і транскрипції, що ускладнює взаємодію з текстовими даними відповідно. По-третє, сучасні моделі відзначаються значною ресурсоемністю під час навчання, що зумовлює певні бар'єри для їх практичного застосування у межах типових організаційних структур. Важливим аспектом є урахування соціокультурних детермінант мови, які визначають характер смислових інтерпретацій та комунікативних нюансів. Для реалізації поставлених завдань необхідною є міждисциплінарна інтеграція лінгвістичних, культурологічних та комп'ютерних наук, що забезпечує комплексний підхід до дослідження мовних процесів..

Ефективне розроблення сучасних систем штучного інтелекту (ШІ) у сфері оброблення мовних одиниць потребує міждисциплінарної взаємодії знань з лінгвістики, культурології та комп'ютерних наук, що, у свою чергу, надає змогу досягти локальної точності та адаптивності інноваційних алгоритмів.

Подальший перелік структурованих досліджень у галузі 122 «комп'ютерні науки» має бути спрямований на розробку модернізаційних гібридних моделей, що об'єднують класичні алгоритми Data Mining, Natural Language Processing (NLP), методів опорних векторів (SVM), а також глибоких нейронних мереж (наприклад, CNN та LSTM із сучасними нейромережевими архітектурами). Немаловажно паралельно працювати над процесом з подальшого удосконалення методів анотації даних з метою створення ефективного автоматизованого інструментарію для підготовки корпусів.

Оптимальне безпомилкове керування обчислювальними ресурсами й інтеграція паралельних обчислювальних інноваційних технологій підвищують здатність системи працювати з великими лексичними обсягами. Адаптація моделей до лінгвістичного й культурного розмаїття є ключовою умовою для

досягнення їхньої модернізаційної універсальності та практичної цінності.

Запровадження методів Data Mining у обробці мовної інформації на практиці у сучасному діджиталізованому світі має надважливе значення для розвитку систем підтримки прийняття обґрунтованих рішень, оскільки воно забезпечує якісніший

аналіз лінгвістичних файлів, підвищує закономірний відсоток точності прогнозування та поступово сприяє ухваленню обґрунтованих управлінських або аналітичних рішень. Відповідний напрям є особливо актуальним у галузі бізнес-аналітики, суспільно-політичних досліджень, інформаційної безпеки та цифрової гуманітаристики.

Література

1. Aggarwal, C. C. (2015). *Data Mining: The Textbook*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14142-8>
2. Bird, S., Klein, E., & Loper, E. (2009). *Natural Language Processing with Python: Analyzing Text with the Natural Language Toolkit*. O'Reilly Media. *arXiv preprint*, arXiv:1406.6790. [aclanthology.org](https://arxiv.org/abs/1406.6790). (дата звернення: 29.09.2025).
3. Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 993–1022. <https://www.jmlr.org/papers/volume3/blei03a/blei03a.pdf> (дата звернення: 15.10.2025).
4. Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies* (pp. 4171–4186). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.04805>
5. Dossou, B. F. P., Aidasso, H. (2025). Towards Open-Ended Discovery for Low-Resource NLP. URL: <https://arxiv.org/abs/2510.01220> (дата звернення: 16.10.2025).
6. Ehsan T., Solorio T. (2025). Enhancing NER Performance in Low-Resource Pakistani Languages using Cross-Lingual Data Augmentation. URL: <https://arxiv.org/abs/2504.08792> (дата звернення: 16.10.2025).
7. Feldman, R., & Sanger, J. (2007). *The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data*. Cambridge University <https://www.wongpartnership.com/upload/medias/KnowledgeInsight/document/17634/TheInsolvencyReview10thedition-Singapore Chapter.pdf> (дата звернення: 29.09.2025).
8. Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2021). *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition* (3rd ed., draft). Retrieved from <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3> (дата звернення: 29.09.2025).
9. Kaneko, M., Bollegala, D., Baldwin, T. (2025). An Ethical Dataset from Real-World Interactions Between Users and Large Language Models. *IJCAI* URL: <https://www.ijcai.org/proceedings/2025/1082> (дата звернення: 16.10.2025).
10. Liu, B. (2012). *Sentiment Analysis and Opinion Mining*. Morgan & Claypool Publishers. <https://doi.org/10.2200/S00416ED1V01Y201204HLT016> (дата звернення: 15.10.2025).
11. LoResLM Workshop Organizers. (2025). Proceedings of the First Workshop on Language Models for Low-Resource Languages (LoResLM 2025). *COLING / ACL*. URL: <https://eprints.lancs.ac.uk/id/eprint/227367> (дата звернення: 16.10.2025).
12. Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press. Accounting and Business Research — ACCOUNT BUS RES. 37. 285–300. <http://doi.org/10.1080/00014788.2007.9663313> (дата звернення: 29.09.2025).
13. Marivate, V., Sefara, T. (2020). Improving Short Text Classification Through Global Augmentation Methods. У збірці *Lecture Notes in Computer Science*, vol 12279 (CD-MAKE 2020). DOI: 10.1007/978-3-030-57321-8_21 [repository.up.ac.za](https://arxiv.org/abs/1301.3781)
14. Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. *arXiv preprint*, arXiv:1301.3781. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1301.3781> (дата звернення: 16.10.2025).
15. Magiff, J., Nikolov, N. S. (2025). Overcoming Data Scarcity in Generative Language Modelling for Low-Resource Languages: A Systematic Review. URL: <https://arxiv.org/abs/2505.04531> (дата звернення: 16.10.2025).
16. Pandya, H. A., Bhatt, B. S. (2024). Does Learning from Language Family Help? A Case Study on a Low-Resource Question-Answering Task. *Natural Language Processing*. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/234156317.pdf> (дата звернення: 16.10.2025).
17. Pakray, P., Gelbukh, A., Bandyopadhyay, S. *Natural Language Processing Applications for LowResource Languages*. Cambridge University Press / Assessment, онлайн 28 лютого 2025. DOI: 10.1017/nlp.2024.33 Cambridge University Press & Assessment.
18. Tan, P.-N., Steinbach, M., & Kumar, V. (2019). *Introduction to Data Mining* (2nd ed.). Pearson. MDPI. [repository.up.ac.za](https://arxiv.org/abs/1301.3781) (дата звернення: 29.09.2025).

УДК 004.8:005.3

Барболіна Тетяна Миколаївна

доктор фізико-математичних наук, доцент,
декан факультету комп'ютерних наук, математики, фізики та економіки
Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка

Barbolina Tetiana

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associated Professor,
Dean of the Faculty of Computer Sciences, Mathematics, Physics and Economics
Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Баранник Тетяна Анатоліївна

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри математичного аналізу та інформатики
Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка

Barbolina Tetiana

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associated Professor,
Associated Professor of the Department of Mathematical Analysis and Informatics
Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11523

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЄКТАМИ

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES TO ENHANCE IT PROJECT MANAGEMENT EFFICIENCY

Анотація. У статті розглянуто напрями застосування технологій штучного інтелекту на різних етапах життєвого циклу ІТ-проектів. Визначено роль великих мовних моделей, алгоритмів машинного навчання, інструментів обробки природної мови, прогностичної аналітики та автоматизації процесів у підвищенні ефективності управління. Охарактеризовано інтеграцію штучного інтелекту у платформах управління проектами (Asana, Monday.com, ClickUp). Показано, що впровадження штучного інтелекту забезпечує автоматизацію рутинних процесів, підвищення точності прогнозування, зниження впливу людського чинника, вдосконалення аналітичної підтримки прийняття рішень і розвиток адаптивного управління проектами.

Ключові слова: управління проектами, штучний інтелект, ІТ-проекти, ефективність.

Summary. The article explores the main directions of artificial intelligence implementation throughout the life cycle of IT projects. It outlines the role of large language models, machine learning algorithms, natural language processing tools, predictive analytics, and process automation in improving management efficiency. The paper also characterizes the integration of artificial intelligence into project management platforms (Asana, Monday.com, ClickUp). The results indicate that AI integration enables automation of repetitive tasks, enhances forecasting accuracy, reduces human errors, improves analytical decision support, and fosters adaptive project management practices.

Key words: project management, artificial intelligence, IT-projects, efficiency.

Сучасні інформаційні технології кардинально змінюють підходи до управління проектами. Зростання обсягів даних, динамічність ІТ-середовища, потреба у швидких і точних рішеннях, необхідність складної координації розподілених команд

потребують впровадження інноваційних, адаптивних підходів, інтеграції інтелектуальних систем.

Застосування технологій штучного інтелекту дає можливість долати зростаючу складність завдань, оптимізувати процеси, передбачати потенційні

ризиків. Опитування підтверджують активну інтеграцію інструментів штучного інтелекту в управління проектами. Так, згідно з дослідженнями Capterra у 2023 році 77% керівників оптимістично оцінювали можливості штучного інтелекту і лише 8% респондентів не планували впроваджувати штучний інтелект [1], опитування 2025 року показало, що штучний інтелект став основною причиною інвестицій у нове програмне забезпечення для управління проектами [2]. За даними Project Management Institute 47% компаній з високими показниками інтегрують генеративний штучний інтелект у свій технологічний стек [3].

Серед основних технологій, що знаходять застосування у проектному менеджменті, — великі мовні моделі, алгоритми машинного навчання, прогностична аналітика, автоматизація процесів. Їх використання дозволяє створювати документацію, автоматизувати комунікацію, оцінювати та передбачати ризики, планувати ресурси, автоматизувати призначення задач, виявляти закономірності, оптимізувати розклади тощо [2].

Метою статті є аналіз можливостей застосування сучасних інструментів штучного інтелекту на різних етапах життєвого циклу IT-проекту від виявлення і визначення вимог і до завершення проекту.

На етапі ініціації та планування проекту генеративний ШІ дозволяє автоматизувати формулювання мети і завдань проекту, аналізувати потреби замовника, формувати технічне завдання та здійснювати автоматизоване планування [4]. Наприклад, Copilot for project може створювати попередню структурну декомпозицію робіт на основі назви проекту та опису [5].

ШІ також використовує прогностичні моделі, щоб передбачити майбутні потреби у ресурсах та завантаженість команд, дозволяючи мінімізувати простой або перевантаження.

Одним із основних аспектів, що призводять до зриву проектів, є погане управління ризиками [6]. Використання штучного інтелекту відкриває нові можливості для ідентифікації та оцінки ризиків. Сучасні системи управління ризиками на базі штучного інтелекту використовують дані проекту (історичні показники, комунікацію, репозиторії коду) для ідентифікації прихованих загроз. Ці системи використовують алгоритми машинного навчання для постійного моніторингу ефективності проекту, виявлення нових ризиків та своєчасного надання інформації зацікавленим сторонам [7]. Завдяки здатності аналізувати великі обсяги даних ШІ значно підвищує точність прогнозування та знижує вплив ризиків на проект. Це дозволяє перейти від традиційного, переважно реактивного ведення реєстру ризиків до динамічної, проактивної системи контролю [7; 8]. Крім того, ШІ забезпечує підвищення оперативності у визначенні потенційних ризиків, що дає керівникам проектів достатній час для

впровадження заходів пом'якшення і забезпечення стабільності у виконанні завдань.

Використання моделей машинного навчання дозволяє виявляти приховані тригери ризиків, інструменти обробки природної мови можуть забезпечувати електронні листи, звіти для виявлення потенційних конфліктів, прогностична аналітика може більш точно оцінювати ймовірність і вплив ризиків, автоматизований моніторинг створює можливість для більш швидкого та обґрунтованого реагування [8].

На етапі реалізації проекту ШІ може використовуватися у процесах управління командною взаємодією, контролю виконання завдань і гнучкому реагуванні на зміни.

Автоматизація рутинних процесів є одним із найбільш поширених напрямків використання ШІ в управлінні проектами, що звільняє членів команди та керівників від виконання повторюваних завдань, дозволяючи їм зосередитися на стратегічних та інноваційних рішеннях.

Інтелектуальні платформи використовують технологію роботизованої автоматизації процесів (RPA) для виявлення та виконання повторюваних завдань, таких як копіювання даних, заповнення форм або переміщення інформації між різними додатками та вебсайтами. Такі інструменти, як Robomotion [9], дозволяють відстежувати зміну статусів задач з надсиланням відповідних повідомлень, генерувати звіти, управляти документацією тощо.

Підтримку інтелектуального управління, аналізу даних і прийняття рішень забезпечує використання інтелектуальних агентів — автономних або напівавтономних систем, здатних виконувати завдання, приймати рішення і взаємодіяти з іншими системами або людьми.

Чат-боти та віртуальні асистенти на основі ШІ здатні генерувати автоматизовані відповіді на поширені запитання, що заощаджує час команди технічної підтримки та покращує загальний час відгуку. Використання чат-ботів дозволяє удосконалити рутинну роботу, пов'язану з комунікацією та обслуговуванням запитів, покращує внутрішню та зовнішню комунікацію, роблячи процеси більш гнучкими та адаптованими. Аналітика на основі штучного інтелекту дозволяє прогнозувати поведінку клієнтів для подальших маркетингових стратегій [10]. Також чат-боти можуть використовуватися для організації зворотного зв'язку з клієнтами під час тестування прототипу або MVP-додатка, забезпечують персоналізоване залучення клієнтів [4].

Крім того, технології обробки природної мови (NLP) застосовуються для автоматизації звітування, розшифровки зустрічей та аналізу великих обсягів текстової комунікації.

Штучний інтелект трансформує процес моніторингу, забезпечуючи прогнозування відхилень у бюджеті, термінах чи продуктивності, відстеження часу

та досягнення показників ефективності, аналіз ризиків та формування плану їх пом'якшення. У сфері забезпечення якості штучний інтелект дозволяє не лише підвищувати продуктивність команд через автоматизацію створення тестів, але й пропонувати шляхи вдосконалення коду, допомагати виявляти та виправляти потенційні помилки та уразливості безпеки [11].

На етапі закриття проекту використання інструментів штучного інтелекту дозволяє зменшити час на підготовку підсумкових звітів, автоматизувати архівування документації. ШІ автоматично генерує зведений текст, який об'єднує складні показники в зрозумілий огляд для стейкхолдерів та керівництва. Це допомагає керівникам проєктів економити час, який вони можуть ефективніше розподіляти на стратегічну роботу.

Відзначимо, що сьогодні ринок пропонує широкий спектр інструментів, які інтегрують ШІ для оптимізації управління проєктами.

Так, популярна платформа управління проєктами Asana пропонує інтелектуального асистента Asana AI, призначеного для оптимізації керування роботами, автоматизації задач та отримання інформації про проєкти. Серед можливостей Asana AI можна відзначити надання швидких оновлень щодо статусу завдань, автоматичне заповнення полів, короткий виклад проєктів, допомогу у складанні описів задач, автоматизацію користувацьких правил, покращення формулювання цілей, швидке створення індивідуальних проєктів. Також для користувачів доступний no-code інтерфейс Asana AI Studio, який

поеднує можливості великих мовних моделей і рушія правил Asana, для налаштування інтелектуальних робочих процесів [12].

Користувачам Monday.com доступні як попередньо вбудовані функції штучного інтелекту, які можна додавати безпосередньо до робочих процесів, так і помічників штучного інтелекту. Якщо вбудовані функції можна використовувати для автоматичної категоризації завдань, вилучення інформації з документів, узагальнення та перекладу контенту, то помічники штучного інтелекту можуть генерувати контент чи створювати шаблони проєктів [13].

ClickUp надає користувачам набір діалогових контекстних функцій штучного інтелекту ClickUp AI. Більшість цих функцій доступні через Brain Assistant, який дозволяє відповідати на запитання та виконувати дії, використовуючи природну мову, здійснювати пошук по всьому робочому простору. Brain Assistant надає автоматичні зведення проєктів та оновлення прогресу, створює графіки та короткі описи проєктів, допомагає пріоритезувати завдання та опрацьовувати повторювані дії, пропонує вбудовані шаблони управління проєктами. Крім того, у ClickUp доступні вбудовані та користувацькі агенти [14].

Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що інтеграція технологій штучного інтелекту в управлінні IT-проєктами дає можливість скорочувати час на планування й контроль, підвищувати точність прогнозів та оцінок, мінімізувати вплив людського чинника в рутинних операціях, удосконалювати комунікацію та забезпечувати аналітичну прозорість.

Література

1. Taylor P. The state of AI in PM: leading project manager unpacks brand new capterra data. *Capterra*. URL: <https://www.capterra.com/resources/data-on-ai-in-project-management/> (дата звернення: 15.10.2025).
2. Montgomery O., Rousseau C. Nearly all businesses tracking metrics see ROI from AI, but security and usability concerns are reshaping priorities. *Capterra*. URL: <https://www.capterra.com/resources/2025-pm-software-trends/> (дата звернення: 15.10.2025).
3. Enabling Project Management Transformation with GenAI: The Need for Organizational Support. *PMI: Project Management Institute*. <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/genai-the-need-for-organizational-support> (дата звернення: 15.10.2025).
4. Гудаков Д., Колодінська Я. Застосування штучного інтелекту для управління проєктами людино-орієнтованих інформаційних технологій. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2025. № 1. С. 122–129. URL: <https://vottp.khmn.edu.ua/index.php/vottp/article/view/465> (дата звернення: 15.10.2025).
5. Copilot for project responsible AI FAQ. URL: <https://learn.microsoft.com/en-gb/dynamics365/project-operations/responsible-ai/copilot-for-project-faq> (дата звернення: 15.10.2025).
6. Ratsiepe K. B., Yazdanifard R. Poor Risk Management as One of the Major Reasons Causing Failure of Project Management. *2011 International Conference on Management and Service Science, Wuhan, China*. 2011. P. 1–5. DOI: 10.1109/ICMSS.2011.5999104
7. Dr. Md. Mahfuzul Islam Shamim. Artificial Intelligence in Project Management: Enhancing Efficiency and Decision-Making. *International Journal of Management Information Systems and Data Science*. 2024. 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.62304/ijmisd.v1i1.107>
8. Оборський В. PMO + ШІ: нова ера управління проєктними ризиками. *DOU*. URL: <https://dou.ua/forums/topic/54018> (дата звернення: 15.10.2025).
9. Robomotion. URL: <https://robomotion.io> (дата звернення: 15.10.2025).

10. Калач Г., Шпак О., Круглянкo А. Штучний інтелект в управлінні: автоматизація процесів та прийняття рішень. *Соціальний розвиток: економіко-правові проблеми*. 2025. № 5. С. 109–116. URL: <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.5.15>
11. Шкурко В., Поляков А. Використання штучного інтелекту у тестуванні програмного забезпечення. *Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання*: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 21–24 травня 2024 року. Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2024. С. 111–113
12. Get started with Asana AI. *Help center Asana*. URL: https://help.asana.com/s/article/get-started-with-asana-ai?language=en_US (дата звернення: 15.10.2025).
13. AI that works for you. *Monday.com*. URL: <https://monday.com/w/ai> (дата звернення: 15.10.2025).
14. Pavitra M. 10 Best AI Tools for Project Management in 2025. *ClickUp*. URL: <https://clickup.com/blog/ai-project-management-tools> (дата звернення: 15.10.2025).

УДК 621.396.96:004.89

Сидорів Максим Сергійович*студент кафедри інформаційних систем та мереж
Національного університету «Львівська політехніка»***Sydoriv Maksym***Student of the Department of Information Systems and Networks
Lviv Polytechnic National University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11443

АНАЛІЗ MLP МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ СПУФІНГУ СИНХРОННИХ GPS-СИГНАЛІВ

ANALYSIS OF THE MLP NETWORK FOR RECOGNIZING SYNCHRONOUS GPS SPOOFING

Анотація. У статті розглянуто використання багатoshарової перцептронної мережі (MLP) для задачі виявлення синхронного GPS-спуфінгу, однієї з найбільш небезпечних форм атак на глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS). Показано, що класичні методи перевірки сили сигналу або геометричних параметрів мають обмеження в умовах складних динамічних сценаріїв. Для експерименту використано еталонний набір даних TEXBAT (сценарій ds7), який моделює пошту-пове захоплення сигналу атакувальником. Архітектура MLP включала каскад щільних шарів із активацією ReLU та сигмоїдальним вихідним шаром, що дозволило досягти $\text{accuracy} = 0.92$, $\text{precision} = 0.92$, $\text{recall} = 0.93$ та $F1\text{-score} = 0.93$. Отримані результати підтверджують ефективність застосування MLP для автоматичного виявлення спуфінгових атак без складної часової обробки. Показано, що модель забезпечує баланс між точністю та обчислювальною ефективністю, а подальші дослідження мають бути спрямовані на гібридні архітектури (MLP+CNN/Transformer) для узагальнення на інші типи атак.

Ключові слова: GPS-спуфінг, GNSS, MLP, нейронні мережі, машинне навчання, TEXBAT, виявлення аномалій, радіоелектронна боротьба.

Summary. The paper investigates the application of a multilayer perceptron (MLP) neural network for detecting synchronous GPS spoofing, one of the most dangerous types of attacks on Global Navigation Satellite Systems (GNSS). It is shown that traditional detection methods based on signal strength or geometric consistency checks are limited in complex dynamic environments. The experiment used the benchmark TEXBAT dataset (scenario ds7), which simulates a realistic synchronous signal takeover by an attacker. The proposed MLP architecture consists of several dense layers with ReLU activation and a sigmoid output layer, achieving $\text{accuracy} = 0.92$, $\text{precision} = 0.92$, $\text{recall} = 0.93$, and $F1\text{-score} = 0.93$. The results confirm the effectiveness of MLP in automatically identifying spoofing attacks without complex temporal processing. The model demonstrates a balanced trade-off between detection accuracy and computational efficiency. Future research should focus on hybrid architectures (MLP+CNN/Transformer) to improve generalization to other spoofing scenarios.

