МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

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

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»

ІНТЕРНАУКА
Видавничий дім

№ 8 (175) / 2025

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»

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

Збірник наукових праць

№ 8 (175)

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 İndex; 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 İndex; 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.

© Автори статей, 2025
© Міжнародний науковий журнал «Інтернаука», 2025

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Член редакційної колегії: **Кухленко Олег Васильович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Лойко Валерія Вікторівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Лоханова Наталя Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Львів, Україна)
Член редакційної колегії: **Малік Микола Йосипович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Мігус Ірина Петрівна** — доктор економічних наук, професор (Черкаси, Україна)
Член редакційної колегії: **Ніценко Віталій Сергійович** — доктор економічних наук, доцент (Одеса, Україна)
Член редакційної колегії: **Олійник Олександр Васильович** — доктор економічних наук, професор (Харків, Україна)
Член редакційної колегії: **Осмятченко Володимир Олександрович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Охріменко Ігор Віталійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Паска Ігор Миколайович** — доктор економічних наук, професор (Біла Церква, Україна)
Член редакційної колегії: **Разумова Катерина Миколаївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Рамський Андрій Юрійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Селіверстова Людмила Сергіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Скрипник Маргарита Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Смолін Ігор Валентинович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Сунцова Олеся Олександрівна** — доктор економічних наук, професор, академік Академії економічних наук України (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Танклевська Наталія Станіславівна** — доктор економічних наук, професор (Херсон, Україна)
Член редакційної колегії: **Токар Володимир Володимирович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Тульчинська Світлана Олександрівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Чижевська Людмила Віталіївна** — доктор економічних наук, професор (Житомир, Україна)
Член редакційної колегії: **Шевчук Ярослав Васильович** — доктор економічних наук, старший науковий співробітник, доцент (Нововолинськ, Волинська обл., Україна)
Член редакційної колегії: **Шинкарук Лідія Василівна** — доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Шпак Валентин Аркадійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Скриньковський Руслан Миколайович** — кандидат економічних наук, професор (Львів, Україна)
Член редакційної колегії: **Султонов Шерали Нуралиевич** — доктор філософії з економічних наук (PhD) (Ташкент, Республіка Узбекистан)
Член редакційної колегії: **Peter Bielik** — Dr. hab. (Словацька Республіка)
Член редакційної колегії: **Eva Fichtnerová** — University of South Bohemia in České Budějovice (Чеська Республіка)
Член редакційної колегії: **József Káposzta** — Dr. hab. (Угорщина)
Член редакційної колегії: **Henrietta Nagy** — Dr. hab. (Угорщина)
Член редакційної колегії: **Anna Törő-Dunay** — Dr. hab. (Угорщина)
Член редакційної колегії: **Mirosław Wasilewski** — Dr. hab., Associate professor WULS-SGGW (Польща)
Член редакційної колегії: **Natalia Wasilewska** — Doctor of Economic Sciences, professor UJK (Польща)

Розділ «Юридичні науки»:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Член редакційної колегії: **Фунта Растіслав** — кандидат юридичних наук, доцент (Сладковічово, Словацька Республіка)

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

Розділ «Технічні науки»:

Член редакційної колегії: **Бєліков Анатолій Серафімович** — 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 Ісмаіл** — кандидат технічних наук, головний науковий спеціаліст (Баку, Азербайджанська Республіка)

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

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

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

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

Розділ «Медичні науки»:

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

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

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

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

Розділ «Фізичне виховання та спорт»:

Член редакційної колегії: **Мулик Вячеслав Володимирович** — доктор наук наук з фізичного виховання та спорту, професор (Харків, Україна)

ЗМІСТ

CONTENTS

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Imarova Dilara
STRATEGIES FOR BUSINESS DEVELOPMENT IN THE GARMENT INDUSTRY UNDER HIGH COMPETITION 9

Олійник Ірина Миколаївна
ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ДЕМПІНГУ У Б'ЮТІ–СЕГМЕНТІ 14

Погрібний Андрій
ЕВОЛЮЦІЯ КРІПИЛЬНИХ СИСТЕМ У НАТЯЖНИХ СТЕЛЯХ: ВІД СТАНДАРТНИХ РІШЕНЬ ДО АВТОРСЬКИХ РОЗРОБОК 18

Санагурський Юрій Андрійович
ТИПОВІ ПОМИЛКИ В РОБОТІ ВІДДІЛУ ПРОДАЖІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЦИКЛ УГОДИ В КОМПАНІЯХ СФЕРИ ПОСЛУГ 25