Key words: GPS spoofing, GNSS, MLP, neural networks, machine learning, TEXBAT, anomaly detection, electronic warfare.

Постановка проблеми. Супутникова навігація на основі GPS давно стала основою сучасних цивільних і військових технологій. Вона забезпечує безперервний доступ до глобальних координат і точного часу, що необхідно для роботи транспортних систем, телекомунікацій, фінансових мереж, енергетики та логістики. У військовій сфері GPS використовується для управління бойовою технікою, наведення високоточного озброєння, синхронізації дій підрозділів і стратегічного планування операцій. Водночас відкритість структури сигналів GPS створює вразливість до підробки та маніпуляцій, які стають

усе більш поширеним інструментом гібридної війни та радіоелектронної боротьби.

Одним із найбільш небезпечних методів впливу є спуфінг GPS-сигналів — навмисне генерування хибних сигналів, що імітують справжні супутникові передачі. Приймач, не маючи внутрішніх засобів автентифікації, сприймає підроблені сигнали як реальні, унаслідок чого відбувається зміщення визначених координат або часу. Для військових застосувань це може означати хибну навігацію техніки, зрив операцій чи втрату боєздатності підрозділів. Для цивільного сектору — аварії в авіації

та автомобільному транспорті, помилки в морській навігації, збої у фінансових транзакціях та порушення роботи критичної інфраструктури, що базується на точному часі. Масштаби ризиків свідчать про те, що спуфінг становить загрозу не лише безпеці окремих систем, а й національній та міжнародній стабільності.

Традиційні методи виявлення спуфінгу, що ґрунтуються на перевірці сили сигналу, аналізі геометричних характеристик супутників або простих кореляційних перевірках, мають суттєві обмеження. Вони часто неефективні у складних сценаріях, де спуфер адаптивно підлаштовує свої сигнали під реальне оточення. Крім того, у випадках багатопроменевого поширення чи активного використання противником засобів радіоелектронної боротьби, класичні методи не здатні забезпечити ні оперативність, ні достатню точність виявлення. Це особливо критично в умовах сучасних військових конфліктів, де навіть короткочасна дезорієнтація навігаційних систем може мати стратегічні наслідки.

У цьому контексті зростає потреба у впровадженні нових, більш гнучких та інтелектуальних підходів. Використання методів машинного навчання та нейронних мереж дозволяє здійснювати багатовимірний аналіз сигналів, виявляти приховані аномалії та формувати більш надійні механізми ідентифікації атак. Такий підхід здатний не лише підвищити рівень захисту військових систем управління й наведення, але й зміцнити безпеку цивільних сервісів, які критично залежать від GPS. Таким чином, розробка ефективних алгоритмів виявлення GPS-спуфінгу є актуальною науковою та прикладною задачею, що стоїть на перетині інтересів оборони, транспорту та інфраструктурної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Класичні методи детекції GNSS-спуфінгу охоплюють моніторинг якості сигналу (SQM), перевірки узгодженості код/фаза/доплер, багатоантенні схеми кута приходу (AoA/DoA), а також перехресні PNT-перевірки з інерціальними/мережевими джерелами [13, с. 1258–1270]. Паралельно розвиваються «активні» засоби — криптографічна автентифікація навігаційних повідомлень, зокрема Galileo OSNMA (операційний сервіс із 24 липня 2025 р.) та перспективна концепція GPS CHIMERA для L1C [4; 3, с. 1–10]. Ці рішення істотно зменшують площу атаки, але не усувають потреби у виявленні складних сценаріїв (ретрансляція/затримка, комбіновані атаки), тож практичні системи комбінують криптографію з дано-орієнтованими детекторами [10].

Найпоширенішою лінією робіт у сфері НН є підхід, де вхід формують як «зображення» (STFT-спектрограми, кореляторні карти, частотні ознаки) і застосовують CNN для бінарної/мультикласової детекції спуфінгу; показано високу чутливість як на БпЛА, так і на наземних приймачах [9]. Дослідження 2024–2025 рр. також переходять

до Transformer-архітектур для моделювання довгих залежностей у послідовностях (доплер, різниці фаз, динаміка кореляцій), а гібриди CNN+Transformer знижують хибні спрацьовування на мультишляху [12, с. 5156–5168]. Поряд із цим, для відтворюваних порівнянь де-факто стандартом лишається TEXBAT це публічна батарея реалістичних спуфінг-сценаріїв (у т.ч. ds7/ds8), широко застосовувана як класичними, так і DL-методами; спільнота водночас підкреслює потребу в ширших відкритих наборах для валідної оцінки генералізації [15; 14; 8; 7, с. 2314–2325].

Мета статті — дослідити придатність багатопшарової перцептронної мережі (MLP) для задачі виявлення синхронного GPS-спуфінгу на рівні приймача, порівнявши її ефективність із базовими методами (порогові SQM-індикатори, логістична регресія) та оцінити вплив вибору ознак й налаштувань навчання на точність і робастність детектора. У рамках цієї статті ми сформуємо наступні цілі:

- Обрати метрики для оцінювання MLP для поставленої задачі;
- Перетворити вхідні дані в IQ форматі в числові значення параметрів;
- Провести оцінку параметрів GPS сигналів та виділити параметри, які найкраще відображають різницю між оригінальним і підробленим сигналом. Провести нормалізацію даних і фільтрацію невалідних рядків;
- Провести комп'ютерний експеримент та порівняти продуктивність розробленою моделі згідно з раніше обраними метриками. Оцінити ефективність виявлення синхронних спуфінгових атак і перспективу використання мережі для інших типів спуфінгу, таких як статичний, динамічний, спуфінг час-зсут і т.д..

Досягнення даної мети дозволить нам оцінити наскільки MLP мережа актуальна для даної задачі і перспективи подальшого розвитку задачі для інших типів атак.

Виклад основного матеріалу. Для оцінювання ефективності багатопшарової перцептронної мережі (MLP) у задачах класифікації було використано стандартні метрики якості — Accuracy (Точність), Precision (прецизійність), Recall (повнота) та F1-score (F1-міра). Ці метрик у комплексі дає змогу всебічно оцінити продуктивність MLP, забезпечуючи коректне порівняння з базовими методами та підвищуючи надійність висновків щодо здатності моделі виявляти GPS-спуфінг.

Точність класифікації (Accuracy) відображає частку правильно класифікованих прикладів серед усієї вибірки та надає загальне уявлення про результативність моделі, хоча може бути недостатньо інформативною у випадку незбалансованих класів. Розраховується за формулою:

$$Accuracy = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN), \quad (1)$$

де: TP — кількість істотно позитивних прикладів, правильно класифікованих моделлю (виявлений спуфінг).

TN — кількість істотно негативних прикладів (правильно виявлені автентичний сигнал GPS).

FP — кількість хибнопозитивних класифікацій (помилково визначений спуфінг).

Кількість хибнонегативних класифікацій (спуфінг класифікований як автентичний сигнал). Прецензійність або *precision* показує, яка частка об'єктів, передбачених як позитивні, насправді є позитивними. Високе значення *Precision* означає, що модель робить мало хибнопозитивних помилок, що є важливим у задачах, де «помилкова тривога» має велику ціну:

$$Precision = TP / (TP + FP), \quad (2)$$

Повнота або *Recall* відображає частку правильно виявлених позитивних прикладів серед усіх фактичних позитивних об'єктів. Високий *Recall* означає, що модель рідко пропускає спуфінгові сигнали. Розраховується за формулою:

$$Recall = TP / (TP + FN), \quad (3)$$

$F1$ -score — це гармонійне середнє між *Precision* і *Recall*. Використовується для досягнення балансу між здатністю моделі уникати помилкових спрацювань та її здатністю виявляти всі релевантні приклади. Формула для розрахунку:

$$F1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}. \quad (4)$$

TEXBAT (Texas Spoofing Test Battery) є еталонним набором даних для дослідження уразливостей супутникових навігаційних систем (GNSS) до атак типу спуфінг. Цей набір створений для оцінювання та порівняння алгоритмів виявлення спуфінгу в контрольованих і відтворюваних умовах. Дані TEXBAT були зібрані під час експериментів, у яких на приймачі GPS впливали штучно згенерованими сигналами, що імітують справжні навігаційні дані. Таким чином, дослідники отримали можливість перевіряти поведінку приймачів у різних сценаріях атак, включаючи поступове захоплення сигналу, синхронний та несинхронний спуфінг.

Набір TEXBAT включає кілька різних сценаріїв, представлених у вигляді окремих файлів ($ds1$ - $ds9$), кожен із яких відповідає певному типу або конфігурації атаки. Зокрема, у датасетах зафіксовано: чистий прийом справжнього сигналу без спуфінгу (референтний сценарій), просте накладання сигналу-спуфера, поступове зміщення фази та часу, синхронний захоплюючий спуфінг, а також складні комбінації з багатопроменевими ефектами. Кожен сценарій містить оцифровані I/Q-семпли на високій частоті дискретизації, що робить ці дані придатними для аналізу як на рівні сигналів, так і на рівні обробки в приймачах.

У даній роботі використовується датасет $ds7$, який відповідає сценарію синхронного спуфінгу із поступовим захопленням приймача. У цьому сценарії атакуючий сигнал починає точно збігатися з легітимним по фазі та часу, після чого поступово змінює параметри несучої та кодової затримки, змушуючи приймач перейти на підроблений сигнал. Це робить $ds7$ одним із найбільш релевантних наборів для дослідження методів виявлення синхронного GPS-спуфінгу, оскільки він відображає реалістичну і складну для виявлення атаку, близьку до практичних сценаріїв у реальних системах навігації.

Як вже було сказано раніше, для експериментів використано записи TEXBAT у форматі комплексних IQ. Це реалістичні сценарії спуфінгу GPS L1 C/A, що містять як «чисті» епізоди, так і інтервали атаки. Мітка цілі $spoof \in \{0,1\}$ формувалась за сценарними анотаціями: 1 — інтервали спуфінгу, 0 — номінальний сигнал.

Оброблення IQ здійснювалося за допомогою *gnss-sdr* — SDR-приймача GNSS із модульною архітектурою і відкритим кодом. Для зчитування TEXBAT налаштовано *Signal_Source = File_Signal_Source* з частотою дискретизації 25 MSPS (25 мегасемплів/с), подальшим захопленням і стеженням за каналом L1 C/A. На виході використано трекінгові логи приймача, з яких сформовано табличне подання ознак, записане в декілька csv файлів.

Опрацювавши дані з допомогою *gnss-sdr*, отримуємо наступний набір полів: $CN0_SNV_dB_Hz$, PRN , $PRN_start_sample_count$, $Prompt_I$, $Prompt_Q$, abs_E , abs_L , abs_P , abs_VE , abs_VL ,

Таблиця 1

Опис даних для тренування MLP мережі

Назва	Пояснення
$CN0_SNV_dB_Hz$	Якість сигналу (дБ-Гц); чутлива до зміни SNR під час підміни
$Prompt_I$, $Prompt_Q$	(реальна/уявна частини), безпосередній слід узгодженості сигналу
$acc_carrier_phase_rad$	накопичена фаза несучої (рад)
$carr_error_filt_hz$, $carr_error_hz$	помилка несучої (Гц)
$carrier_doppler_hz$	Доплер (Гц)
$code_error_chips$, $code_error_filt_chips$	помилка коду (chips)
$code_freq_chips$	частота коду (chips/s)

Таблиця 2

Відкинуті поля

Назва	Характеристика	Подія
PRN, PRN_start_sample_count	Ідентифікатори	Неінформативне для детекції
abs_VE, abs_VL	Абсолют VE та VL компоненти	Майже константне/незмінне в наборі
abs_E, abs_L	Амплітуда на early та late кореляторах	Сильний перебік розподілу; погіршує стабільність без спец. трансформацій
abs_P	Амплітуда на prompt-кореляторі	Надлишкова: відтворюється з Prompt_I_0, Prompt_Q_0
carrier_doppler_rate_hz	Швидкість зміни доплера	Низька варіативність у фрагментах; мінімальна користь для базової MLP
carrier_lock_test	Прапор утримання несучої	Майже константа (часто =1); мало дискримінативний
code_freq_rate_chips	Швидкість зміни частоти коду	Мала варіативність; не дає приросту якості в базовій моделі

acc_carrier_phase_rad, aux1, aux2, carr_error_filt_hz, carr_error_hz, carrier_doppler_hz, carrier_doppler_rate_hz, carrier_lock_test, code_error_chips, code_error_filt_chips, code_freq_chips, code_freq_rate_chips.

Для тренування моделі використаємо наступний набір даних (див. табл. 1).

Нижче наведено також колонки, які не використовуються і причини, чому вони не підходять для тренування (див. табл. 2).

Запропонована модель MLP мережі здійснює автоматичне виявлення спуфінгу на основі даних з Таблиці 1, тобто бінарну класифікацію повертаючи мітки 0 — якщо спуфінг не виявлено, та 1 — якщо спуфінг виявлено.

У цьому дослідженні було реалізовано комп'ютерний експеримент, метою якого було навчання мережі MLP для виявлення синхронного спуфінгу, на основі даних, отриманих з TEXBAT набору, що розділені маркером на дві категорії — наявність спуфінгу та відсутність спуфінгу (див. рис. 1).

Запропонована вище модель є багатопарним перцептроном (MLP) для класифікації табличних ознак приймача GNSS. На вхід подається вектор нормалізованих параметрів (уніфікованих у діапазоні $[-1;1]$), що описують миттєвий стан трекінгу: якість сигналу (C/N_0), компоненти prompt-корелятора (I/Q), фазові та частотні похибки PLL/DLL, доплер та частоту коду.

Архітектура побудована як каскад щільних шарів із нелінійною активацією ReLU, які послідовно

зменшують розмірність простору ознак і формують ієрархію представлень: спершу виділяються грубі міжознакові залежності (256 нейронів), далі — більш компактні та спеціалізовані патерни ($128 \rightarrow 64 \rightarrow 32$ нейрони). Така структура дає змогу моделі вловлювати характерні поєднання ознак, притаманні синхронному спуфінгу (наприклад, нетипова узгодженість фазово-частотних величин на тлі стабільного доплера чи C/N_0).

Вихідний шар є одонеуронним із сигмоїдальною активацією, що інтерпретується як ймовірність наявності спуфінгу для даного вектору вимірювань. Навчання здійснюється методом адаптивної градієнтної оптимізації (типу Adam) з бінарною крос-ентропією як функцією втрат. Для підвищення стабільності збіжності використовується адаптивне зниження швидкості навчання за відсутності покращення на валідаційному наборі.

Оцінювання проводиться за класичними метриками бінарної класифікації (точність, precision, recall) із подальшим аналізом звіту класифікації та матриці неточностей. У такій постановці MLP виступає легкою та придатною до вбудовування альтернативою послідовним/конволюційним моделям, зосереджуючись на миттєвих сигнальних індикаторах і забезпечуючи належний компроміс між якістю детекції та обчислювальною вартістю.

За підсумками тестування на 488 375 зразках моделей MLP досягла точності 0.92, із precision 0.92, recall 0.93 та F1-score 0.93. Якість по класах збалансована:

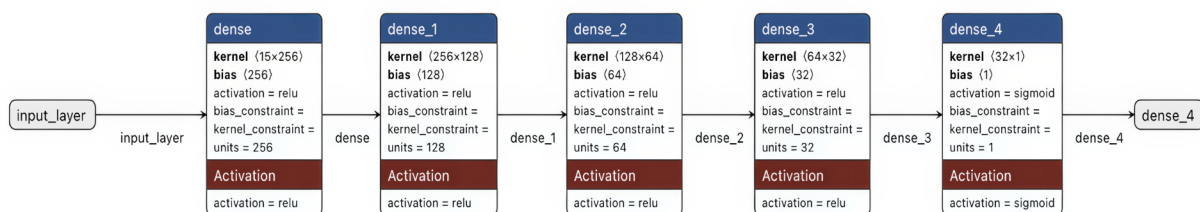


Рис. 1. Архітектура мережі

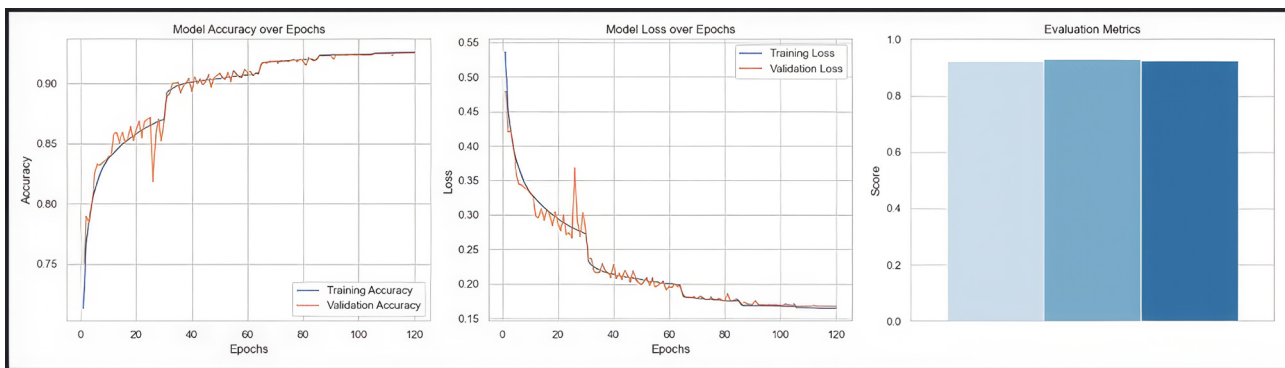


Рис. 2. Графіки точності та витрати

для класу «0» (nominal) — precision = 0.93, recall = 0.92, F1 = 0.92 (support = 238 565); для класу «1» (spoof) — precision = 0.92, recall = 0.93, F1 = 0.93 (support = 249 810). Матриця помилок вказує на 19 569 FP (помилкові спрацювання) та 17 486 FN (пропуски), що підтверджує збалансований компроміс між чутливістю та специфічністю за порогу 0.5. Сукупно це свідчить, що навіть без складної часової обробки MLP на нормалізованих каналних ознаках здатна надійно відрізнити синхронний спуфінг від номінального сигналу.

Динаміка навчання (див. рис. 2.) показує монотонне зростання точності та спадання втрат із виходом на плато без вираженої розбіжності між навчальною та валідаційною кривими — ознака відсутності суттєвого перенавчання.

Зниження швидкості навчання на плато (ReduceLROnPlateau) стабілізує збіжність наприкінці тренування. Загальний час експерименту склав 3655.85 с, після чого виконано оцінювання на тесті та побудовано звіти (classification report, confusion matrix). У прикладних сценаріях поріг 0.5 може бути зміщено для мінімізації FN або FP залежно від вимог (наприклад, зменшення пропусків спуфінгу за рахунок збільшення кількості тривог).

Висновки. Розроблено та досліджено модель MLP для виявлення синхронного GPS-спуфінгу на основі табличних ознак трекінгу приймача GNSS (C/N₀, Prompt I/Q, фазові та частотні похибки PLL/DLL, доплер, частота коду). Для оцінювання застосовано метрики Accuracy, Precision, Recall, F1-score.

За підсумками тестування на 488 375 зразках отримано accuracy = 0.92, precision = 0.92, recall = 0.93, F1-score = 0.93. Матриця плутанини засвідчує збалансованість помилок: TP = 232 324, TN = 218 996, FP = 19 569, FN = 17 486 за порогу 0.5, що підтверджує надійну відмінність між номінальним сигналом і синхронним спуфінгом навіть без складної часової обробки.

Проведено попереднє опрацювання даних: нормалізацію ознак до [−1;1], очищення від аномальних значень, сценарно-усвідомлене розбиття вибірок без витоків. Навчання здійснювалось адаптивною оптимізацією з контролем збіжності (зниження швидкості навчання на плато). Графіки «Model Accuracy over Epochs» та «Model Loss over Epochs» демонструють стаке підвищення якості та згасання втрат із виходом на плато без ознак суттєвого перенавчання, що узгоджується з підсумковими метриками на тесті.

Напрямами подальших досліджень є розгляд альтернативних архітектур нейронних мереж, насамперед CNN (для опрацювання часово-частотних представлень та кореляторних «карт») і, за потреби, їхніх гібридів із простими послідовними блоками. Окремим вектором стане розширення постановки завдання на інші типи спуфінгових атак, представлені в TEXBAT (зокрема сценарії з різною динамікою, затримками/ретрансляцією та комбінованими впливами), щоб оцінити узагальнюваність підходу поза синхронним спуфінгом і визначити, яка архітектура (MLP/CNN/гібрид) забезпечує найкращий компроміс між якістю та обчислювальною вартістю.

Література

1. Anderson J. M., Carroll K. L., DeVilbiss N. P., Gillis J. T., Hinks J. C., O'Hanlon B. W., Rushanan J. J., Scott L., Yazdi R. A. *Chips-Message Robust Authentication (CHIMERA) for GPS civilian signals. Proceedings of ION GNSS+*. 2017. URL: <https://www.ion.org/> (дата звернення: 01.10.2025).
2. Bishop C. M. *Pattern recognition and machine learning*. New York: Springer, 2006. 738 p.
3. European Commission. Galileo's OSNMA authentication service now operational. 25 серпня 2025 р. URL: <https://defence-industry-space.ec.europa.eu/> (дата звернення: 01.10.2025).
4. European Union. Galileo Open Service Navigation Message Authentication (OSNMA): Service Definition Document (Issue 1.0). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2025. URL: <https://www.gsc-europa.eu/> (дата звернення: 01.10.2025).

5. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning. Cambridge (MA): MIT Press, 2016. 800 p.
6. Haykin S. Neural networks: A comprehensive foundation. 2nd ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, 1999. 842 p.
7. Humphreys T. E., Ledvina B. M., Psiaki M. L., O'Hanlon B. W., Kintner P. M. Assessing the spoofing threat: Development of a portable GPS civilian spoofer. *Proceedings of the 21st International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS)*. 2008. P. 2314–2325.
8. Humphreys T. E. TEXBAT data sets 7 and 8: Description and usage (Technical report). Austin (TX): The University of Texas at Austin, Radionavigation Laboratory, 2016. URL: <https://rnl-data.ae.utexas.edu/> (дата звернення: 01.10.2025).
9. Korium M. S., Saber M. та ін. Image-based intrusion detection system for GPS spoofing cyberattacks in UAVs. *Ad Hoc Networks*. 2024. Vol. 163. Art. 103597. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2024.103597>
10. Meng L., Wei Z., Meng X., Li B. A survey of GNSS spoofing and anti-spoofing technology. *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14, No. 19. Art. 4826.
11. Misra P., Enge P. Global Positioning System: Signals, measurements, and performance. 2nd ed. Lincoln (MA): Ganga-Jamuna Press, 2011. 600 p.
12. Niu B., Zhuang X., Lin Z., Zhang L. Navigation spoofing interference detection based on a Transformer model in the acquisition stage. *Advances in Space Research*. 2024. Vol. 74, No. 10. P. 5156–5168.
13. Psiaki M. L., Humphreys T. E. GNSS spoofing and detection. *Proceedings of the IEEE*. 2016. Vol. 104, No. 6. P. 1258–1270.
14. UT Radionavigation Laboratory. TEXBAT: Texas Spoofing Test Battery. The University of Texas at Austin, [6.p.]. URL: <https://radionavlab.ae.utexas.edu/texbat/>
15. Wesson K. D., Shepard D. P., Bhatti J. A., Humphreys T. E. The Texas Spoofing Test Battery: Toward a standard for evaluating GPS signal authentication techniques. *Proceedings of the 25th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS)*. 2012. P. 3569–3583.

УДК 536.24:621.184.5

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
Член-кореспондент НАН України, завідувач відділом
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member NAS of Ukraine, Head of the Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Навродська Раїса Олександрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Navrodska Raisa

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Шевчук Світлана Іванівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Shevchuk Svitlana

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Сергієнко Роман Володимирович

*кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Serhiienko Roman

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Гнедаш Георгій Олександрович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Gnedash Georgii

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11522

**ЕФЕКТИВНІСТЬ НОВИХ КОМБІНОВАНИХ
СИСТЕМ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЇ ДИМОВИХ
ГАЗІВ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК**

**EFFICIENCY OF NEW COMBINED
HEAT RECOVERY SYSTEMS OF BOILER
PLANTS EXHAUST GASES**

Анотація. Наведено результати досліджень ефективності використання для опалювального котла теплопродуктивністю 2 МВт нової комбінованої системи теплоутилізації димових газів з водогрійним підігрівачем дуттьового повітря. Показано, що використання такого повітрянагрівача забезпечує його високу теплову ефективність та компактність у порівнянні з традиційним газогрійним аналогом, що є суттєвим при спорудженні теплоутилізаційних установок в стиснених умовах сучасних котельень.

Ключові слова: водогрійний повітрянагрівач, рециркуляція газів, ефективність, компактність.

Summary. The research results of the efficiency of using a new combined exhaust gas heat recovery system with a water-heating combustion air heater for a heating boiler with a heat capacity of 2 MW are presented. It is shown that the use of such an air-heater ensures its high thermal efficiency and compactness compared to the traditional gas-heating analogue, which is essential when constructing of heat recovery plants in limited conditions of modern boiler houses.

Key words: water-heating air heater, gas recirculation, efficiency, compactness.

Сучасні тенденції щодо підвищення теплової ефективності газоспоживальних котлоагрегатів пов'язані із застосуванням нових прогресивних теплоутилізаційних технологій. Серед цих технологій особливе місце займають технології з комбінованим використанням утилізованої теплоти [1; 2], в яких ця теплота використовується для підігрівання двох і більше теплоносіїв різного призначення. Відомою є комбінована теплоутилізаційна система для газоспоживальних опалювальних котельних установок з використанням теплоти відхідних газів для нагрівання тепломережної води та дуттьового повітря [3; 4]. У разі застосування такої системи грійним теплоносієм є димові гази котла. При цьому теплоутилізатор-водонагрівач встановлюється першим за ходом газів, а другим — теплоутилізатор-повітрянагрівач. Використання такої схеми комбінованої системи має певні недоліки. Так глибоке охолодження димових газів з утворенням конденсату у холодний період опалювального сезону реалізу-

ється у повітрянагрівачі, що потребує для його конструювання дорогих корозійностійких матеріалів. До того ж, газогрійні повітрянагрівачі, як відомо є дуже габаритними, що ускладнює їхнє розміщення у зазвичай стиснених умовах котельень. Актуальність даного дослідження полягає розробці нових альтернативних рішень систем теплоутилізації, позбавлених вказаних недоліків.

Метою роботи є розроблення для опалювальних котлів малогабаритних та маломатеріалоемних комбінованих теплоутилізаційних систем та дослідження їхньої ефективності.

Основні завдання дослідження полягали: у розробленні нової схеми теплоутилізації (рис. 1) з використанням газогрійного водонагрівача та водогрійного повітрянагрівача; виконанні теплового розрахунку котельної установки з пропонованою системою теплоутилізації в різних режимах експлуатації для опалювального котла з рециркуляцією димових газів; зіставленні отриманих результатів

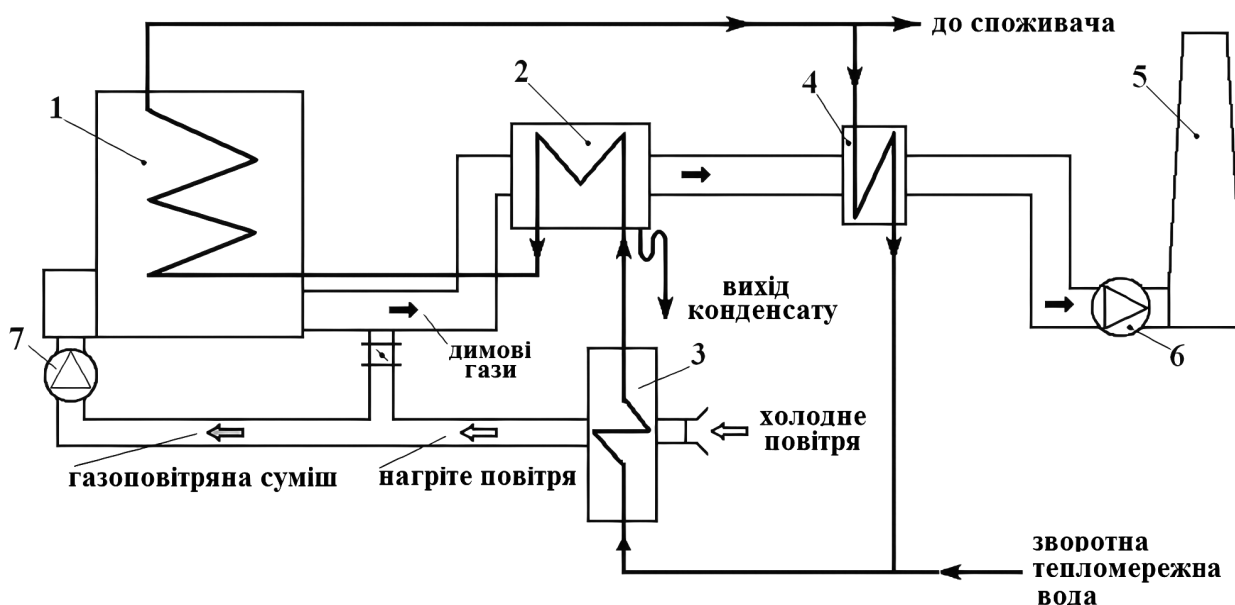


Рис. 1. Принципова схема пропонованої котельної установки: 1 — водогрійний котлоагрегат; 2 — газогрійний нагрівач зворотної води (водонагрівач); 3 — водогрійний повітрянагрівач; 4 — газогрійний газопідігрівач; 5 — димова труба; 6 — димосос; 7 — вентилятор

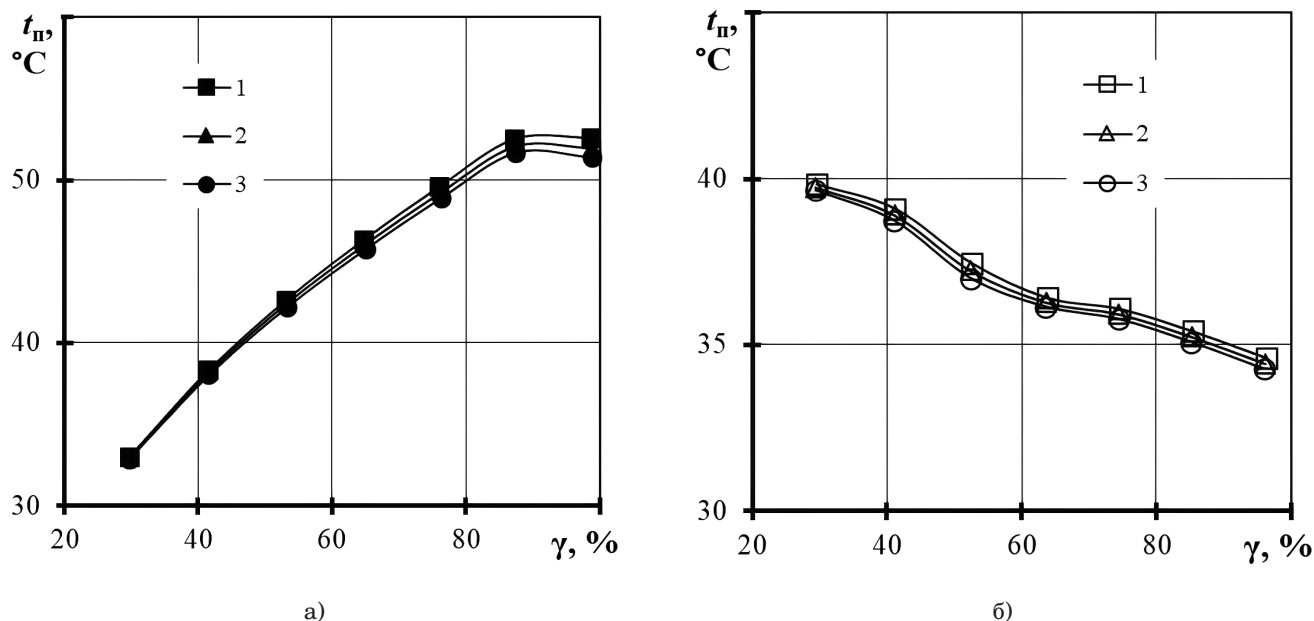


Рис. 2. Залежність від відносного навантаження котла γ температури t_n нагрітого повітря у водогрійному (а) та у газогрійному (б) повітрянагрівачі за різних часток σ рециркуляції газів:
1 – $\sigma = 10\%$; 2 – $\sigma = 15\%$; 3 – $\sigma = 20\%$

з результатами для відомої комбінованої системи з двома газогрійними теплоутилізаторами.

В пропонуваній системі дуттьове повітря нагрівається зворотною тепломережною водою перед надходженням її до газогрійного водонагрівача, що підвищує його ефективність. До того ж, теплообмінна поверхня водогрійного повітрянагрівача, як і водонагрівача, компонується із оребрених біметалевих труб (сталева основа і алюмінієве оребрення), що забезпечує його високу компактність і низьку металоємність, а також захист від корозійного зношування.

Дослідження ефективності пропонуваної системи виконувались для газоспоживального котла з наступними номінальними показниками: теплотворність 2,0 МВт; ККД — 82% (за вищою теплоотою згоряння газу); коефіцієнт надлишку повітря 1,1 та температура відхідних газів 160 °С. Котел використовувався для системи опалення з розрахунковою температурою повітря –20 °С, перепадом температур теплоносія 25 °С, в діапазоні зміни теплотворності від 29 до 100%, що відповідає зміні температури повітря в опалювальний період від +10 до –20 °С.

Таблиця 1

Відносна металоємність M/Q теплоутилізаційної системи з водогрійним та газогрійним повітрянагрівачем за різних відносних навантажень котла γ і за різних часток σ рециркульованих газів

Частка σ , %	Відносна металоємність M/Q теплоутилізаційної системи та її елементів, т/МВт													
	відносне навантаження котла γ , %													
	30	42	53	65	75	86	97	30	42	53	65	75	86	97
газогрійний водопідігрівач														
10	4,8	4,5	4,5	4,1	3,2	2,6	2,1	4,9	4,6	4,6	4,2	3,3	2,7	2,2
15	4,6	4,4	4,3	3,8	3,0	2,4	2,0	4,7	4,5	4,4	4,0	3,1	2,5	2,1
20	4,5	4,2	4,2	3,6	2,8	2,3	1,9	4,6	4,3	4,3	3,8	2,9	2,4	2,0
водогрійний повітрянагрівач							газогрійний повітрянагрівач							
10	22,0	10,7	6,5	4,4	3,2	2,5	2,0	35,4	22,0	15,5	11,5	8,8	7,0	5,7
15	21,0	10,3	6,2	4,2	3,1	2,4	1,9	33,8	21,0	14,9	11,0	8,4	6,7	5,4
20	20,1	9,8	6,0	4,0	3,0	2,3	1,8	32,4	20,2	14,3	10,5	8,0	6,4	5,2
уся теплоутилізаційна система														
10	7,4	6,1	5,2	4,2	3,2	2,5	2,1	10,5	9,1	8,2	6,9	5,4	4,3	3,6
15	7,1	5,9	5,0	4,0	3,0	2,4	2,0	10,1	8,8	7,9	6,6	5,1	4,1	3,4
20	6,8	5,7	4,8	3,8	2,9	2,3	1,9	9,8	8,4	7,6	6,3	4,9	3,9	3,2

На рис. 2 наведено результати розрахунків щодо температури нагріваного повітря за умов застосування пропонованої системи теплоутилізації та традиційної з газогрійним повітрянагрівачем. Як видно, холодне атмосферне повітря нагрівається у водогрійному повітрянагрівачі до 53 °С, а у газогрійному лише до 40 °С в залежності від режиму котла та частки байпасованих димових газів після котла. Більш висока температура дуттьового повітря для екологоефективних котлів з рециркуляцією газів сприяє покращенню показників повітрягазової суміші для запобігання конденсації у повітропідвідних каналах котельної установки, що зазвичай має місце для таких котлів [5–7]. Особливо це стосується низьких температур навколишнього повітря, які є загрозливими для обмерзання повітроводів та вентилятора без підігрівання дуттьового повітря.

В роботі виконано також дослідження щодо теплової ефективності та відносної металоємності ($m = M/Q$) пропонованої теплоутилізаційної системи, оснащеної водогрійним повітрянагрівачем. Визначено результуюче значення приросту ККД котла з урахуванням його зменшення на 1 ÷ 3% через рециркуляцію газів у дуттьове повітря. За отриманими результатами цей приріст становить 1,5 ÷ 4,8% в залежності від навантаження котла та часток рециркулювання газів від 10 до 20%.

У таблиці 1 наведено дані щодо відносної металоємності розглянутих теплообмінників-теплоутилізаторів. Як видно, застосування нової теплоутилізаційної системи забезпечує зниження M/Q водогрійного повітрянагрівача у 1,6 ÷ 2,9 рази у порівнянні з газогрійним аналогом, що забезпечує

зменшення загальної відносної металоємності пропонованої теплоутилізаційної системи у 1,4 ÷ 1,7 рази в залежності від режиму роботи котла та частки рециркулювання димових газів. Отримані показники пояснюються тим, що теплообмінники в пропонованій схемі є газо- та повітроводяними, поверхнею теплообміну в яких є пучки оребрених біметалевих труб, а газогрійний повітрянагрівач компонується із пластин з нержавіючої сталі, що збільшує його металоємність і габарити.

Отже, за результатами досліджень використання водогрійного повітрянагрівача забезпечує відносно невелику металоємність та високу компактність даного теплоутилізатора, що є суттєвим при його конструюванні і виготовленні, а також розміщенні в стиснених умовах сучасних котельень.

Висновки. Застосування пропонованої комбінованої теплоутилізаційної системи з водогрійним повітрянагрівачем забезпечує:

1. Надійну експлуатацію повітроводів котельної установки з рециркуляцією димових газів шляхом підігрівання дуттьового повітря до 32–53 °С, що забезпечує відсутність конденсації у цих каналах.

2. Результуючий приріст ККД котельної установки на 1,5 ÷ 4,8% завдяки використанню утилізованої теплоти на нагрівання тепломережної води та дуттьового повітря.

3. Зниження відносної металоємності M/Q повітрянагрівача у 1,6 ÷ 2,9 рази у порівнянні з газогрійним аналогом, що забезпечує зменшення загальної відносної металоємності пропонованої теплоутилізаційної системи у 1,4 ÷ 1,7 рази в залежності від режиму котла.

Література

1. Derii, V.O., Teslenko, O.I., & Sokolovska, I.S. (2023). Methodical approach to estimating the potential of thermal energy production by heat pump plants in case of their implementation in regional district heating systems. *Energy Technologies & Resource Saving*, 75(2), 44–56. <https://doi.org/10.33070/etars.2.2023.03>.
2. Nikitin, Y., & Dutka, O. (2020). Technical and economic efficiency of combined district heating with local heat source for district hot water. *Energy Technologies & Resource Saving*, (1), 34–40. <https://doi.org/10.33070/etars.1.2020.4>
3. Fialko, N., Navrodska, R., Presich, G., Gnedash, G., Shevchuk, S., & Stepanova, A. (2019). Kombinovani teploutylizatsiini systemy dlia gazospozhyvalnykh kotliv komunalnoi teploenergetyky [Combined heat recovery systems for gas-fired boilers of communal heat energy]. Kiev: Printing house "About format". 192 p.
4. Navrodska, R.O., Fialko, N.M., Gnedash, G.O., & Sbrodova, G.O. (2017). Energy-efficient heat recovery system for heating the backward heating system water and blast air of municipal boilers. *Industrial heat engineering*, 39(4), 69–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.31472/ihe.4.2017.10>
5. Fialko, N.M., Navrodska, R.O., Shevchuk, S.I., & Serhiienko, R.V. (2023). Problems of operating heating boilers of increased environmental efficiency. *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk*, (6), 54–60. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-6/054>
6. Фіалко, Н.М., Навродська, Р., Шевчук, С., та Абдулін, М. (2023). Особливості експлуатації екологічно ефективних котельних установок міської теплоенергетики. *Теплофізика та теплоенергетика*, 45(2), 55–62. <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2023.6>
7. Фіалко, Н.М., Навродська, Р., Шевчук, С., та Абдулін, М. (2023). Підвищення ефективності та надійності експлуатації котельних установок з рециркуляцією димових газів. *Теплофізика та теплоенергетика*, 45(4), 62–69. <https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2023.7>

УДК 621.1.016:621.184

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*

Шеренковський Юлій Владиславович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Sherenkovskiy Julii

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Клішч Андрій Володимирович

*молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Klishch Andrii

*Junior Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

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*

Альошко Сергій Олександрович

*кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Aleshko Sergey

*Candidate of Technical Sciences, 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

*Cand. of Tech. Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Кутняк Ольга Миколаївна

*науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Kutnyak Olha

*Scientific Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Хміль Дмитро Петрович

доктор філософії, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Khmil Dmytro

PhD, Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Місюра Тимофій Олексійович

доктор філософії, науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Misiura Tymofii

PhD, Scientific Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11426

ЗАКОНОМІРНОСТІ ІЗОТЕРМІЧНОЇ ТЕЧІЇ В МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ REGULARITIES OF ISOTHERMAL FLOW IN SPECIAL PURPOSE MICROJET BURNERS

Анотація. Наведено результати CFD моделювання течії в мікрофакельних пальниках з трирядною струменевою паливоподачею за ізотермічних умов. Проаналізовано вплив характеристик системи паливоподачі і коефіцієнта надлишку повітря на структуру течії в пальниках.

Ключові слова: мікрофакельні пальники, CFD моделювання, трирядна струменева паливоподача.

Summary. The results of CFD modeling of flow in microflare burners with three-row jet fuel supply under isothermal conditions are presented. The influence of fuel supply system characteristics and the excess air coefficient on the flow structure in the burners is analyzed.