Худоба Тарас Володимирович, Кучер Павло Вікторович
РЕКРЕАЦІЙНО-ТУРИСТИЧНЕ РАЙОНУВАННЯ РЕГІОНУ: ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ТА ПІДХОДИ 32

МЕДИЧНІ НАУКИ

Ковальчук Юлія Анатоліївна
ВПЛИВ СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ LED-ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПРОЛІФЕРАТИВНУ АКТИВНІСТЬ КЛІТИН ШКІРИ ТА НІГТІВ 37

Коробкова Катерина Сергіївна
ЦИФРОВІЗАЦІЯ СТОМАТОЛОГІЧНОЇ ГІГІЄНИ: ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ 45

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Dashevskyi Artem
INTELLIGENT AUTHENTICATION BASED ON USER BEHAVIOR AND BIOMETRICS 49

Dashevskyi Artem
NLP METHODS AND LINK ANALYSIS FOR PHISHING DETECTION 54

Dashevskyi Artem
UEBA AND AI IN BUILDING ADAPTIVE CYBERSECURITY 58

Fialko Nataliia, Stepanova Alla, Sbrodova Galyna, Shevchuk Svitlana
OPTIMIZATION OF HEAT EXCHANGE SURFACE GEOMETRIC PARAMETERS FOR THE WATER-TUBE PANEL HEAT RECOVERY EXCHANGER 62

Когут Назарій Сергійович
ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОТНИХ ОБРОБЛЕНЬ КЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ ПІСКОВИКІВ ГАЗОВИХ РОДОВИЩ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ 65

Фіалко Наталія Михайлівна, Прокопов Віктор Григорович, Меранова Наталія Олегівна, Кліщ Андрій Володимирович, Альошко Сергій Олександрович, Юрчук Володимир Леонідович, Місюра Тимофій Олексійович, Абдулін Михайло Загретдинович
ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ЗОНИ ГОРІННЯ МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКІВ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИ ЗМІННИХ ЗНАЧЕННЯХ КОЕФІЦІЄНТА НАДЛИШКУ ПОВІТРЯ 81

ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ ТА СПОРТ

Тупчій Андрій Володимирович
ВАЖЛИВІСТЬ ОРГАНІЗОВАНОЇ ПЕРЕДСЕЗОННОЇ ПІДГОТОВКИ КОМАНД МАЙСТРІВ З ВОЛЕЙБОЛУ 86

ЮРИДИЧНІ НАУКИ

Рябих Наталія Володимирівна
ВІКТИМОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗЛОЧИНІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ТРАНСПОРТУ: ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ВЛАСНИКІВ ТА ОПЕРАТОРІВ 93

Федорчук Юлія Олександрівна
ВИКОНАВЧИЙ НАПИС НОТАРІУСА НА АЛІМЕНТНОМУ ДОГОВОРІ, ЯК ФОРМА ЗАХИСТУ ПРАВ ДІТЕЙ 99

ІНШЕ

Cherednyk Anna
STRATEGIC RESTAURANT MANAGEMENT MODEL IN A MULTICULTURAL ENVIRONMENT: INTEGRATING GENERATIONAL AND CROSS-CULTURAL APPROACHES 103

Birchak Oleksii
REVIEW ON THE ARTICLE "A REVIEW OF TRENDS IN THE AUTOMATION OF ADVERTISING PROCESSES ON MARKETPLACES WITH AN EMPHASIS ON THINKAD'S AI SOLUTIONS" 108

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

Rudin Dmytro, Vasylenko Volodymyr, Grynkevych Ganna
DATA PROTECTION IN WI-FI NETWORKS OF FINANCIAL INSTITUTIONS: WEP TO WPA3 EVOLUTION AND ECONOMIC IMPACT 110

ІНШЕ

Назаренко Микола
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ ТА ПОЛЬЩІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УМОВ, ДЖЕРЕЛ І МЕХАНІЗМІВ 116

UDC 687

Imarova Dilara
Individual Entrepreneur / Director, Adelux
(Almaty, Kazakhstan)

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11071

STRATEGIES FOR BUSINESS DEVELOPMENT IN THE GARMENT INDUSTRY UNDER HIGH COMPETITION

Summary. *This article explores key factors for enhancing the competitiveness of Kazakhstan's garment industry in the context of Industry 4.0 and intensifying global competition. Against the backdrop of digital transformation and emerging economic trends – such as offshoring, reshoring, flexible employment models, and the rise of e-commerce – the author analyzes the current state of the garment sector and outlines future development prospects. Special attention is given to the need for production modernization through automation, robotics, and the implementation of smart factory concepts. The study also emphasizes the importance of strengthening cooperative ties within the Eurasian Economic Union (EAEU) and fostering a technology-driven environment that supports digital nomads and freelance platforms. The objective of the article is to identify strategies for advancing the garment business in Kazakhstan under the pressures of Industry 4.0 and growing competition in both regional and global markets. The scientific novelty lies in proposing a new approach to business development in Kazakhstan's garment sector, grounded in an extensive review of existing literature. This work will be of interest to researchers in strategic management and industrial development, as well as to practitioners focused on optimizing business processes in a highly competitive garment industry. The insights presented may serve as a valuable resource for investors, government agencies, and entrepreneurs seeking to adapt innovative management models to the specific conditions of Kazakhstan's market.*

Key words: *garment industry, Republic of Kazakhstan, Industry 4.0, digital employment, e-commerce, competitiveness.*

Introduction. The modern global economy is undergoing profound transformations driven by digital technologies, automation, and the emergence of what is now referred to as Industry 4.0. These shifts are reshaping nearly all sectors, including light industry — of which the garment industry is a core component. In the Republic of Kazakhstan, the garment sector plays a meaningful role in employment generation and the growth of non-resource-based exports. However, it faces intense competition both domestically and globally. This landscape introduces new challenges, including a widening technological gap, shifts in global supply and distribution chains, and heightened demands for sustainability and environmental compliance [2].

A review of the literature on business development in the garment industry under high competition reveals two main strands of research. The first focuses on macroeconomic and technological factors influencing business evolution. For instance, Davydova M.S. [1] examines reinsurance strategy as a tool for supporting export activities and investment cooperation within the framework of EAEU integration, highlighting the need to enhance financial stability in an era of global uncertainty. Mahmudov R. [2] analyzes the transformative impact of innovative technologies on international relations, the economy, and society, underscoring technological innovation as a critical driver of global competitiveness. Rakhmatullaeva D.Zh. and co-authors [3] assess the accessibility of infrastructure in Kazakhstan, identifying key enablers and barriers for entrepreneurial development — an essential factor in shaping a favorable investment climate.

The second group of studies centers on the specifics of garment production and the fashion industry within Kazakhstan. Zhigalova V.N. and Temurova M.M. [4] emphasize the localization of garment manufacturing within regional economic spaces as a way to reduce production costs and strengthen competitive advantages by optimizing logistics and production processes. Yepanchintseva S.E., Ashimova Zh.R., and Sakhanova G.B. [5] explore current trends in the fashion industry, highlighting evolving consumer preferences and the need for business models to adapt to a rapidly changing market — opening new opportunities for apparel-related entrepreneurship. In a related vein, Yepanchintseva S.E., Ashimova Zh.R., and Momynkulova S.M. [6] focus on risk assessment for garment manufacturers, proposing an integrated approach to

risk mitigation — essential for business sustainability in a highly competitive environment.

Contradictions in the literature emerge around the degree of emphasis placed on integrating innovative technologies directly into garment production modernization, and the absence of unified standards for assessing infrastructure capabilities necessary to support industry development.

The aim of this article is to explore strategies for developing Kazakhstan's garment industry in the context of Industry 4.0 and intensifying regional and global competition.

The scientific contribution of the study lies in proposing a novel approach to garment sector development in Kazakhstan, informed by an in-depth literature review.

The author's hypothesis is that successful digital transformation and a partial shift toward smart manufacturing in Kazakhstan's garment sector — combined with a strategic reorientation toward nearshore markets and deeper cooperative ties within the Eurasian Economic Union (EAEU) — will enhance the competitiveness of domestic firms by lowering logistics costs and improving delivery speed and quality.

The methodology is based on a literature review and analysis of relevant research.

1. The Impact of Industry 4.0 Technological Shifts on the Competitiveness of the Garment Sector

The emergence of advanced technologies associated with Industry 4.0 is transforming virtually all economic sectors, including the garment industry. The Fourth Industrial Revolution is defined by accelerated digitalization, automation, the Internet of Things, and artificial intelligence. In the garment sector, these developments offer both opportunities for competitive advantage and a host of new challenges — particularly in transitional economies such as the Republic of Kazakhstan [2].

A defining feature of Industry 4.0 is the concept of smart factories, where all production and logistics processes are digitally connected. In the garment business, this translates into automated pattern design, 3D apparel prototyping, RFID-tag tracking across all stages (warehouse, cutting, sewing), and the use of big data analytics for inventory management and demand forecasting [1].