Key words: microjet burners, CFD modeling, three-row jet fuel supply.

Одним з напрямів сучасного розвитку енергетики України є забезпечення високих екологоенергетичних показників теплоенергетичного устаткування. До важливих тенденцій такого розвитку належить застосування прогресивних технологій спалювання палива у нових модифікаціях мікрофакельних пальникових пристроїв [1–25].

Стаття присвячена аналізу закономірностей впливу на структуру течії в мікрофакельних пальниках характеристик системи паливоподачі і коефіцієнта надлишку повітря постійної в часі теплопродуктивності обладнання. Такі умови є типовими, насамперед, при експлуатації котельних установок та інших вогнетехнічних об'єктів.

Даний аналіз проведено на прикладі модифікації пальникових пристроїв з багаторядною

системою паливоподачі, які орієнтовані на застосування при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря. Схема досліджуваного модуля пальника стабілізаторного типу представлена в роботі [26]. Трирядна система паливоподачі складається з трьох секцій з різними значеннями відносного кроку розташування газоподавальних отворів. Використання окремої секції відповідає певному значенню коефіцієнта надлишку повітря, який в процесі дослідження змінювався в діапазоні $1,1 \leq \alpha_{\Sigma} \leq 1,5$. Як паливо використовувався природний газ, як окиснювач — повітря. Значення коефіцієнта надлишку повітря α_{Σ} , відстань L_1 між зривною кромкою стабілізатора і відповідними газоподавальними отворами, відносний крок розташування газоподавальних отворів S/d та швидкість повітря

Таблиця 1
**Конструктивні параметри системи
 трирядної струменевої подачі палива
 при постійній теплопродуктивності
 устаткування**

N_R	α_Σ	$L_1, 10^{-3}\cdot\text{м}$	$d, 10^{-3}\cdot\text{м}$	S/d
1	1,1	40	3,8	4,21
2	1,3	55	3,5	4,57
3	1,5	70	3,3	4,85

на вході канал U_{in}^a для подачі палива у різні секції наведено в таблиці 1.

Характерні результати виконаних досліджень наведено на рис. 1–4. Представлені дані математичного моделювання відповідають таким вихідним параметрам: довжина стабілізатора $B_{st} = 0,03$ м; висота каналу $B_c = 0,075$ м; довжина каналу $L_c = 1,3$ м; відстань від входу в канал до стабілізатора $L_0 = 0,1$ м; довжина стабілізатора $L_{st} = 0,2$ м; коефіцієнт загромодження прохідного перерізу каналу $k_f = 0,4$ ($k_f = B_{st}/B_c$).

Слід зазначити, що в межах даної роботи дослідження проведено на основі математичного

моделювання, що відповідає сучасній світовій тенденції [27–32].

За результатами досліджень встановлено, зокрема, що протяжність зони зворотних токів несуттєво залежить від номеру ряду паливоподачі і становить відповідно 45,5; 47, 2 і 45,5 мм для першої, другої і третьої секції подачі паливного газу. Максимальні за абсолютною величиною значення швидкості в цій зоні є близькими для першого і третього ряду паливоподачі (2,95 і 3,0 м/с) і дещо вищими для другого ряду (3,5 м/с).

Аналіз полів швидкості U_x у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я для трьох рядів газоподавальних отворів свідчать про наступне. В цілому вищі рівні швидкості мають місце при паливоподачі у третій ряд газоподавальних отворів, менші — у другий, і найменші — у третій (рис. 2). При цьому області найвищих значень швидкості розташовуються в міжстабілізаторному просторі за паливними струменями.

З аналізу одержаних даних щодо розподілу швидкості U_x по довжині каналу випливає, що починаючи з певної відстані від торця стабілізатора, значення швидкості ранжуються у відповідності до номеру ряду, а відтак і до величини коефіцієнта надлишку повітря. При цьому вища швидкість

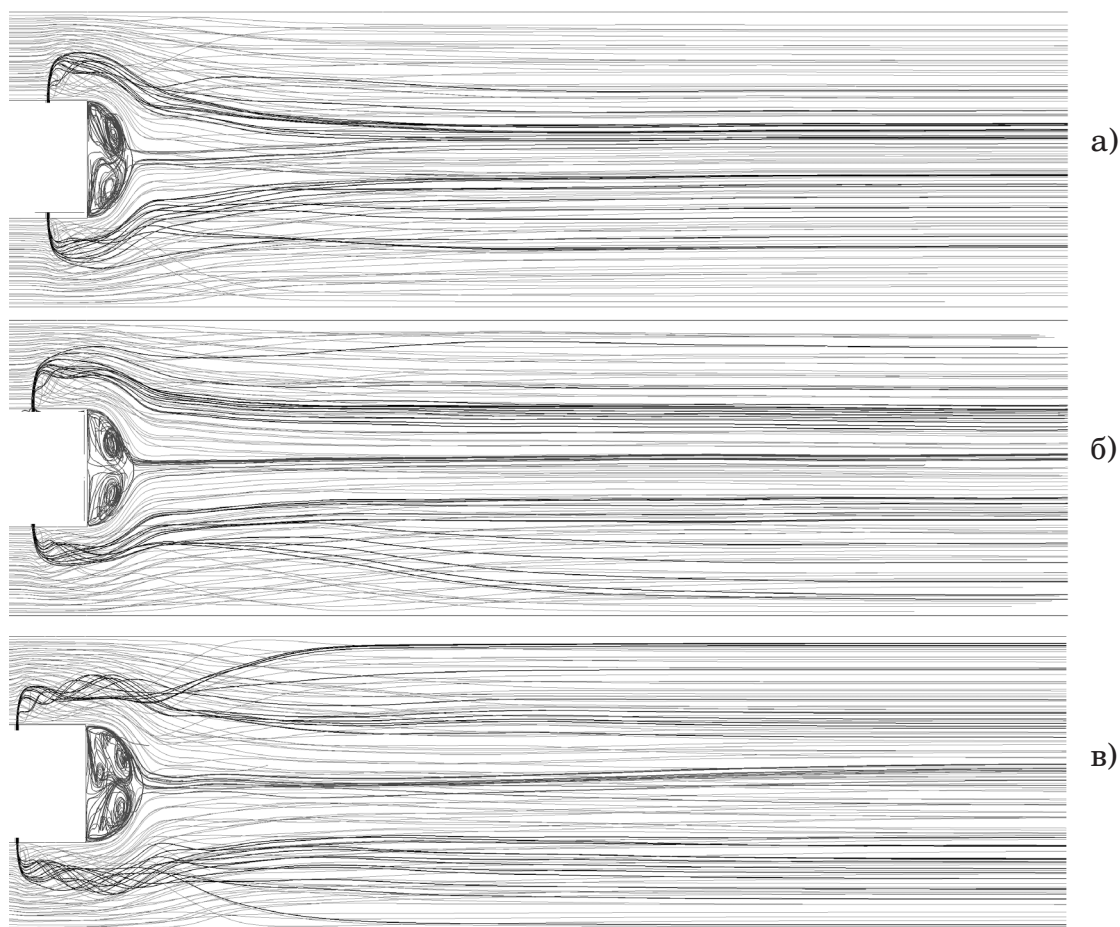


Рис. 1. Картина ліній току у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при подачі палива у першу (а), другу (б) та третю (в) секцію

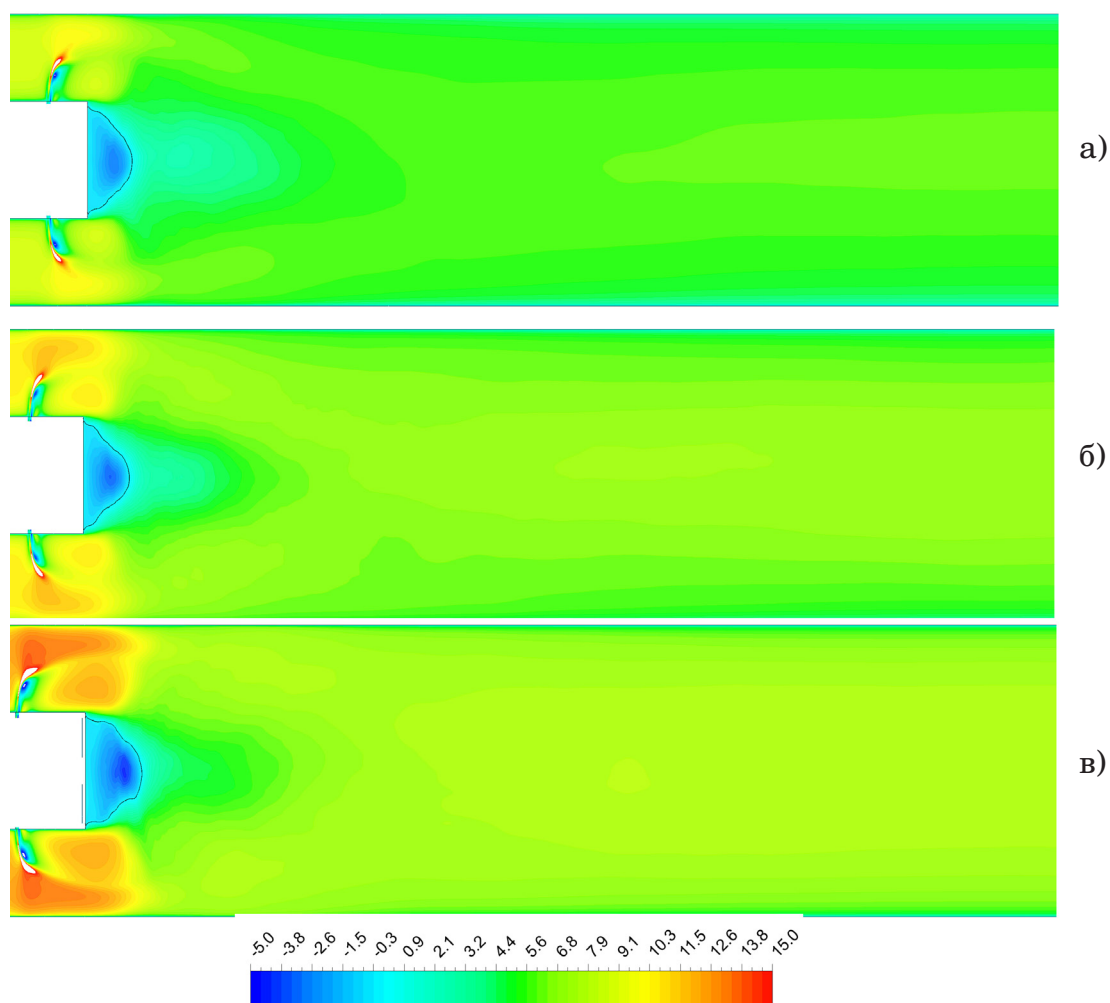


Рис. 2. Поле швидкості U_x у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при подачі палива у першу (а), другу (б) та третю (в) секцію за умов постійної теплопродуктивності енергетичного устаткування

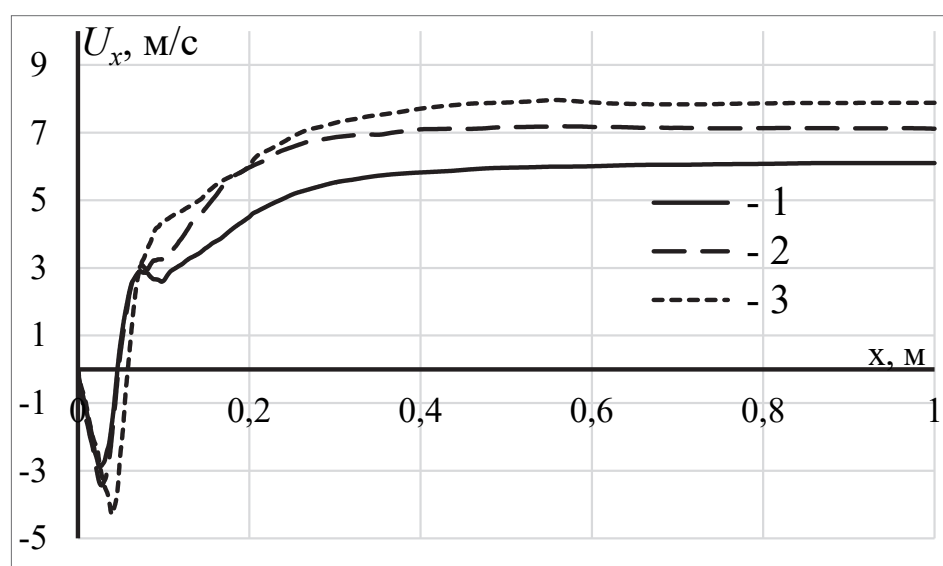


Рис. 3. Розподіл швидкості U_x по довжині каналу за стабілізатором полум'я на осі стабілізатора в площині, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при подачі палива у першу (1), другу (2) та третю (3) секцію за умов постійної теплопродуктивності енергетичного устаткування

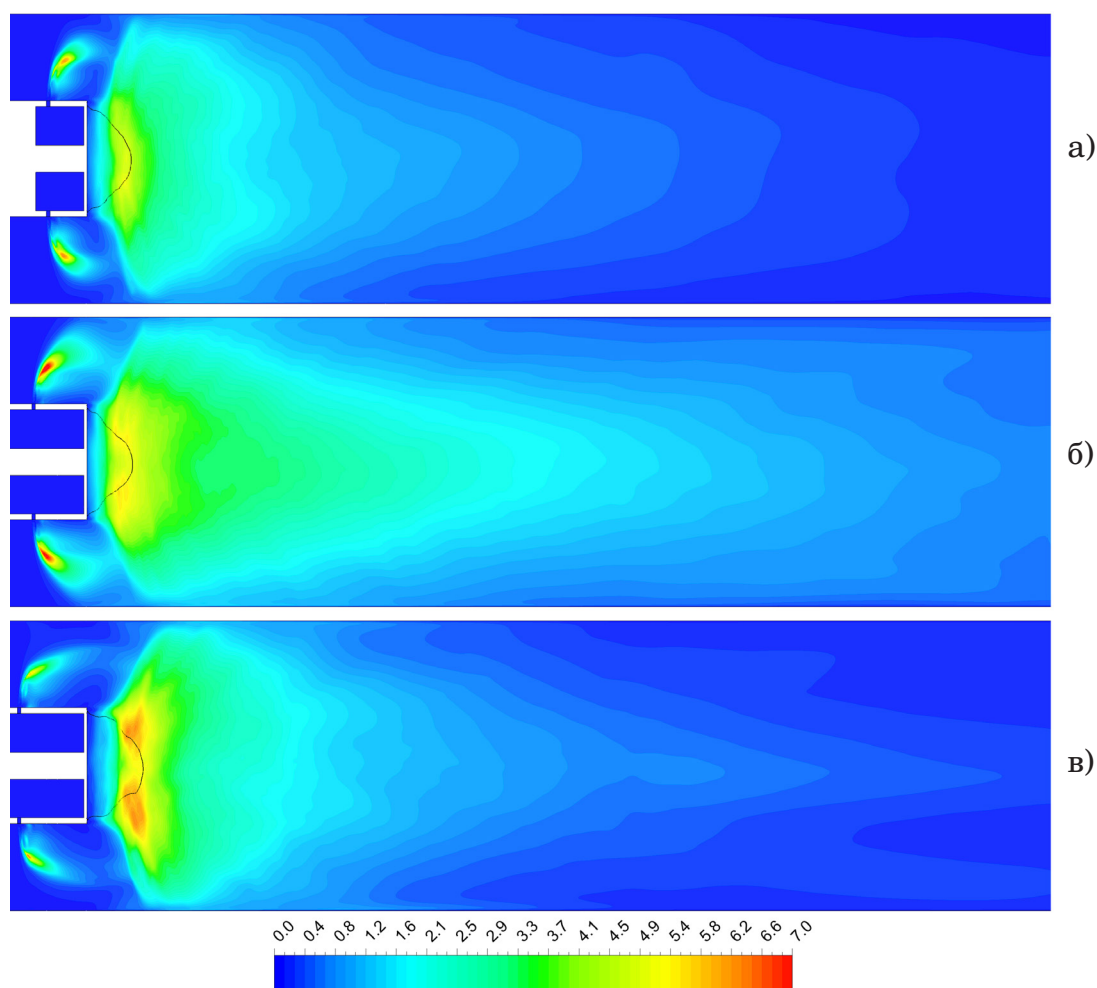


Рис. 4. Поле середньоквадратичних пульсацій швидкості у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при подачі палива у першу (а), другу (б) та третю (в) секцію за умов постійної теплопродуктивності енергетичного устаткування

відповідає більшому номеру ряду і значенню коефіцієнта надлишку повітря α (рис. 3).

Значний інтерес становлять дослідження розподілу середньоквадратичних пульсацій швидкості у поздовжньому перерізі каналу. Аналіз отриманих даних, представлених на рис. 4, вказує на те, що рівень цих пульсацій для досліджуваних ситуацій не перевищує 7 м/с. Величини пульсацій швидкості зменшуються вниз за потоком при паливоподачі з різних рядів газоподавальних отворів. У даній області найвищі пульсації швидкості мають місце при паливоподачі в другу секцію, а найменші — за умов паливоподачі в третю секцію.

Слід також відзначити, що поблизу зони рециркуляції за стабілізатором полум'я рівні пульсацій швидкості зростають зі збільшенням номеру ряду.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено закономірності ізотермічної течії в мікрофакельних паливникових пристроях з трирядною паливоподачею за умов постійної в часі теплопродуктивності обладнання. Виявлено ефекти впливу на характеристики цих процесів таких чинників, як номер ряду газоподавальних отворів та величина загального коефіцієнта надлишку повітря.

Література

1. 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.
2. Абдулін М.З., Фіалко Н.М., Тимошенко О.Б., Сірий О.А., Шеренковський Ю.В., Мілко Є.І., Озеров А.А., Кліщ А.В., Ольховська Н.М., Швецова Л.Я. Температурні режими зон зворотних потоків у близькому сліді циліндричних стабілізаторів полум'я. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018, Т. 28, № 3. С. 97–100.
3. 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. Миколаїв : СПД Румянцева Г.В., 2021. 118 с.
4. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Малецька О.Е., Рокитько К.В., Юрчук В.Л. Микрофакельные горелочные устройства для эксплуатации в условиях повышенных избытков окислителя. *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: сборник трудов*. Институт промышленной экологии. ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2020. С. 76–79.
5. Абдулін М.З., Сірий О.А., Кобилянська О.О. Енергоекологічна оцінка котельного устаткування модернізованого на базі струменево-нішевої технології. *Проблеми машинобудування*. 2022. Том 25, № 3. С. 46–55.
6. 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. *Энергетика и автоматика*. 2021. № 3. С. 51–61.
7. Сорока В.С., Пьяных К.Е. Развитие струй в сносящем потоке при сжигании топлива. *Экотехнологии и ресурсосбережение*. 2001. № 2. С. 59–66.
8. Fialko N., Prokopov V., Sherenkovsky Yu., Meranova N. Alioshko S., Polozenko N., Maletska O., Rokytko K., Abdulin M. Basic principles of thermogas dynamics of microjet burner devices with asymmetric supply of fuel gas. *International Scientific Journal "Internauka"*. 2020. № 4 (84). P. 30–33.
9. 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. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267891>
10. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Кутняк О.М., Рокитько К.В., Малецька О.Є., Хміль Д.П., Сороковий Р.Я. Особливості аеродинаміки і змішування палива та окиснювача в пальниках з трирядною паливopoдачею. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2023. № 10(144). С. 63–67.
11. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Полозенко Н.П., Чехаровська М.І., Дашковська І.Л., Хміль Д.П., Кліщ А.В., Попружук І.О. Ефекти впливу номеру ряду струменевої подачі палива на характеристики течії і сумішоутворення в мікрофакельних пальникових пристроях. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2023. № 6(140). С. 65–70.
12. Siryi O., Abdulin M., Bietin Y., Kobylanska O., Magera A. Study of Gas-Burning Systems Emission Characteristics Due Hydrocarbon Fuels Combustion. In: Zaporozhets, A. (eds) *Systems, Decision and Control in Energy V. Studies in Systems, Decision and Control*, vol. 481. 2023. Springer, Cham. P. 751–766.
13. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Меранова Н.О., Сірий О.А., Полозенко Н.П., Місюра Т.О., Хміль Д.П., Бетін Ю.О., В., Кліщ А.В. Дослідження особливостей течії в закормовій області стабілізаторів мікрофакельних пальників. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2024. № 11. С. 96–100. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2024-11-10438>
14. Бутовский Л.С., Грановская Е.А., Фіалко Н.М., Строкин В.Н. Повышение устойчивости факела при подаче газа в зону рециркуляции за стабилизатором. *Технологические системы*. 2011. № 3 (56). С. 74–81.
15. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Полозенко Н.П., Алешко С.А., Малецька О.Е., Мілко Є.І., Озеров А.А., Кутняк О.Н., Бутовський Л.С. Особенности течения в микрофакельных горелках с подковообразным расположением стабилизаторов пламени. *Науковий вісник НУБіП України*. 2015, 20.9, Ч. 1, С. 191–199.
16. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Тимошенко А.Б., Абдулін М.З., Бутовський Л.С. Эффективность систем охлаждения горелочных устройств струйно-стабилизаторного типа. *Технологические системы*. 2012. № 1. С. 52–57.
17. 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. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-16-7654>
18. 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. DOI: <https://www.inter-nauka.com/issues/2020/5/5803>