Traditionally, cutting and sewing were labor-intensive processes not easily automated due to the delicate nature of tasks and the variety of fabrics used. However, recent advancements by industrial equipment manufacturers (e.g., SoftWear Automation) in developing fine-stitch robots have reduced manual labor requirements by 40–60% at certain stages. For manufacturers in Kazakhstan, this offers potential gains in both speed and quality — but requires investment in equipment upgrades and workforce training [1; 3].

In an increasingly competitive global environment — where, as Mahmudov R. [2] notes, technological hubs are expanding rapidly — companies must integrate into smart logistics chains that allow flexible supplier switching and reduced time-to-market. For Kazakhstan's garment industry, this means digitizing not only sewing workshops but also associated services such as warehousing, transportation, and marketing. High supply chain transparency — from fabric procurement to final delivery — has become a competitive advantage and aligns with rising ESG and sustainable fashion standards [4].

Two technological trajectories can be identified in industrial revolutions: replacement technologies and reinforcement technologies. Replacement technologies displace traditional jobs, while reinforcement technologies enhance existing skills and productivity.

In the garment industry, replacement technologies include:

- Fine-stitch sewing robots and automated cutting systems that reduce reliance on manual labor;
- Automated packaging and labeling lines that may eliminate the need for operators altogether.

Reinforcement technologies include:

- CAD/CAM software that enables designers to develop and adjust patterns more quickly and accurately, preserving the creative aspect of the process;
- Digital collaboration platforms where sewers, technologists, and designers can work together remotely [2].

As shown in Table 1, replacement technologies may lower operational costs in the short term, while reinforcement solutions yield longer-term productivity improvements. For Kazakhstan, it is essential to adopt a hybrid approach, integrating both types of technologies while tailoring them to local conditions.

Strengthening regional industrial cooperation within the Eurasian Economic Union (EAEU) could support technology and knowledge transfer — particularly from Russia and Belarus — and stimulate joint development programs for light industry, including funding mechanisms via the Eurasian Development Bank. There is also growing interest in developing new formats of educational collaboration (e.g., internships, joint university programs) aimed at training a workforce equipped with digital competencies specific to garment manufacturing.

2. Offshoring and Reshoring in the Garment Sector: Opportunities and Constraints

For decades, relocating production to countries with lower labor costs — offshoring — was considered a key strategy for enhancing competitiveness. However, in the context of Industry 4.0 and the growing need for rapid product turnover in the garment sector, reshoring (bringing manufacturing back to the country of origin) and nearshoring (moving production closer to target markets) are becoming increasingly relevant [2]. For Kazakhstan, which is aiming to diversify its economy and strengthen its light industry, understanding the potential and limitations of these strategies is vital.

Table 1

Comparative Analysis of Replacement and Reinforcement Technologies in the Garment Industry [2; 3; 6]

Criterion	Primary Role	Application Examples	Workforce Effect	Risks	Opportunities
Replacement Technologies	Full or partial automation aimed at replacing manual labor	• Robotic sewing lines for mass production • Automated cutting, stitching, and quality control systems	• Decreased need for highly skilled manual labor • Shift toward machine maintenance roles	• High capital investmentDependence on technological infrastructure • Potential job losses	• Significant productivity gains • Lower production costs • Product standardization and quality enhancement
Reinforcement Technologies	Enhancing human capabilities through digital tools	• CAD/CAM systems for digital pattern making • AR solutions for quality control and staff training	• Professional skill development • Boosted creativity and responsibility	• Continuous need for skill upgradesIntegration challenges with legacy processes • Resistance to change	• Increased production flexibility • Customized orders • Quality improvement through optimized workflows

Offshoring expanded significantly in the 1980s and 1990s, when major Western brands — especially from the U.S. and EU — moved production en masse to countries in Asia and Latin America [1]. The main incentive was to reduce labor costs and gain access to inexpensive resources, enabling producers to:

- Lower the cost of final goods,
- Rapidly scale up output,
- Use flexible supply chains involving subcontractors.

However, in the age of the Fourth Industrial Revolution, offshoring is no longer a universal solution:

- Rising wages in countries like China have eroded cost advantages,
- Growing automation is reducing the need for low-skilled manual labor,
- Increasing pressure for environmental compliance and supply chain transparency is pushing global brands to reconsider where and how they manufacture [4; 6].