19. Абдулін М.З., Сірий О.А. Дослідження сталості горіння в струменево-нішовій системі при обмеженні далекобійності паливних струменів. К: Енергетика: економіка, технології, екологія, 2014. № 3/37. С. 22–29.
20. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Майсон М.В., Меранова Н.О., Полозенко Н.П., Тимощенко О.Б., Альошко С.О., Абдулін М.З. 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.
21. 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. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-9-7407>
22. Фіалко Н.М., Меранова Н.О., Шеренковський Ю.В., Клищ А.В., Альошко С.О., Прокопов В.Г., Абдулін М.З., Полозенко Н.П., Кутняк О.М., Ольховська Н.М. Закономірності течії в пальниках з трирядною паливоподачею. *Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики: збірник праць*. К.: ІВЦ АЛКОН НАН України, 2024. С. 92–99.
23. 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. DOI: <https://doi.org/10.29010/084.3>
24. 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. DOI: <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2023.4>
25. Абдулін М.З., Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Бутовський Л.С., Юрчук В.Л., Г.В. Іваненко, А.В. Клищ, Тимощенко О.Б. Структура течії у системі турбулізатор — нішова порожнина. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27, № 3. С. 131–135.
26. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Кутняк О.М., Рокитько 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. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-10-8968>
27. Spalart P. R. Strategies for turbulence modelling and simulations. *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 2000. Vol. 21, № 3. P. 252–263.
28. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Малецька О.Є., 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>
29. Kamotani Y., Greber I. Experiments on a Turbulent Jet in a Cross Flow. *AIAA Journal*. 1972. Vol. 10, № 11. P. 1425–1429.
30. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Полозенко Н.П., Меранова Н.О., Алешко С.А., Іваненко Г.В., Юрчук В.Л., Милко Е.И., Ольховская Н.Н. Моделирование структуры течения в эшелонированных решетках стабилизаторов при варьировании шага их смещения. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2015. Т. 2, № 8 (74). С. 29–34.
31. Shur M. L., Spalart P. R., Strelets M. K., Travin A. K. A hybrid RANS-LES approach with delayed-DES and wall-modeled LES capabilities. *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 2008. V. 29. P. 1638–1649.
32. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Бутовський Л.С., Абдулін М.З., Полозенко Н.П., Клищ А.В., Стрижеус С.Н., Тимощенко А.Б. Математическое моделирование процессов течения и смешения в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2014. Т. 3, № 8(69). С. 40–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24895>

УДК 517.956:519.688:004.94

Подошвелев Юрій Георгійович

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри математичного аналізу та інформатики
Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка

Podoshvelev Yurii

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University

Кононович Тетяна Олександрівна

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри математичного аналізу та інформатики
Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка

Kononovych Tetyana

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11526

АНАЛІЗ СИМЕТРІЙ СИСТЕМ РІВНЯНЬ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ В СЕРЕДОВИЩАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ

ANALYSIS OF SYMMETRY SYSTEMS OF MATHEMATICAL PHYSICS EQUATIONS IN COMPUTER MATHEMATICS ENVIRONMENTS

Анотація. У статті розглянуто застосування методів групового аналізу до систем диференціальних рівнянь математичної фізики із використанням сучасних середовищ комп'ютерної математики. Проаналізовано можливості пакетів систем комп'ютерної алгебри для автоматизації пошуку симетрій, побудови операторів Лі, інваріантних змінних і регульованих рівнянь. Викладено основні етапи алгоритмічного та комп'ютерного підходу щодо проведення симетрійного аналізу, наведено приклад їх застосування до узагальненої системи рівнянь Бюргерса. Здійснено порівняльний аналіз ефективності використання програмно-реалізованих алгоритмів пошуку симетрій у розрізі методу Лі.

Ключові слова: симетрія, система, диференціальне рівняння, математична фізика, метод Лі, системи комп'ютерної алгебри, Maple, Mathematica, інваріант, розв'язок.

Summary. The article considers the application of group analysis methods to systems of differential equations of mathematical physics using modern environments of computer mathematics. The capabilities of computer algebra system packages for automating the search for symmetries, constructing Lie operators, invariant variables, and reduced equations are analyzed. The main stages of the algorithmic and computer approach to symmetric analysis are outlined, and an example of their application to the generalized system of Burgers' equations is given. A comparative analysis of the effectiveness of software-implemented algorithms for searching for symmetries in terms of Lee's method was carried out.

Key words: symmetry, system, differential equation, mathematical physics, Lie method, computer algebra systems, Maple, Mathematica, invariant, solution.

Як відомо, диференціальні рівняння математичної фізики (ДРМФ) становлять основу математичного опису процесів і явищ, що відбуваються у природі. Вони відображають еволюцію станів систем та закономірності зміни фізичних величин у просторі й

часі. Формалізація фундаментальних законів природи за допомогою ДРМФ ґрунтується на аналізі взаємозв'язку між шуканими функціями та їхніми похідними, що визначає структуру і властивості відповідних математичних моделей. Цей взаємозв'язок

найповніше розкривається через метод симетрійної редукції, або груповий метод Лі. Підставою щодо формування симетрійного підходу, започаткованого Софусом Лі, стала інтерпретація вченими ДРМФ не лише як алгебраїчних співвідношень, а як динамічних систем, що володіють певними інваріантними характеристиками.

Таким чином, метод групових симетрій Лі (класичний метод Лі) — це основний інструмент структурного аналізу математичних моделей, що забезпечує глибоке розуміння внутрішніх закономірностей ДРМФ і сприяє пошуку їх точних розв'язків. Ефективність даного методу є загальноновизнаною. При цьому він дозволяє встановити перетворення, що залишають інваріантними рівняння або системи диференціальних рівнянь із частинними похідними (ДРЧП), забезпечує не лише їх аналітичне розв'язання, а й засоби класифікації. Метод докладно описаний у багатьох працях, присвячених цій тематиці, наприклад в [1].

Із точки зору системного підходу до класичного методу Лі, останній дає змогу здійснювати редукцію складності системи. Використання знайдених інваріантів дозволяє зменшити розмірність або порядок вихідної системи ДРЧП. Це рівнозначно пошуку підпростору в просторі станів, у якому динаміка системи залишається незмінною. Інваріантні розв'язки, що отримуються в результаті редукції, характеризують особливі та стійкі режими функціонування системи (у термінах системного аналізу — це атрактори або рівноважні стани).

Ключем до знаходження Лієвської групи симетрій є нескінченно малий генератор групи (інфінітезимальний оператор Лі), якому, відповідно до теореми Нетер, відповідає певний закон збереження (наприклад, збереження енергії чи імпульсу). Для побудови базису таких генераторів необхідно сформувати та розв'язати визначальну систему рівнянь. Хоча окремі операції є відносно простими, загальний процес їх виконання виявляється надзвичайно трудомістким для реалізації вручну. Саме ця обчислювальна складність історично обмежувала можливості застосування методу Лі. Особливо це проявляється під час опрацювання великої кількості рівнянь, що виникають у випадках ДРЧП вищих порядків або систем із більш ніж двома незалежними змінними. Саме такі складні рівняння та системи з багатьма незалежними змінними найчастіше виникають у сучасній біології, медицині, теоретичній і прикладній фізиці. До типових прикладів належать система рівнянь Нав'є–Стокса, що є фундаментальним набором нелінійних ДРЧП гідродинаміки, система рівнянь хемотаксису, відома як модель Келлера–Сегеля, яка описує рух клітин або організмів у відповідь на хімічні сигнали. Остання широко використовується для моделювання процесів, таких як імунна відповідь, розвиток ембріонів, поширення бактерій тощо.

У таких ситуаціях особливо актуальним є застосування сучасних систем комп'ютерної алгебри

(СКА), зокрема Mathematica, Maple та інших, які забезпечують автоматизацію процесу пошуку симетрій і значно спрощують виконання симетрійного аналізу. Це, у свою чергу, відкриває нові можливості для автоматизованого виявлення симетрій, побудови операторів Лі, інваріантів та редуктованих рівнянь. Використання подібних програмних середовищ істотно зменшує обсяг аналітичних обчислень і мінімізує ризик технічних помилок, що є особливо важливим при роботі з багатовимірними та нелінійними системами рівнянь.

Концепція впровадження СКА у процес дослідження симетрій набуває більшої актуальності при розгляді узагальнень класичного методу Лі. А саме, зі впровадженням узагальненої симетрії, поняття, що формалізовано та набуло широкого застосування в теорії диференціальних рівнянь у другій половині XX століття. Узагальнені симетрії є найширшим класом локальних симетрій і включають в себе такі більш вузькі типи: контактні, Лі-Беклунда, вищого порядку. Вони допускають залежність генератора симетрії від похідних довільного порядку. При цьому такі симетрії не містять інтегралів або потенціалів, що відрізняє їх від нелокальних симетрій. [2, с. 286–388; 3, с. 252–300]

Згодом, у 1969 році учені Блюман і Коул у своїй статті [4, с. 1026] запропонували метод аналізу не-класичних симетрій (non-classical symmetries) диференціальних рівнянь. Однак суттєві приклади таких симетрій для нелінійних ДРЧП з'явилися пізніше у працях П. Олвера та П. Розенау [5, с. 108–109], які ввели поняття «слабкої» симетрії і привели приклад такої симетрії для нелінійного рівняння акустики. У роботі [6, с. 46] Фушич і Цифра запровадили термін «порушена» («broken») симетрія, який концептуально близький до понять «некласичної» [4, с. 1026] та «слабкої» симетрії [5, с. 108–109]. Усі три — «некласична», «слабка» та «порушена» — розглядаються як окремі випадки умовної симетрії. Згодом ці підходи були об'єднані під загальною назвою Q-умовна симетрія диференціальних рівнянь. Поняття умовної інваріантності остаточно сформувалося у праці Фушича В.І. [7, с. 6–8] і було детально викладене в монографії [1, с. 326–348].

Інший, сучасний, метод дослідження симетрій ДРЧП є метод нелокальних симетрій. Це узагальнення методу класичних симетрій, що дозволяє враховувати залежності від інтегралів, потенціалів або інших глобальних змінних, які не є локальними функціями змінних та їх похідних. Нелокальні симетрії потенційного типу уведені Блюманом, Кумеєм і Рідом [8, с. 806–808].

Існує значна кількість пакетів СКА, які забезпечують автоматизоване обчислення симетрій Лі, симетрій Лі-Беклунда та некласичних симетрій. Основні пакети та модулі потужних СКА для аналізу вказаних симетрій ДРЧП та їх систем, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Пакети та модулі СКА для дослідження симетрії Лі

Назва пакету / модуля	СКА	Розробник(и)	Точкові симетрії	Узагальнені симетрії	Некласичні симетрії	Розв'язання системи визначальних рівнянь
DIFFGROB2	Maple	Mansfield	Ні	Ні	Ні	Редукція
Liesymm	Maple	J. Carminati	Так	Ні	Ні	Автоматично
SYMCAL	Maple Macsyma	Reid & Wittkopf	Ні	Ні	Ні	Редукція
GeM	Maple	A.F. Cheviakov	Так	Ні	Так	Автоматично
SADE	Maple	Rocha Filho, Annibal Figueiredo	Так	Так	Так	Автоматично
PDEtools	Maple	E.S. Cheb-Terrab and K. von Bulow.	Так	Так	Так	Автоматично
JetCalculus.m	Maple	I. Anderson	Так	Так	Ні	Так
Lie	Mathematica	G. Baumann	Так	Ні	Так	Так
LieBaecklund	Mathematica	G. Baumann	Ні	Так	Ні	Автоматично
MathSym	Mathematica	S. Herod, G. Baumann	Так	Ні	Так	Редукція
MathLie	Mathematica	G. Baumann	Так	Так	Ні	Редукція
PDELIE	Macsyma	Vafeades	Так	Так	Ні	Так
SYM_DE	Macsyma	Steinberg	Так	Ні	Ні	Partially
SYMMGRP.MAX	Macsyma	Champagne et al.	Так	Ні	Так	Автоматично

Джерело: складено авторами на основі [9, с. 141]

Очевидно, що пакети SADE (Symmetry Analysis of Differential Equations) та PDEtools вирізняються серед інших за своїми функціональними можливостями. Незважаючи на те, що SADE не є офіційним модулем Maple, він здобув широку популярність як потужний

зовнішній інструмент. Його часто застосовують для аналізу складніших або узагальнених типів симетрій, зокрема деяких некласичних випадків, у яких можливості PDEtools виявляються обмеженими або потребують значних ручних втручань, див. табл. 2.

Таблиця 2

Порівняння пакетів SADE і PDEtools

Критерій		SADE	PDEtools	GeM
Тип пакету		Зовнішній (неофіційний)	Офіційний модуль Maple	Зовнішній (неофіційний)
Класичні симетрії		Повна підтримка	Повна підтримка	Повна підтримка
Некласичні симетрії	Узагальнені симетрії (контактні, Лі-Беклунда, вищого порядку)	Повна підтримка	Потребує ручного втручання	Повна підтримка
	Потенційні та нелокальні симетрії	Часткова підтримка	Не підтримуються	Повна підтримка
Інтерфейс користувача		Командний, з гнучкими опціями	Інтегрований у Maple, зручний для базових задач	Командний, з гнучкими опціями
Документація		Досить повна, англomовна, орієнтована на дослідників, англomовна	Офіційна, добре структурована, багатомовна	Повна із прикладами, орієнтована на дослідників, англomовна
Підтримка Maple		Відверсії Maple 13	Вбудований у всі сучасні версії	Від версії Maple 12
Типові задачі симетрійного аналізу ДРМФ		Узагальнені та умовні симетрії	Класичні симетрії,	Нетривіальні симетрії
		редукція, пошук інваріантів та інваріантних розв'язків, знаходження інтегралів руху, перших інтегралів і консервативних законів, робота з системами рівнянь		
Продуктивність при дослідженні складних моделей		Висока	Вище середньої	Висока

Джерело: розробка авторів

У процесі наукових досліджень, пов'язаних із симетрійним аналізом диференціальних рівнянь із частинними похідними, розширений пакет PDEtools, орієнтований на символічну обробку таких рівнянь, може бути ефективно доповнений модулями пакету DifferentialGeometry. Останній включає підпакет JetCalculus розроблено спеціально для автоматизованого виявлення симетрій Лі-Беклунда, що значно розширює можливості аналізу порівняно з базовим функціоналом PDEtools. Він не завжди

встановлений за замовчуванням, але доступний як зовнішнє доповнення.

При дослідженні функціональних можливостей пакетів та рівнів їх ефективності застосовано гетерогенну методику. Проведена наукова розвідка підтвердила потребу інкорпорування до аналізу симетрій систем ДРМФ новітніх програмних засобів комп'ютерної математики. Посилення конкатенації сприятиме автоматизації процесів аналізу нелінійських симетрій систем ДРЧП.

Література

1. Fushchych W.I., Shtelen V.M., Serov N.I. Symmetry analysis and exact solutions of equations of nonlinear mathematical physics. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 436 p.
2. Olver P.J. Applications of Lie Groups to Differential Equations. Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo: Springer-Verlag 1986. XXVI, 497 S., DM 158. (Graduate Texts in Mathematics 107)
3. Bluman G., Kumei S. Symmetries and Differential Equations. Springer-Verlag New York, Heidelberg, Berlin: 1989, 412 pp.
4. Bluman G., Cole J.D. The general similarity solution of the heat equation. *J. Math. Mech.* 1969. Vol. 18, No. 11. P. 1025–1042.
5. Olver P.J., Rosenau P., The construction of special solutions to partial differential equations. *Phys. Lett.* 1986. Vol. 114A, No. 3. P. 107–112.
6. Fushchych W.I., Tsyfra I.M. On a reduction and solutions of the nonlinear wave equations with broken symmetry. *J. Phys. A: Math. Gen.* 1987. Vol. 20, No. 2. P. L45–L48.
7. Фушчич В.І. Як розширити симетрію диференціальних рівнянь? *Симетрія та розв'язки нелінійних рівнянь математичної фізики*. Київ, Інститут математики АН УРСР, 1987. С. 4–16.
8. Bluman G., Kumei S., Reid G. New classes of symmetries for partial differential equations. *J. Math. Phys.* 1988. Vol. 29. P. 806–811.
9. Hillgarter E., Hemmecke R., Landsmann G., Winkler F. Symbolic Differential Elimination for Symmetry Analysis. *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems*. 2004. Vol. 10, No. 2, pp. 123–147.

UDC 611.781:615.8

Davydenko Olha*Hairdresser of various profiles, NOBU Beautique Hair & Spa
(Charlotte, USA)*

ORCID: 0009-0007-3864-6076

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11519

IHUE

THE IMPACT OF CUTTING FREQUENCY WITH “HOT SCISSORS” ON HAIR END SPLITTING

Summary. The article presents a theoretical and comparative analysis of the impact of cutting frequency using the “hot scissors” technique on the morphological condition of hair ends. The study is based on analytical, structural-functional, and comparative approaches that allow for identifying the correlation between the degree of damage and the thermal cutting regimen, individual hair characteristics, and parameters of thermal exposure. Special attention is given to microscopic signs of cuticle and cortex alterations, as well as to the mechanisms of hair shaft sealing under infrequent procedures. The permissible cutting frequency is analyzed with respect to hair structure, porosity, and moisture levels, using up-to-date trichological and dermatological data. Negative effects of cumulative thermal stress are identified, including fatigue cracks and friction-induced fiber degradation under high-intensity procedures. The synthesis of morphological data enabled the formulation of a differentiated approach to thermal haircutting in salon practice, taking into account skin phototype, sebaceous gland activity, and prior chemical treatments. The presented findings form a foundation for the standardization of thermal haircutting regimens and the implementation of split-end prevention protocols. This article will be useful for practicing stylists, hairdressers, aesthetic trichologists, instructors in hairdressing arts, and developers of personalized hair care programs in the premium beauty industry.

Key words: thermal haircut, hot scissors, hair splitting, hair shaft morphology, cuticle layer, thermal exposure, cutting frequency, hair damage, aesthetic trichology, split-end prevention.

Introduction. Amid growing interest in gentle, function-oriented hair-care techniques that combine aesthetic results with long-term preservation of hair structure, thermocutting has come to the fore as a technology with preventive potential. A haircut performed with so-called “hot scissors” is presented as a procedure that hermetically seals the hair ends through targeted heat applied to the keratin shaft. The approach is valued primarily for its ability to slow delamination, enhance moisture retention, and increase the perceived density of the fibres.

One of the pivotal parameters governing the effectiveness of this method is the trimming frequency incorporated into routine salon maintenance. Although thermal tools are widely used in professional practice, scientific insight into the morphological dynamics of cut surfaces in relation to thermocutting intervals remains fragmentary. The lack of unified guidelines for how often “hot scissors” should be employed hinders the development of standardised service protocols and heightens the risk of unnecessary thermal exposure to already compromised hair fibres [4].

Theoretical analysis of this aspect is driven by the practical needs of aesthetic-trichology specialists and by the necessity of introducing evidence-based approaches into regular hair-care programmes for clients with increased brittleness and a tendency toward split ends. As demand for individualised care regimens — particularly within the premium segment of the beauty industry — continues to rise, optimising the frequency of thermocutting becomes a crucial element of sustainable reconstruction and prevention strategies.

This study analyses how the morphological condition of hair ends depends on trimming frequency when the hot-scissor technique is employed, and delineates the boundaries of the method’s effectiveness and its limitations in light of current scientific understanding of hair’s structural response to local thermal exposure.

Materials and Methods. The present study is founded on a methodology that integrates analytical, structural-functional, and comparative approaches. These frameworks enabled examination of the phenomenon of hair-end splitting as the outcome of complex interactions among chemical, thermal, and

mechanical factors, including the frequency and technique of cutting with a thermal-sealing instrument.

The analytical approach was employed to isolate the key physiological and structural alterations of the hair shaft resulting from routine treatment with hot scissors. In the work of T. Hirai et al. [5], it was demonstrated that hair keratin responds to oxidative stress by forming supersulfide bonds, rendering it particularly susceptible to thermal loads. This finding justified treating thermal exposure not as a homogeneous parameter but as a variable whose efficacy and safety depend on application frequency.

The structural-functional approach provided a detailed account of damage mechanics under conditions of frequent thermal cutting. D. Taylor et al. [10] identified biomechanical patterns of hair splitting, including crack morphology and orientation in response to external forces. The comparative method was applied to contrast various thermal-processing techniques; L. G. Sakamoto et al. [9] offered a comparative assessment of instruments and protocols with respect to their impact on hair integrity, thereby enabling risk differentiation between high-frequency and low-frequency hot-scissor trims.

The source base encompasses investigations into the thermal stability of hair proteins [5], cuticular layer disruption during chemical and thermal treatments [2], effects of aggressive environments on follicular structures [3], and data on post-heat restoration of hair architecture [6]. Textual interpretation methods were utilized to extract pertinent descriptions of morphological changes. With reference to C. G. Burkhart [1], the concept of trichoptilosis was clarified as the clinical manifestation of splitting due to keratin sheath compromise. Additionally, L. Wilkinson et al. [11] described a visual assessment protocol for heat-induced damage, which underpinned the theoretical reconstruction of potential hair-end degradation scenarios under repeated trimming.

Thus, the chosen methods and literature provided a theoretical framework for reconstructing the mechanism by which trimming frequency with hot scissors influences the morphological state of hair ends, relying on experimentally validated data rather than direct empirical verification.

Results. The results of the analysis demonstrate a clear dependence of morphological alterations in hair structure on both the method and frequency of thermal exposure. Comparison of empirical data from multiple studies enabled identification of qualitative and quantitative parameters characterizing the extent of hair-shaft damage when different types and intensities of thermal tools are applied. Particular attention was paid to contrasting the condition of hair ends at varied trimming frequencies and to the morphological features recorded under microscopic examination. Table 1 presents differences in cross-sectional shape, degree of cuticle lifting, presence of microcracks, and overall impact on fibre smoothness according to the type of thermal treatment.

In the work of C. G. Burkhart [1], it is emphasized that cuts produced by thermal treatment may exhibit smoother edges; however, the elevated temperature leads to cuticle damage and the formation of fissure-like deformations. J. N. H. de Paula et al. [2] describe cuticular layer disruption following chemical straightening, which in morphology resembles changes observed after thermocutting. Conversely, Y. He et al. [3] report that thermal exposure without concurrent chemical processes induces more selective cuticle degradation, concentrating alterations in distal segments. Furthermore, T. M. Kim et al. [6] document attempts to restore fibre smoothness after thermal damage, indicating that some effects are reversible provided that procedural frequency is limited. L. G. Sakamoto et al. [9] state explicitly that, when comparing salon tools, damage from hot-scissor use is lower than that from aggressive mechanical cutting but greater than that from a controlled blade cut.

Table 2 summarises the prevalence of damage along the hair length in relation to procedure frequency.

As shown in Table 2, increasing the frequency of thermal treatment corresponds with a rise in damage occurrences and their advancement toward proximal zones of the hair. This trend indicates diminished effectiveness of keratin-layer densification under repeated thermal load without adequate recovery time. Microscopic descriptions by D. Taylor et al. [10] confirm

Table 1

Comparative characteristics of hair morphology after different thermal treatment methods

Treatment Method	Cross-Section Shape	Degree of Cuticle Lifting	Microcracks	Effect on Smoothness
Hot scissors (single use)	Densified, slightly convex	Moderate	Rare	Moderately positive
Mechanical haircut (cold scissors)	Irregular, fibrous	High	Frequent	Negative
Chemical thermal treatment	Deformed	Very high	Massive	Sharply negative
Combined straightening and cutting	Disrupted	High	Pronounced	Negative
Use of restorative composition after hot scissors haircut	Densified	Low	Not detected	Positive

Source: compiled by the author based on sources: [1; 2; 3; 6; 9]

Table 2

Frequency of damage along the hair length depending on the intensity of cutting procedures

Cutting Frequency	Damage in Distal Zone	Damage in Proximal Zone	Distal/Proximal Ratio (%)	Interpretation of Microscopic Data
Once every 3 months	Minor	Almost absent	90 / 10	Well-defined cut edge, no cracks
Once a month	Moderate	Minor	70 / 30	Moderate cuticle delamination
Twice a month or more	Frequent	Pronounced	55 / 45	Multiple fractures, cortex disruption

Source: compiled by the author based on sources: [1; 3; 9]

the formation of fatigue-type fissures under thermal exposure, particularly when combined with elevated environmental humidity.

Thus, the analysis established the relationship between morphological degradation of hair structure and trimming frequency when using hot scissors. The most pronounced alterations occur at high procedural frequency, whereas controlled, infrequent application may foster a more durable cut with reduced risk of fissure development.

Discussion. The analysis of existing studies identifies two principal mechanisms through which the frequency of thermocutting affects the structural integrity of the hair shaft: regulated thermal sealing of the cuticle and cumulative thermo-frictional stress. Each mechanism emerges under different cutting regimens and exhibits distinct morphological signatures at the levels of cuticle, cortex, and fibre surface.

In C. G. Burkhart's study [1], a single application of hot scissors at optimal temperature settings produces a dense, moderately convex cut with a sharp boundary and no microcracks. This phenomenon is attributed to a "melting" effect at the cuticle edges, whereby scales undergo partial thermal fusion. T. M. Kim's work [5] corroborates this, describing the formation of a smooth zone in the heat-treated region via structural reorganisation of sulfur-containing bridges in keratin. The authors interpret this effect as a protective response that prevents premature fibril splitting. J. N. H. de Paula et al. [2] note that thermal treatment's impact varies with the hair's pre-existing condition, chemical load and damage from other procedures, emphasizing that repeated thermocuts at frequencies higher than once per month can negate the sealing effect by disrupting surface regenerative mechanisms.

Conversely, under high-frequency regimens (twice monthly or more), signs of cumulative frictional and

thermal damage appear, as documented by Y. He [3]. In particular, progressive cuticle delamination, emergence of microcracks and cortical degradation — most pronounced in proximal hair zones — are observed. L. G. da G.S. Sakamoto et al. [9] detail via microscopic analysis an increased density of structural defects near the root under intensive repeat exposure. Moreover, D. Taylor et al. [10] establish a correlation between the degree of biomechanical weakening of the fibre and the frequency of mechanical-thermal stress, highlighting that constant heat disrupts the optimal hydro-lipid mantle, reducing elasticity and increasing the risk of longitudinal splitting during styling.

From this synthesis, key conditions emerge under which thermocutting can serve as an effective corrective method. Efficacy is most reliably achieved when the technique is applied to normal or moderately damaged hair at a frequency not exceeding once per month. C. G. Burkhart [1] reports that this regimen minimizes cuticle lifting and preserves a stable cut profile; additional benefit is conferred by post-treatment use of restorative formulations, as confirmed by T. M. Kim et al. [6]. Table 3 summarises the effectiveness parameters of thermocutting according to treatment regimen and hair structure.

As Table 3 illustrates, thermocutting carries significant risks for dehydrated, porous hair — especially in lighter phototypes — where high fibre porosity and an unstable cortical layer can lead to irreversible structural deformations under heat, as S. Heimbürge et al. [4] emphasise. T. Hirai et al. [5] likewise warn of keratin's heightened reactivity under oxidative load when moisture is deficient.

Furthermore, limitations depend on scalp phototype and sebaceous-sweat gland activity: A. Mora's data [8] demonstrate that sebum composition and its protective capacity vary across ethnic groups, influencing the hair shaft's thermal resilience. T. Matamá

Table 3

Effectiveness Parameters of Thermal Cutting Depending on Regimen and Hair Structure

Hair Type	Optimal Cutting Frequency	Expected Effect	Potential Risks
Normal	Once per month	Split end prevention, enhanced shine	Virtually none if regimen is followed
Brittle with micro-damage	Once every 1.5–2 months	Cuticle smoothing, reduced fragility	Possible increase in fissures under thermal stress
Dehydrated, porous	Not recommended	–	High sensitivity to thermal stress

Source: compiled by the author based on sources [4; 5; 7; 9]

et al. [7] corroborate this by examining follicular morphology and cuticle-layer dynamics.

In summary, thermocutting remains a promising method for split-end prevention and cosmetic enhancement, but demands careful consideration of individual biophysical parameters and strict regimen discipline. These constraints must be rigorously applied when developing client treatment plans in aesthetic-salon practice, including within the NOBU Beautique Hair & Spa format.

Conclusion. The study has enabled the systematic organization and theoretical interpretation of current perspectives on how trimming frequency in thermocutting influences the morphological condition of the hair shaft, considering biophysical, cuticular, and structural parameters. It was established that optimizing the regimen for “hot scissors” application is a critical factor in preventing split ends and achieving a durable aesthetic outcome while maintaining cuticle integrity.

Analysis of morphological data reported in scientific sources revealed that, when thermocutting is performed no more than once per month on normal or moderately damaged hair, clear signs of end sealing and slowed delamination are observed. In contrast, excessive procedural frequency (two or more times per month) is associated with cumulative alterations — microcracks, disruption of the hydro-lipid layer, and

progression of damage toward proximal zones of the hair fibre.

Comparative-structural evaluation of different thermal treatment regimens indicated that the method's effectiveness depends on hair type, degree of porosity, scalp phototype, and sebaceous-gland activity. In particular, thermocutting is not recommended for dehydrated, porous hair due to its high thermal sensitivity and the elevated risk of irreversible structural damage. Special attention was devoted to differentiating the effects of thermocutting from those arising from chemical, mechanical, and combined procedures, thereby defining thermocutting as a comparatively gentle yet strictly regulated corrective technique. The importance of applying restorative formulations after thermal treatment to support the cuticle's protective function was also underscored.

Thus, the theoretical model presented herein demonstrates that the efficacy and safety of thermocutting are determined by the cutting technology and its frequency, individual morphotypic characteristics of the hair, and accompanying treatment conditions. Future research should focus on empirical validation of these relationships, development of standardized protocols for “hot scissors” application in salon practice, and elucidation of the biomechanical mechanisms underlying thermal resilience in different hair types.

References

1. Burkhart, C. G. (2025). A clinical review of trichorrhexis nodosa. *The Open Dermatology Journal*, 19. <https://doi.org/10.2174/0118743722373771250310062825>
2. de Paula, J. N. H., Basílio, F. M. A., & Mulinari-Brenner, F. A. (2022). Effects of chemical straighteners on the hair shaft and scalp. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, 97(2), 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.abd.2021.02.010>
3. He, Y., Cao, Y., Nie, B., & Wang, J. (2023). Mechanisms of impairment in hair and scalp induced by hair dyeing and perming and potential interventions. *Frontiers in Medicine*, 10, 1139607. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1139607>
4. Heimbürge, S., Kanitz, E., Tuchscherer, A., & Otten, W. (2020). Within a hair's breadth — Factors influencing hair cortisol levels in pigs and cattle. *General and Comparative Endocrinology*, 288, 113359. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.113359>
5. Hirai, T., Ikeda-Imafuku, M., Tasaka, N., Chuang, V. T. G., Xian, M., Ishida, T., Akaike, T., & Ishima, Y. (2024). Human hair keratin responds to oxidative stress via reactive sulfur and supersulfides. *Advances in Redox Research*, 10, 100091. <https://doi.org/10.1016/j.arres.2023.100091>
6. Kim, T. M., Bae, H. J., & Park, S. Y. (2025). Polyphenol–inorganic sulfate complex-enriched straightening shampoo for reinforcing and restoring reduced hair integrity. *Biomimetics*, 10(3), 132. <https://doi.org/10.3390/biomimetics10030132>
7. Matamá, T., Costa, C., Fernandes, B., Araújo, R., Cruz, C. F., Tortosa, F., Sheeba, C. J., Becker, J. D., Gomes, A., & Cavaco-Paulo, A. (2024). Changing human hair fibre colour and shape from the follicle. *Journal of Advanced Research*, 64, 45–65. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2023.11.013>
8. Mora, A. (2022). Stable carbon and nitrogen isotope analysis of archaeological human hair: Reconstructing diet and health of ancient individuals. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 43, 103439. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103439>
9. Sakamoto, L. G. da G. S., Da Silva, J. E., Fugimoto, P. V., & Machado, A. C. H. R. (2024, May). Analysis of hair integrity according to the use of different tools and cutting techniques. *Brazilian Journal of Hair Health*, 1(1), Article bjhh8. <https://doi.org/10.62742/2965-7911.2024.1.bjhh8>
10. Taylor, D., Barton, E., Duffy, I., & Enea-Casse, R. (2024). The biomechanics of splitting hairs. *Interface Focus*, 14(3), Article 20230063. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2023.0063>
11. Wilkinson, L., Bailey, J. W., & Gwinnett, C. (2020). The creation of an assessment tool for the analysis of two forms of heat damage in animal hair. *Forensic Science International*, 312, 110265. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110265>

Hordiichuk Tetiana

Ukrainian art photographer,

based in Orlando, Florida, USA.

Laureate (Honorable Mention and Bronze Winner) of international competitions IPA, PX3, BIFA, Fine Art Photography Awards

Participant of international exhibitions and art fairs: “NEW VOICES” (Paris),

The Other Art Fair (Dallas, Los Angeles, New York),

Context Art Miami, Art Expo New York

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11572

MODERN COLOR IN FINE ART PHOTOGRAPHY: BETWEEN SCIENCE, PERCEPTION AND AESTHETIC EXPERIMENT

Summary. The article explores the phenomenon of modern color in fine art photography as a synthesis of scientific characteristics (spectrum, temperature, CRI, color spaces) and the emotional-aesthetic impact on the viewer.

Color is considered as a language of emotions and feelings, a means of communication between the author and the viewer that unites the physics of light, the psychology of perception, and artistic interpretation.

Using the author's series “Texture in Nature as Abstraction” and “Ocean” as examples, the study demonstrates how color moves from a technical domain into a philosophical one – becoming a tool of emotional and spiritual influence.

Key words: modern color, art photography, science, perception, aesthetic experiment

Introduction. Color in photography is one of the main means of artistic expression.

Isaac Newton proved that white light is a combination of all spectral colors (400–700 nm), while modern science clarifies that color cannot exist without both a light source and an observer.

It is the brain that interprets electromagnetic waves as the emotional sensation of color.

For a photographer, color is not only a technical characteristic but also a tool for conveying inner states, energy, and atmosphere.

Thanks to modern technologies (extended color spaces, high color rendering accuracy — CRI, and calibrated monitors), artists can create a complex emotional palette that influences the viewer on a subconscious level.

Purpose of the Study. The aim of this article is to analyze modern color in fine art photography as the interaction of three components:

1. **Physical and scientific** (spectrum, CRI, color temperature);
2. **Psychological** (perception, emotional code);
3. **Artistic and aesthetic** (author's interpretation of color in creative series).

Materials and Methods. The research combines scientific analysis with the author's artistic practice.

Methods of comparison, visual observation, color rendering analysis, composition, and experimental photography were used.

The shooting for the series “Texture in Nature” and “Ocean” was carried out during travels, mostly under natural daylight conditions.

The author works with both a professional camera and a mobile device, preserving the spontaneity of composition and the natural quality of light.

After shooting, each image undergoes digital post-processing in Adobe Photoshop, where the artist adjusts color, tone, and saturation, creating her own emotional and aesthetic interpretation.

The photographs are printed on **Hahnemühle Museum Grade** paper, which ensures high color accuracy, tonal depth, and archival durability of the prints.

Results and Discussion

4.1. Light and Spectrum

Light is the foundation of color.

Scientifically, Isaac Newton was one of the first to demonstrate that white light consists of multiple colors. He created a dark room in which a narrow beam of sunlight passed through a slit and was directed at a prism. As the beam passed through the prism, it refracted and dispersed into a sequence of colors — red, orange, yellow, green, blue, indigo, and violet.

This experiment revealed the phenomenon of light dispersion and proved that white color is not the absence of color but rather the combination of all wavelengths of the visible spectrum.

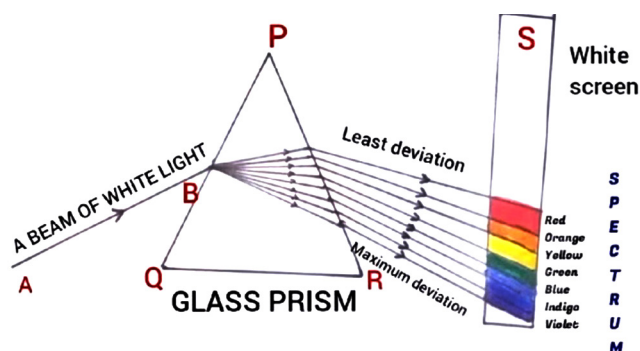


Fig. 1. Visible Color Spectrum, 400–700 nm.

This discovery became the foundation of modern optics and color theory. White light, reflected from surfaces, shapes our visual perception of the world — all the hues we see are the result of the interaction between light and matter and of our visual system's response to different wavelengths.

Thus, color cannot exist without light, nor light without color, as they represent two sides of a single physical and perceptual phenomenon.

The range from **400 to 700 nanometers** forms the visible spectrum, where short wavelengths (violet and blue) are perceived as *cool*, while long wavelengths (red and yellow) are perceived as *warm*.

In photography, the interaction of these wavelengths creates spatial depth, mood, and the direction of emotional impact.

Color Rendering Index (CRI) and Temperature

The **Color Rendering Index (CRI)** determines how accurately a light source reproduces the colors of objects compared to natural daylight (100 CRI).

Although most of the author's photographic series were created under natural light, understanding CRI remains important for maintaining color accuracy during printing and exhibition.

Color temperature is measured in Kelvins (K):

The correlation between CRI and color temperature directly affects the viewer's emotional response.

The warmer the light, the more it evokes comfort and intimacy; the cooler the light, the more it suggests clarity, space, and detachment.

Understanding these parameters allows photographers to create emotional atmospheres through illumination and tone.

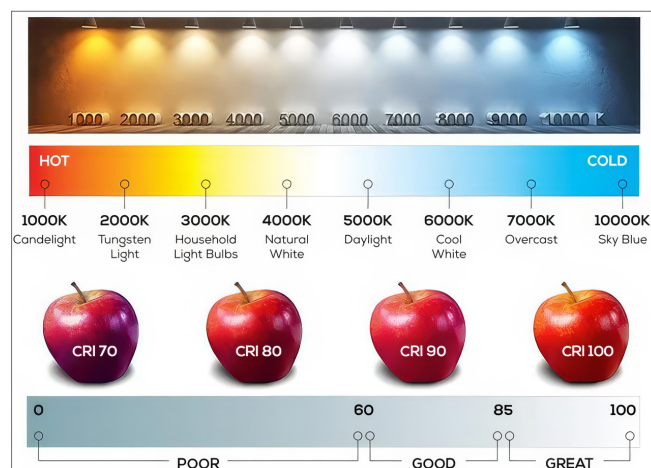


Fig. 2. Color Temperature and CRI Explained

Color as an Element of Abstraction

In the 21st century, artists such as **James Turrell**, **Uta Barth**, and **Wolfgang Tillmans** experiment with color as the material of light itself. They demonstrate that color can construct space even without an object.

In contemporary art, color is no longer merely descriptive — it becomes an autonomous field of energy, perception, and emotion.

According to recent studies in art theory (Metropolitan Museum of Art, 2023), for many artists of the 20th-21st centuries, color is no longer a symbol or representation of an object but an independent object of perception that can exist without figurative content.

This tendency is evident in contemporary abstract photography, where artists explore not the subject but the interaction of light, color, and texture.

Research in **neuroaesthetics** (What does the brain tell us about abstract art?, PMC, 2021) shows that viewing abstract color compositions activates the same brain regions as emotional responses to music — the limbic system, prefrontal cortex, and reward centers.

This suggests that abstract color art directly influences the emotional centers of the human brain, even without a narrative context.

In the author's series "*Texture in Nature as Abstraction*" and "*Ocean*", color functions as a medium for constructing new space — where physical matter becomes the vibration of emotion.

Psychology of Color

Johann Wolfgang von Goethe regarded color as "the deeds and sufferings of light," while **Johannes Itten** saw it as "the reflection of the artist's inner state."

Table 1

Range of Color Temperatures (2700–9000 K)

Temperature (K)	Light Characteristic	Emotional Perception
2700–3200	Warm light	Nostalgia, calmness
5000–6500	Neutral daylight	Balance, harmony
7000–9000	Cool light	Distance, depth

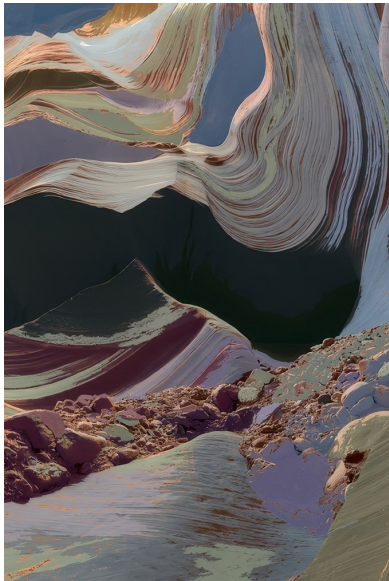


Fig. 3. Tetiana Hordiichuk, Texture in Nature as Abstraction, 2024



Fig. 4. Tetiana Hordiichuk, Ocean, 2024

Modern research in **neuroaesthetics** (Zeki, 2014; Palmer & Schloss, 2010) confirms that abstract color activates the brain’s emotional areas even without representational content.

In contemporary art photography, the approach has changed: color no longer describes the object but expresses emotional and spiritual experience.

Fine art photographers use color as a communicative tool — conveying intuition, mood, and the depth of feeling.

These associations are not fixed; rather, they depend on context, personal memory, and the viewer’s subconscious perception.

The Subjectivity of Color

Color perception is always subjective — it depends on lighting conditions, context, physiology, and the emotional state of the observer.

When working with color, the artist constructs not only a visual image but also an “inner space” that defines mood and atmosphere.

As Goethe wrote, “Colors are the deeds and sufferings of light.”

Through color, the artist transfers their internal rhythm to the visual field, creating emotional resonance between the artwork and the viewer.

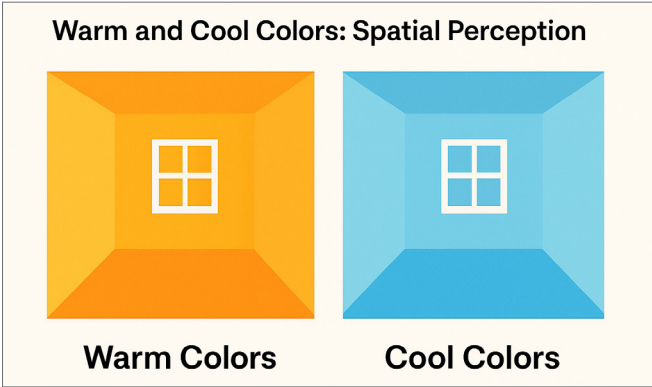


Fig. 5. Warm and Cool Colors in Spatial Perception

Warm and cool hues, contrasts, and transitions shape how we perceive depth, proximity, and emotional intensity within an image.

The Aesthetics of Contemporary Color in Photography

In contemporary photography, color ceases to be merely a means of realistic depiction — it becomes a field of experiment and a symbol of authorial individuality.

Table 2

Psychological Perception of Colors

Color	Psychological Effect	Emotional Association
Red	Stimulating	Energy, passion
Orange	Activating	Warmth, joy
Green	Harmonizing	Balance, nature
Blue	Calming	Depth, trust
Violet	Inspiring	Intuition, creativity

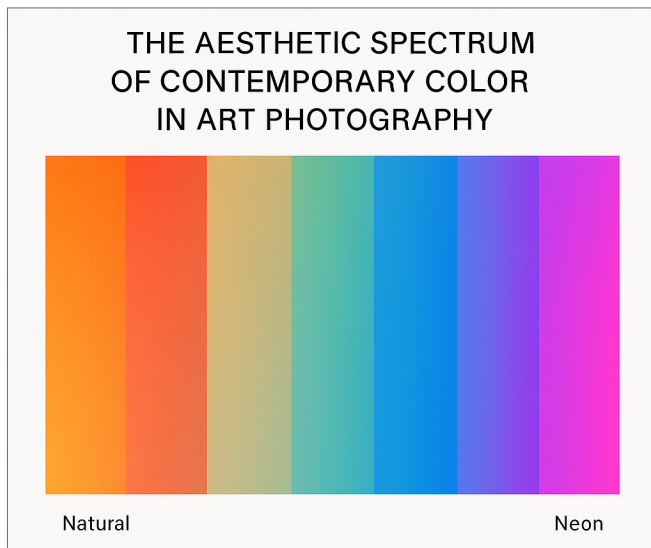


Fig. 6. The Aesthetic Spectrum of Contemporary Color in Art Photography

Fine art photographers consciously develop their own *language of color*, creating unique palettes that blend natural, synthetic, and digital tones.

This process gives rise to the concept of the **“author’s color”** — a recognizable element of personal style, functioning as the artist’s aesthetic signature.

This new aesthetics emerges at the intersection of science, technology, and sensory experience.

With advanced tools and extended color spaces (Adobe RGB, ProPhoto RGB, DCI-P3), photographers

can manipulate color as precisely as musicians work with tone and rhythm.

The contemporary author no longer merely selects hues but constructs a color atmosphere — experimenting with temperature, saturation, contrast, and light to achieve emotional depth and spatial tension.

In fine art photography of the 21st century, color becomes an autonomous artistic medium — a means of meditation and contemplation, yet also an energetic force shaping interaction between the viewer and the artwork.

Conclusions

1. In fine art photography, color functions not only as a technical element but also as a means of emotional, spiritual, and intellectual self-expression.

2. The combination of natural light, artistic interpretation, and digital processing forms a unique aesthetic of modern color, where physical parameters (spectrum, temperature, saturation) merge with psychological perception.

3. Through modern technologies (Adobe RGB, DCI-P3, Photoshop), artists can precisely control color and convey personal emotional states and artistic philosophy.

4. Color in contemporary photography serves as a universal artistic language — integrating science, perception, technology, and inner experience.

5. In the work of the modern photographer, color becomes an aesthetic code — the pulse of their style, emotions, and worldview.

References

1. Goethe, J. W. von. (1970). *Theory of Colours*. MIT Press.
2. Itten, J. (2004). *The Art of Color*. Wiley.
3. Palmer, S. E., & Schloss, K. B. (2010). An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(19), 8877–8882.
4. Zeki, S. (2014). Neurobiology and art. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1781), 20133021.
5. Hunt, R. W. G. (2011). *The Reproduction of Colour*. Wiley.
6. Fairchild, M. D. (2013). *Color Appearance Models*. Wiley.
7. Boyce, P. R. (2014). *Human Factors in Lighting*. CRC Press.
8. BBC. (2015). *Color: The Spectrum of Science* [Documentary].
9. National Geographic. (2017). *The Colors of Life* [Documentary].
10. Medyna, E. (2024). *Light and Color: The Magic of Color* [Author’s Course].
11. Turrell, J. (2010). *Light and Space: The Perception of Color*. MoMA Publications.
12. Tillmans, W. (2019). *Abstract Color and Photography*. Tate Modern Catalogue.
13. Barth, U. (2018). *Between Light and Perception*. Guggenheim Press.
14. Metropolitan Museum of Art. (2023). *Abstract Photography: Perception of Light and Color*.
15. Adobe Systems. (2023). *Color Management and Wide Gamut Workflows*. Adobe Technical Documentation.
16. Hahnemühle FineArt. (2024). *Museum Grade Papers: Technical Specifications*. Hahnemühle Official Website.

УДК 687.5

Телеманюк Валерія Валеріївна

*засновник студії Altera nails, майстер манікюру,
міжнародний суддя бюті чемпіонатів,
переможець світового чемпіонату ОМС 2025, викладач*

Telemaniuk Valeriia

*Founder of Altera Nails Studio, Nail Artist,
International Beauty Championships Judge,
OMC World Champion 2025, Educator*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11520

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФРЕЗ РІЗНИХ ТИПІВ (АЛМАЗНИХ, КЕРАМІЧНИХ, АБРАЗИВНИХ) У ПРОЦЕСІ ЗНЯТТЯ ШТУЧНИХ ПОКРИТТІВ

TECHNOLOGICAL FEATURES OF USING DIFFERENT TYPES OF MILLING CUTTERS (DIAMOND, CERAMIC, AND ABRASIVE) IN THE PROCESS OF REMOVING ARTIFICIAL COATINGS

Анотація. У статті розглянуто технологічні особливості використання фрез різних типів – алмазних, керамічних та абразивних – у процесі зняття штучних покриттів. Актуальність дослідження зумовлена потребою у підвищенні ефективності та безпечності апаратної обробки, зменшенні ризику перегріву та пошкодження натуральної поверхні. Метою роботи є визначення оптимальних умов застосування різних видів фрез залежно від типу покриття, інтенсивності роботи та очікуваного результату. У дослідженні використано експериментальні методи спостереження, порівняльного аналізу та оцінки зносостійкості інструментів. Отримані результати показали, що кожен тип фрез має свої технологічні переваги: алмазні – забезпечують точність і контрольовану глибину зняття; керамічні – характеризуються високою тепловою стабільністю та комфортом у роботі; абразивні – придатні для делікатного шліфування і фінального вирівнювання. Практичне значення дослідження полягає у вдосконаленні процесів апаратної чистки, оптимізації вибору інструментів та підвищенні якості обробки штучних покриттів.

Ключові слова: фрези, штучні покриття, алмазні насадки, керамічні фрези, абразивні матеріали, обробка поверхні, апаратна чистка.

Summary. The article examines the technological features of using different types of cutters – diamond, ceramic, and abrasive – in the process of removing artificial coatings. The relevance of the study is due to the need to improve the efficiency and safety of hardware processing while minimizing overheating and surface damage. The purpose of the research is to determine optimal conditions for applying various types of cutters depending on the coating type, workload, and expected result. Experimental methods of observation, comparative analysis, and tool wear assessment were applied. The results showed that each cutter type has its own technological advantages: diamond cutters provide precision and controlled removal depth; ceramic cutters offer high thermal stability and operator comfort; abrasive cutters are suitable for delicate polishing and final surface leveling. The practical value of the study lies in improving hardware cleaning processes, optimizing tool selection, and enhancing the overall quality of artificial coating removal.

Key words: cutters, artificial coatings, diamond bits, ceramic cutters, abrasive materials, surface treatment, hardware cleaning.

Постановка проблеми. Проблема вибору оптимального типу фрези при знятті штучних покриттів полягає у необхідності поєднання

високої ефективності роботи з мінімальним ризиком пошкодження натуральної поверхні. Недостатньо обґрунтований вибір інструмента може призвести

до перегріву, нерівномірного зняття матеріалу або передчасного зносу фрези. Тому актуальним є дослідження технологічних особливостей фрез різних типів з метою підвищення якості та безпечності процесу обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідники Borzangu et al. (2024) провели серію випробувань різних алмазних роторних інструментів і встановили значну різницю в їхній «ріжучій ефективності» залежно від типу матеріалу, зокрема кераміки чи смолистих композицій [1, с. 1]. Liu et al. (2024) в систематичному огляді показали, що прогресивне зношення алмазних бурів призводить до зменшення точності та підвищення шорсткості поверхні обробки [2]. El Hoshy (2023) порівняв керамічні, алмазні та твердосплавні фрези, виявивши, що керамічні показують нижчу ріжучу здатність, але менш травмують оброблюваний матеріал завдяки м'якшому контакту [3, с. 1]. Ben-Hanan et al. (2008) демонструє, що різні типи алмазних бурів мають відмінні механізми зносу — абразивний знос, відшарування частинок та мікротріщини [4, с. 77]. Крім того, Cuevas-Suárez показав, що багаторазова стерилізація та повторне використання впливають на втрату алмазних частинок та зменшення продуктивності інструменту з часом [5, с. 2].

Метою статті є визначення технологічних особливостей та оптимальних умов використання алмазних, керамічних і абразивних фрез у процесі зняття штучних покриттів для досягнення максимальної ефективності та безпечності обробки.

Матеріали і методи. У дослідженні використано фрези трьох типів — алмазні, керамічні та абразивні — з різним ступенем зернистості, що працювали при швидкості обертання від 15 000 до 30 000 об/хв на акрилових і гелевих покриттях. Якість зняття оцінювалась за часом обробки, рівномірністю видалення шару, температурними змінами поверхні та візуальними показниками цілісності основного матеріалу.

Виклад основного матеріалу. Фрези з алмазним напиленням (або інструменти з абразивними алмазними частинками), які широко використовуються для зняття штучних покриттів, мають специфічну внутрішню структуру та особливості, що безпосередньо впливають на їхню ефективність і довговічність. Зокрема, алмазні бурі виготовляють із металевої матриці (часто нікелевої або іншого металевого сплаву), у яку включені частинки природного чи синтетичного алмазу. При цьому розмір зерна, щільність розподілу алмазних гранул, спосіб їх кріплення та структура металевого носія — ключові чинники, що визначають ріжучу здатність інструмента. Так, дослідження показали, що більший розмір зерна алмазу може забезпечувати більш високу швидкість видалення матеріалу, але в той же час може призводити до більшої шорсткості обробленої поверхні або до більшої ймовірності мікротріщин [6, с. 10].

При багатьох роботах також відмічено, що з часом — після кількох циклів використання чи стерилізації — ефективність алмазних бурів знижується: зафіксовано відшарування чи вивільнення алмазних частинок, пошкодження металевої матриці, накопичення абразивного сміття, що зменшує ефективну площу контакту. Наприклад, дослідження Dhari Alenezi (2018) показало, що при обробці синтерованої цирконії (3Y-TZP) фрези з зерном $\geq 151 \mu\text{m}$ забезпечували найкращу початкову ефективність, але після 100 с спостерігалось зниження продуктивності для всіх типів [7, с. 37]. Аналогічно, дослідження Sary Borzangu та співавторів (2024) установило, що інструменти з різною зернистістю (White Z, KBlack, KBlue) мають значну різницю в продуктивності: White Z показала найкращу початкову ефективність при обробці цирконієвих коронок, в той час як супер-грубозернистий KBlack кращий для літію-дисилікату.

Стосовно технологічних особливостей: виготовлення алмазних бурів з використанням технології хімічного осадження алмазного шару (CVD) дозволяє уникнути традиційної металевої матриці, що містить нікель, хром і інші метали, які можуть під час обробки потрапляти на поверхню матеріалу або спричиняти алергічні реакції. Це дає перевагу в плані чистоти обробки і потенційно довшого ресурсу інструмента, але також підвищує вартість виробництва.

У контексті процесу зняття штучних покриттів (наприклад, акрилових, гелевих або керамічних покриттів) важливо враховувати, що алмазна фреза повинна забезпечити достатню швидкість видалення при контролі температури: нагрів поверхні може призвести до термічного стресу, зміни кольору або пошкодження основного матеріалу. Дослідження в галузі стоматологічної обробки показали, що навантаження (тиск на фрезу) і швидкість обертання мають значний вплив на ефективність; зокрема, при дослідженні встановлено, що приблизно 100 г зусилля є оптимальним для середньозернистих алмазних бурів [8, с. 7].

Отже, підсумовуючи: ефективність алмазних фрез для зняття штучних покриттів залежить від конструкції інструмента (розмір зерна алмазу, тип металевої матриці або відсутність її у CVD-варіантах), режиму роботи (швидкість, навантаження, охолодження) та стану інструмента (кількість циклів використання, чистота, стан зерен). У наступній частині статті буде розглянуто керамічні фрези, їхні переваги і обмеження.

Керамічні фрези як різновид обробного інструменту останнім часом дедалі частіше пропонуються як альтернатива традиційним алмазним або твердосплавним (карбиду) насадкам, зокрема завдяки їхній потенційній здатності до менш інвазивної обробки, зниженого нагріву та більш акуратного зняття покриттів. Наприклад, дослідження Ahmed Z. El-Hoshy

(2023) порівняло керамічні фрези (Cera Bur) з твердосплавними та алмазними насадками при обробці склокерамічних блоків і встановило, що хоча керамічні показали нижчу швидкість зняття матеріалу ($0,18 \pm 0,08$ г втрати маси проти $0,40 \pm 0,07$ г для карбіду і $0,50 \pm 0,07$ г для алмазу) — але й зафіксували більш м'яку, менш щільну шліфуючу поверхню, що вказує на делікатніший контакт з оброблюваним матеріалом [9, с. 3].

З точки зору температурної стійкості та теплової безпеки, хоча прямих широких досліджень саме для керамічних фрез у стоматології або при знятті покриттів мало, загальні тенденції в літературі свідчать, що менший нагрів під час обробки досягається інструментами з меншою адгезією часток або менш агресивним контактом зі структурою. Наприклад, огляд у «Clinical Oral Investigations» (2023) підкреслює, що інструментальні характеристики (швидкість обертання, навантаження, охолодження) відіграють ключову роль у виділенні тепла, і менш агресивні інструменти створюють менше термічного стресу [10, с. 2278]. У згаданому дослідженні El-Hoshy структура керамічної фрези зі спеціальним лезом («blade design for smooth cutting») була відзначена як технологічно орієнтована на мінімальне втручання та зменшене нагрівання [9, с. 4].

Щодо зносостійкості, керамічні фрези мають свої особливості: керамічна матриця є жорсткішою і менш податливою до деформації, ніж, наприклад, металеві носії, але при цьому вона може бути більш чутливою до мікротріщин або сколів при високих механічних навантаженнях або ударах. Наприклад, хоча в дослідженні El-Hoshy зазначено, що керамічна фреза «може вважатись перспективним інструментом для мінімальної обробки», водночас її нижча швидкість обробки свідчить про те, що при інтенсивному режимі вона може поступатись алмазним за продуктивністю [9, с. 2]. Таким чином,

при використанні керамічних фрез рекомендується режим меншого навантаження, інтенсивніше охолодження та увага до чистоти контакту, щоб уникнути передчасного зносу або сколів носія.

Отже, керамічні фрези можна розглядати як інструмент із перевагами в плані більш делікатної обробки та потенційно меншого нагріву, ніж деякі агресивні алмазні аналоги, проте з огляду на їхні характеристики (нижча швидкість видалення, чутливість до навантаження) їхнє використання має бути детально технологічно обґрунтованим — з урахуванням режимів обробки, охолодження, типу покриття та стану основного матеріалу [11].

Абразивні фрези (або абразивні насадки, шліфувальні чи полірувальні інструменти) застосовуються там, де потрібне поступове вирівнювання, шліфування або делікатне зняття тонких шарів матеріалу з мінімальним ризиком пошкодження підложжя. Такі фрези зазвичай складаються з абразивного зерна (оксид алюмінію, карбід кремнію, чи інші абразивні матеріали) на носії (металевому, керамічному чи полімерному), іноді в формі фібрових дисків, чашок чи кругів [6, с. 9]. У промислових застосуваннях абразивні інструменти часто використовують для зняття залишкових напливів, вирівнювання поверхні, полірування та обробки країв — особливо у випадках, коли агресивне різання недоречне або ризиковане (наприклад, для тонкого акрилу, композитів або лакофарбового покриття).

Сфера застосування абразивних фрез охоплює такі випадки: остаточне вирівнювання поверхні після грубішого зняття, підготовку до полірування або нанесення подальших покриттів, а також обробку складних форм чи зон, де жорсткі інструменти можуть бути занадто грубими. Наприклад, у металургії абразивні дискові щітки застосовують для обробки країв, фасок і шліфування поверхні без значного зняття основного матеріалу [11].

Таблиця 1

Порівняння технічних параметрів фрез різних типів при знятті штучних покриттів

Показник / Тип фрези	Алмазна фреза	Керамічна фреза	Абразивна фреза
Матеріал робочої частини	Синтетичний алмаз, нікельове або твердосплавне покриття	Оксид цирконію, оксид алюмінію	Карбід кремнію, корунд або кварцовий пісок
Середня швидкість обертання, об/хв	25 000–40 000	15 000–35 000	10 000–25 000
Рівень зносу після 100 циклів, %	5–7	8–10	15–20
Температурна стійкість, °C	до 900	до 1200	до 600
Інтенсивність зняття матеріалу	Висока (грубе очищення)	Середня (делікатне зняття)	Низька (фінішна обробка)
Рівень вібрації	Помірний	Низький	Мінімальний
Комфорт клієнта під час обробки	Задовільний	Високий	Дуже високий
Оптимальна сфера застосування	Зняття твердих гелів, полігелів, гел-лаків	Робота з гелем, акрилом, корекція покриттів	Полірування, фінальне вирівнювання поверхні

Джерело: авторська розробка

Контроль глибини обробки з абразивними фрезами здійснюється шляхом регулювання параметрів: зернистості абразиву, тиску на інструмент, швидкості обертання та часу обробки. Менші зерна або більші «м'які» сполуки забезпечують тонке зняття з мінімальним втручанням, натомість грубі зерна дають швидший ефект, але із ризиком нерівностей або задирів. Важлива роль належить також подачі та охолодженню: абразивне середовище (рідина, повітряне охолодження) допомагає виводити зношені частинки та зменшувати локальний перегрів, що дозволяє краще контролювати глибину і уникнути перегріву.

Щодо безпечності для натуральної поверхні (наприклад, натуральної пластини нігтя, базового матеріалу чи основи покриття), абразивні фрези вважаються відносно щадним варіантом: при коректному підборі зерна, режимів й акуратному веденні інструменту можна зменшити ризик мікроподряпин, перегріву або теплового пошкодження. Проте існує ризик «вирізання» або ослаблення основного шару, якщо тиск чи час роботи будуть надмірними, або якщо абразив занадто агресивний [11]. Важливо, щоб майстер застосовував поступовий підхід, контролював температуру поверхні (наприклад, пальцем або термомпарою) та не затримував інструмент у одному місці.

Отже, абразивні фрези — це інструмент, який краще використовувати на етапах «фінішу» або делікатного зняття, коли потрібно зберегти поверхню підоснови; головні технологічні акценти — правильний вибір зернистості, контроль тиску, належне охолодження та обмеження часу контакту з поверхнею.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведений аналіз показав, що вибір типу фрези для зняття штучних покриттів має суттєвий вплив на ефективність, безпечність і якість кінцевої обробки поверхні. Алмазні фрези відзначаються високою точністю та довговічністю, що робить їх оптимальними для грубого зняття матеріалу та роботи з твердими покриттями. Керамічні фрези демонструють найкращу температурну стабільність і комфорт у використанні, знижуючи ризик перегріву й пошкодження натуральної поверхні. Абразивні насадки забезпечують делікатне полірування та фінальне вирівнювання, завдяки чому їх доцільно застосовувати на завершальних етапах обробки.

Для практичного використання доцільно орієнтуватися на тип покриття, інтенсивність навантаження та індивідуальні особливості поверхні, підбираючи фрезу за матеріалом, зернистістю та формою робочої частини. Раціональне поєднання різних типів фрез у межах одного технологічного процесу дозволяє досягти максимальної якості очищення без втрати цілісності підоснови.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення нових композиційних матеріалів для фрез з підвищеною теплопровідністю та зносостійкістю, оптимізацію параметрів швидкісного режиму обертання, а також створення інтелектуальних систем контролю температури та вібрацій у процесі зняття покриттів. Це сприятиме підвищенню точності, комфорту та довговічності інструментів у професійній практиці.

Література

1. Borzangy S., Bahabri R. H., Alsani A. A., Alqutaibi A. Y., Alghauli M. A., Abdelaziz M. H. Cutting efficiency of different dental diamond rotary instruments for sectioning monolithic zirconia and lithium disilicate crowns. *BMC Oral Health*. 2024. 24(1). 1135. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04901-7>
2. Liu X., Cameron A. B., Haugli K. H., Mougios A. A., Heng N. C. K., Choi J. J. E. Influence of CAD/CAM diamond bur wear on the accuracy and surface roughness of dental ceramic restorations: A systematic review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2025. 161. 106813. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106813>
3. El Hoshy A. Z. In vitro comparative of the cutting efficiency and smear layer of ceramic burs, conventional tungsten carbide burs and diamond stone. *Journal of Stomatology and Dental Research*. 2023. 1(1). P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.61440/JSDR.2023.v1.05>
4. Ben Hanan U., Judes H., Regev M. Comparative study of three different types of dental diamond burs. *Tribology — Materials, Surfaces & Interfaces*. 2008. 2. P. 77–83. DOI: <https://doi.org/10.1179/175158308X373054>
5. Cuevas-Suárez C. Influence of repeated use and sterilization on the performance of diamond burs: An SEM study. *Journal of Dental Health and Oral Research*. 2025. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.46889/JDHOR.2025.6225>
6. Cutting efficiency of different dental diamond rotary instruments for sectioning monolithic zirconia and lithium disilicate crowns. *BMC Oral Health*. 2024. Vol. 24. Article № 1135. DOI: 10.1186/s12903-024-04901-7.
7. Alenezi D. *Assessment of Tapered Diamond Bur Cutting Efficiency of Dental Zirconia*: Master's thesis. Morgantown, WV: West Virginia University, 2018. URL: <https://researchrepository.wvu.edu/etd/5056> (дата звернення: 15.10.2025).
8. Siegel S. C., von Fraunhofer J. A. Dental cutting with diamond burs: heavy-handed or light-touch? *J Prosthodont*. 1999 Mar. Vol. 8, № 1. P. 3–9. DOI: 10.1111/j.1532-849x.1999.tb00002.x.
9. Hoshy A. Z. In Vitro Comparative of the Cutting Efficiency and Smear Layer of Ceramic Burs, Conventional Tungsten Carbide Burs and Diamond Stone. *Journal of Stomatology & Dental Research*. 2023. URL: <https://oaskpublishers.com/assets/article-pdf/in-vitro-comparative-of-the-cutting-efficiency-and-smear-layer-of-ceramic-burs-conventional-tungsten-carbide-burs-and-diamond-stone.pdf> (дата звернення: 15.10.2025).

10. Lau X.E., Liu X., Chua H., Wang W.J., Dias M., Choi J.J.E. Heat generated during dental treatments affecting intrapulpal temperature: a review. *Clinical Oral Investigations*. 2023. Vol. 27. P. 2277–2297. DOI: 10.1007/s00784-023-04951-1. URL: https://www.odontologos.com.co/assets/doc/news/2023-07-27_111511s00784-023-04951-1.pdf (дата звернення: 15.10.2025).

11. Abrasives W. Deburring Solutions: Your Guide to Precision and Efficiency. URL: <https://www.weilerabrasives.com/catalog/application/deburring> (дата звернення: 15.10.2025).

Yatsiuk Anatolii*Independent Researcher**(Delray Beach, Florida, USA)*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-10-11580

DEVELOPING ADAPTIVE AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR RAILWAY OPERATIONS USING NEURAL NETWORK MODELS

Summary. This article reviews current methods for the automatic control of railway operations, focusing on adaptive algorithms and neural network models. It examines how train motion is modeled mathematically, how adaptive control systems are structured, and how neural networks can be used to estimate uncertainties in dynamic processes. Approaches to designing neural network control algorithms are discussed alongside published studies that report improved control accuracy and lower energy consumption. The article also identifies the main limitations of neural network technologies and outlines prospects for integrating them into existing railway signaling and automation systems.

Key words: railway transport, railway operations, automatic control, adaptive control systems, neural networks, mathematical modeling, neural network algorithms, train operation optimization, energy efficiency, railway safety.

Introduction. Improving automatic control systems for railway operations is an important way to increase the efficiency, reliability, and safety of rail transport. Changing operating conditions, external disturbances, and complex process dynamics limit the capabilities of conventional control methods, which rely on mathematical models with predefined parameters.

One promising solution is to use adaptive systems built on neural network models. Such models can capture nonlinear relationships, predict the state of controlled objects, and adjust control inputs as operating conditions change. At the same time, the use of neural networks raises issues of stability, control accuracy, and compliance with safety requirements.

There is therefore a need for adaptive automatic control systems for railway operations that improve control accuracy and efficiency under uncertainty and changing operating parameters.

Objective. This study aims to substantiate approaches to developing a neural-network-based adaptive automatic control system for railway operations that improves control accuracy, energy efficiency, and control stability under changing operating conditions.

Materials and Methods. The study draws on international scientific publications and technical documents on the automatic control of railway transport, mathematical modeling of train motion, and the application of neural network technologies.

The methods used were comparative analysis, systematization of scientific data, mathematical modeling, and analysis of adaptive control algorithms. The effectiveness of the approaches considered was assessed on

the basis of numerical simulation results reported in published studies.

Results. Automatic control of railway operations spans several interrelated functional levels: maintaining safe headways between trains, regulating speed and traction and braking modes, routing, and real-time timetable adjustment. Each level relies on different control methods, depending on the nature of the controlled object, the availability of information about its state, and the applicable operational constraints.

In European railway practice, automatic train protection is based on ETCS (European Train Control System), which is part of ERTMS (European Rail Traffic Management System). Its core functions are supervising movement authorities, determining the permitted speed profile, and intervening automatically when the set limits are exceeded. Unlike automatic train operation systems, ETCS is not designed to optimize traction and braking; its main task is to ensure safe movement within the authorized limits. This distinction is set out in Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1695 [2].

In ETCS Level 1, information is transmitted to the train at specific points along the track via Eurobalise transponders. The onboard equipment uses these data to continuously supervise compliance with speed restrictions. Level 2 adds continuous radio communication between the train and a Radio Block Centre, which issues movement authorities and receives train position reports. Technical materials published by UNIFE also describe Level 2 variants with fixed and moving blocks, which differ in how the safe distance between trains is determined [3].

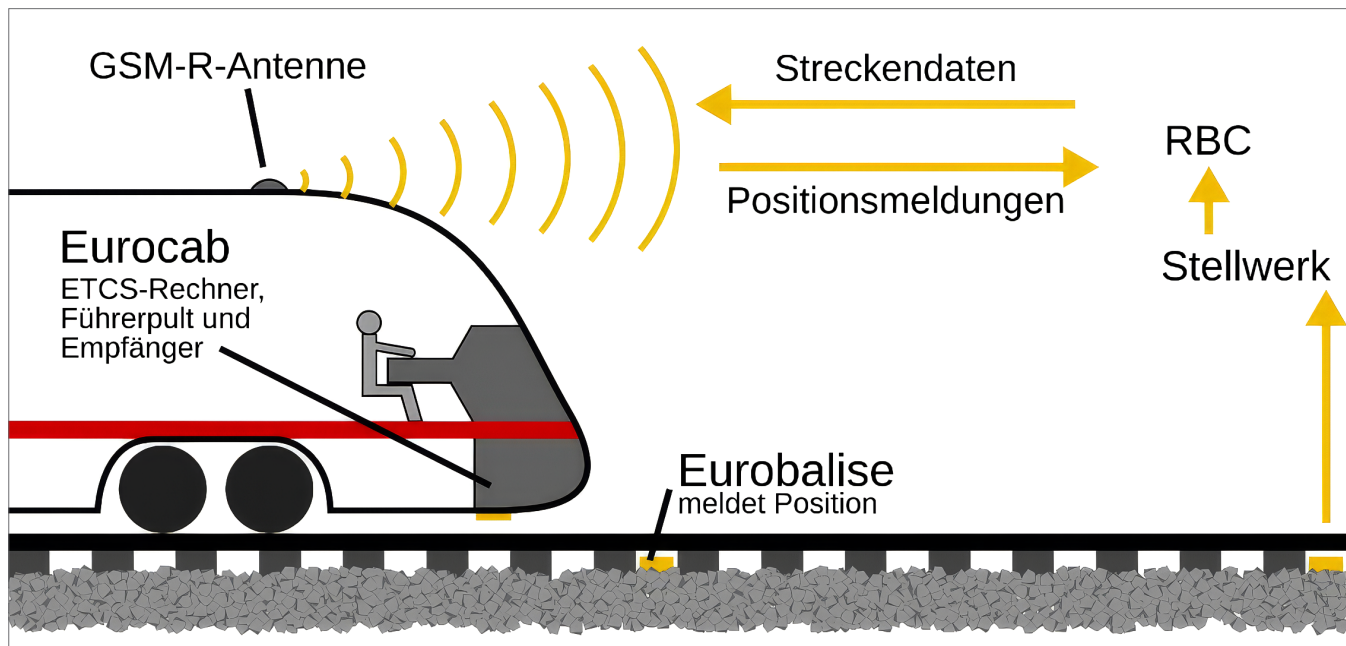


Fig. 1. Basic organization of information transmission in ETCS Levels 1 and 2 [6]

Figure 1 shows the basic organization of information transmission in ETCS Levels 1 and 2.

The next functional level is Automatic Train Operation (ATO). Unlike ETCS, ATO generates train control commands, including acceleration, speed holding, and braking. When ATO and ETCS are used together, ATO drives the train within the limits supervised by the safety system. Materials presented by the European Union Agency for Railways describe the ATO over ETCS architecture, which involves interaction between the traffic management system, trackside and onboard ATO equipment, the Radio Block Centre, and the traction and braking actuators [8].

Speed regulation relies on methods of classical control theory, including proportional–integral–derivative (PID) control. A PID controller computes the control input from the current error, the accumulated error, and the rate of change of the error. The approach is practical because it can be implemented at relatively low computational cost. Control quality, however, depends on the choice of gains and on the train's dynamics. Wang and Ou studied adaptive train control that combines sliding mode and PID control [9].

More complex problems, which require meeting speed restrictions and arrival times while minimizing energy consumption, are solved with optimal control methods. In their review, Zhu, Lu, and Li identify three lines of research on energy-efficient operation of high-speed trains: driving strategy optimization, timetable optimization, and integrated optimization of both. These studies take into account traction equipment characteristics, track profile, speed limits, and running time. The authors view optimization algorithms as a way to reconcile operational and energy requirements, not as a substitute for safety systems [11].

Mathematical programming methods play a major role when multiple trains are controlled. Real-time rescheduling problems may involve changing the train sequence, arrival and departure times, and track assignments, as well as maintaining passenger connections (Table 1).

Neural network models are a promising direction in the automation of railway operations. According to Tang et al., the largest shares of studies on artificial intelligence in railway transport concern maintenance and equipment diagnostics (58%) and traffic planning and management (24%) [8].

Neural network methods can reveal complex relationships in operational data, predict the condition of technical assets, and improve control algorithms. Their use, however, requires verification of prediction accuracy, operational stability, and compliance with safety requirements.

Advances in automatic control also depend on the integration of different technical systems. For example, Siemens Mobility materials discuss the combined use of a traffic management system (TMS) and ATO to align the timetable with rolling stock operation.

Mathematical modeling of train motion is based on a description of longitudinal dynamics that accounts for traction and braking forces, train mass, running resistance, and track characteristics. The study “A Robust Model Predictive Control for Virtual Coupling in Train Sets” uses a dynamic model that captures changes in train position and speed, actuator lag, and external disturbances. This approach makes it possible to examine how the control system behaves when operating parameters change [4].

Radial basis function (RBF) neural networks can be used to account for uncertainties in the dynamic model. Guo et al. applied this method to estimate unknown

Table 1

Comparison of control methods for railway operations

Method or system	Application area	Main limitation
ETCS	Supervision of movement authorities and speed restrictions	Does not by itself address optimal train driving
ATO	Automation of acceleration, running, and braking	Algorithm depends on input data and predefined constraints
PID control	Speed holding and control of dynamic parameters	Controller gains must be tuned
Optimal and predictive control	Generation of driving strategies subject to constraints	Computational cost and dependence on model accuracy
Mathematical programming	Timetable rescheduling and allocation of infrastructure resources	Computational complexity grows with the number of trains and constraints
Neural network methods	State prediction, identification, and control support	Require high-quality data and verification of generalization ability and safety

Source: compiled from Regulation (EU) 2023/1695, the studies by Zhu et al. and Tang et al., and a review of train rescheduling methods

components of high-speed train dynamics, taking into account interactions between cars and possible actuator faults. The neural network model can approximate complex nonlinear relationships that conventional mathematical models do not fully capture [5].

An adaptive control system architecture may include a data acquisition and processing module, a neural network unit for uncertainty estimation, an adaptive controller, and traction and braking actuators. Together, these components generate control inputs based on the current state of the train. Speed supervision and safety functions, however, must remain with independent protection subsystems.

Figure 2 shows the architecture of interaction between onboard and trackside automatic train control subsystems.

The neural network adaptive control algorithm sequentially processes data on train speed, position, and current running conditions, estimates deviations from the reference values, and adjusts the control inputs. Guo et al. proposed a method that combines adaptive sliding mode control with an RBF neural network. The

neural network compensates for uncertainties arising from changes in plant characteristics [5].

The algorithm estimates the train state, determines the required traction or braking effort, and adapts the controller parameters. The neural network is tuned according to the chosen adaptation law. System stability is established mathematically, which makes it possible to judge whether the algorithm can be applied under changing running conditions.

Guo et al. evaluated this approach on a simulation model of the CRH380B high-speed train. According to their results, compared with model reference adaptive control (MRAC), the proposed algorithm reduced the root-mean-square speed tracking error by 23.4% and the position tracking error by 52%. These results were obtained in numerical simulation and do not characterize the performance of neural network control systems in general [5].

These results indicate that neural network compensation of uncertainties can improve the accuracy of train motion control. Further development of

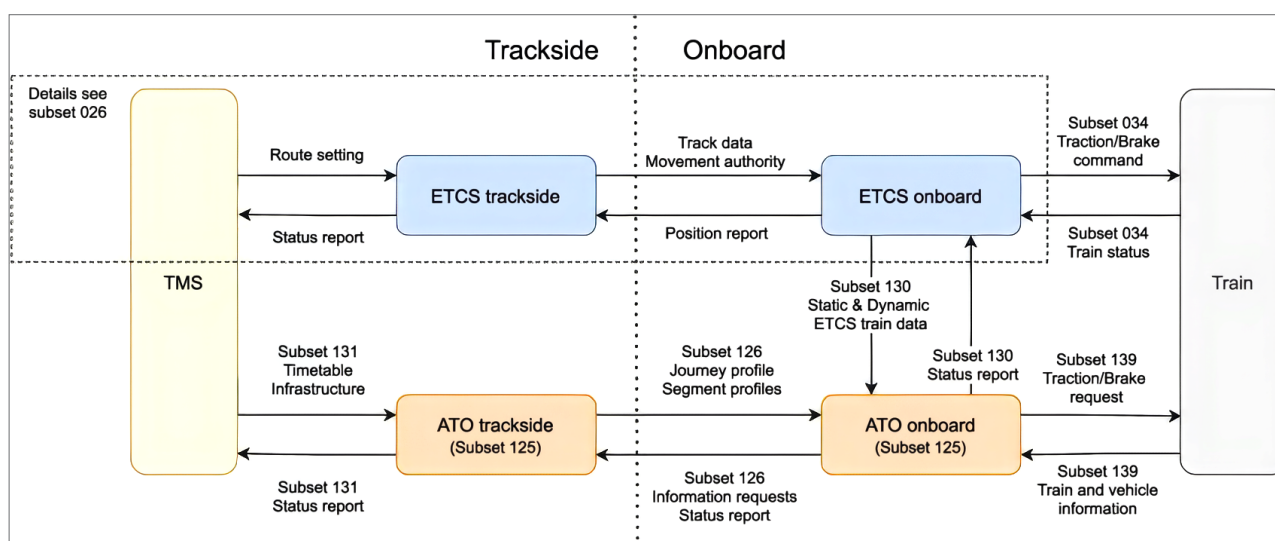


Fig. 2. Architecture of interaction between onboard and trackside automatic train control subsystems [1]

the algorithm must account for traction and braking force limits, measurement errors, and system stability requirements. It is particularly important to verify controller performance under changing running parameters and external disturbances.

Experimental evaluation of neural network control systems for railway operations relies mainly on simulation. Tests analyze timetable adherence, energy consumption, stopping accuracy, and the convergence speed of learning algorithms. To obtain comparable results, the same route characteristics and running conditions are used.

Lu and Liu simulated automatic train operation using an improved deep Q-network (DQN) algorithm. In their experiment, energy consumption decreased by 15.75% relative to actual operation, and the convergence speed of the algorithm increased by approximately 37% [7].

Zhou et al. reported further results from a study of speed optimization for high-speed trains using a neural network model. In some simulation scenarios, the energy consumed in overcoming motion resistance fell by up to 27.85% compared with conventional control strategies [10].

The studies reviewed confirm the potential of neural network methods for optimizing train operation. Differences in the modeled systems and evaluation

criteria, however, preclude direct comparison of the reported figures. Assessing the effectiveness of the system under development requires a dedicated computational experiment with identical initial conditions and a baseline control algorithm.

Future research should focus on improving neural network control algorithms, increasing their resistance to external disturbances, and adapting them to different railway operating conditions. Particular attention should be given to validating the proposed solutions on real operational data, conducting field tests, and assessing their compatibility with existing railway signaling and automation systems. Practical deployment of these technologies requires evidence of their reliability and safety, as well as a justification of their economic efficiency.

Conclusions. The analysis shows that the use of neural network models in adaptive automatic control systems can improve control accuracy and optimize train operation. The international studies reviewed indicate that such methods can reduce energy consumption and compensate for uncertainties in dynamic processes. Practical deployment of neural network algorithms, however, requires further verification of control stability, reliability, and safety. A promising direction is the integration of neural network models with conventional controllers and with independent railway safety systems.

References

1. Collart-Dutilleul, S., Bon, P., Bougacha, R., & Laleau, R. (2023). Engineering for critical systems: The automatic train operation over European Train Control System for freight trains use case. *International Journal of Transport Development and Integration*, 7(4), 311–320. <https://doi.org/10.18280/ijtdi.070405>
2. Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1695 of 10 August 2023 on the technical specification for interoperability relating to the control-command and signalling subsystems of the rail system in the European Union and repealing Regulation (EU) 2016/919. (2023). *Official Journal of the European Union*, L 222, 380–560. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2023/1695/oj/eng
3. UNIFE. (2024). ERTMS/ETCS levels: Different levels to match customer's needs (Factsheet No. 2). <https://www.ertms.net/wp-content/uploads/2024/03/ERTMSETCS-Levels-Updated-2024-Edition.pdf>
4. Felez, J., Vaquero-Serrano, M. A., & de Dios Sanz, J. (2022). A robust model predictive control for virtual coupling in train sets. *Actuators*, 11(12), Article 372. <https://doi.org/10.3390/act11120372>
5. Guo, Y., Sun, P., Wang, Q., et al. (2023). Distributed fault-tolerant control for high-speed trains based on adaptive terminal sliding mode control. *IET Intelligent Transport Systems*, 17(8), 1690–1701. <https://doi.org/10.1049/itr2.12361>
6. Kaminsky, R. (2022, April 28). Suppliers view on implementation of ETCS L3 and ATO [Conference presentation]. Siemens Mobility GmbH; European Union Agency for Railways. https://www.era.europa.eu/system/files/2022-12/2_-_suppliers_view_on_implementation_of_ato_and_etcs_l3_-_ralf_kaminsky.pdf
7. Lu, T., & Liu, B. (2023). Automatic driving operation strategy of urban rail train based on improved DQN algorithm. *Journal on Artificial Intelligence*, 5(1), 113–129. <https://doi.org/10.32604/jai.2023.043970>
8. Tang, R., De Donato, L., Bešinović, N., et al. (2022). A literature review of artificial intelligence applications in railway systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 140, Article 103679. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103679>
9. Wang, Z., & Ou, D. (2024). Parameter adaptive research of automatic train control algorithm based on sliding mode PID. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2678(3), 728–741. <https://doi.org/10.1177/03611981231182707>
10. Zhou, F.R., Zhou, K., Zhang, D., & Peng, Q.Y. (2024). Optimization of the cruising speed for high-speed trains to reduce energy consumed by motion resistances. *Applied Energy*, 374, Article 124039. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124039>
11. Zhu, C., Lu, J., & Li, X. (2023). Review of studies on energy-efficient train operation in high-speed railways. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 18(3), 451–462. <https://doi.org/10.1002/tee.23741>

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

Збірник наукових статей

№ 10 (177)

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 31.10.2025. Формат 60×84/8
Папір офсетний. Гарнітура NewCenturySchoolbook.
Умовно-друкованих аркушів 16,97. Тираж 100.
Замовлення № 400. Ціна договірна.
Надруковано з готового оригінал-макету.**

**Надруковано у видавництві
ТОВ «Центр учбової літератури»
вул. Лаврська, 20, м. Київ
Свідectво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2458 від 30.03.2006 р.**