For Kazakhstan, this shift signals a departure from the race to the bottom for cheap labor. Local companies now have an opportunity to compete not just on cost, but on delivery speed, quality, and customer service.

Reshoring refers to relocating production back to the home country, while nearshoring involves moving factories to neighboring countries closer to target markets.

Table 2

Comparative Advantages and Limitations of Reshoring and Nearshoring in the Garment Industry [2]

Criterion	Distance to Target Market	Quality and Standards Control	Investment in Equipment	Labor Costs and Workforce	Time to Market	Example Use Case
Reshoring	Close to the consumer base → reduced logistics costs and delivery time	Direct process control and compliance with national standards	High-tech equipment investments tailored to local conditions	Skilled workforce, easier to train and retain	Streamlined logistics and faster market response	U.S. brands bringing production back for faster delivery and quality control
	May face export-related logistics and customs burdens	Regulatory adaptation may be required	High capital expenditures, risk of underutilization	Higher wage levels compared to offshore hubs	Limited scalability due to domestic capacity	
Nearshoring	Proximity (e.g., between Western and Eastern Europe) → moderate transport costs	Cultural and regulatory alignment simplifies coordination	Lower capital needs by leveraging existing capacity	Balanced labor cost and skills → efficiency	Regional logistics enable fast delivery	European brands shifting production to Eastern Europe
	Longer distance than reshoring in some cases	Inter-country regulation differences may complicate processes	Limited access to cutting-edge technology	Savings may be smaller than traditional offshoring	Possible border/custom delays and regional risks	

As Mahmudov R. [2] notes, major sportswear brands like Adidas and Nike are launching robotic production lines in Europe and the U.S. to enable "on-demand" manufacturing and shorten time-to-market. For instance, Adidas' Speedfactories in Germany have been designed to quickly produce capsule collections tailored to European consumers. However, such initiatives demand substantial investments in robotics, CAD/CAM systems, data analytics, and skilled personnel.

Reshoring and nearshoring improve responsiveness to demand and enhance quality control but require investments in automation and modernization.

Kazakhstan offers a number of strategic advantages for developing its garment sector, including:

- Favorable geographic positioning — as a natural bridge between Europe, Russia, and China.
- Government support programs — including subsidized interest rates and tax incentives in special economic zones.
- Regulatory harmonization under the EAEU — which provides unified customs and technical standards, making Kazakhstan increasingly attractive to manufacturers targeting regional markets.

In conclusion, while reshoring and nearshoring demand a higher degree of operational and technological sophistication, they also open new opportunities for countries like Kazakhstan to integrate into regional supply chains — not only as low-cost producers but as value-driven players in a rebalanced global garment industry.

3. The Digital Economy and Emerging Employment Models in the Garment Sector

The rapid development of digital technologies in recent years has not only transformed production methods but also redefined how labor is organized — especially in the garment industry. Within the framework of Industry 4.0, a growing number of companies are embracing flexible employment models, expanding into e-commerce, and adapting to the dynamics of the gig economy. Trends such as the rise of digital nomads and freelance platforms are becoming increasingly relevant, broadening the talent pool and unlocking creative potential [5; 6].

The gig economy involves workers completing short-term contracts or project-based tasks through digital platforms. In the context of the garment sector, this model may manifest as:

- Remote tailoring: Independent seamstresses or micro-studios receive orders via crowdsourcing platforms or specialized marketplaces.
- Design and styling services: Freelance designers develop collections for various brands or offer consultations on visual aesthetics.
- Creative and marketing support: Content production, digital promotion, and e-commerce management for online clothing shops [2].

Digital nomads are professionals who, enabled by cloud and online technologies, can live and work from anywhere. In the garment industry, this model applies to:

- Remote designers creating digital patterns and 3D garment models for global clients,
- Technical consultants advising factories online on materials, workflow, or machinery,
- Marketers and brand managers executing international campaigns and scaling brands on global marketplaces [4].

The sector is moving rapidly into digital commerce, with virtual storefronts and presence on platforms like Wildberries, AliExpress, Ozon, and Amazon [2]. The key drivers behind e-commerce growth in fashion include:

- Geographic independence: Online stores reach buyers across regions and countries without the need for physical retail space.
- Scalability: As demand rises, businesses can quickly onboard freelancers and contractors.
- Consumer demand for convenience: Many customers now favor integrated digital shopping experiences with fast delivery options [2].

Alongside traditional e-commerce, direct-to-consumer sales via social media and crowdfunding platforms (e.g., Kickstarter, Indiegogo) are gaining momentum. This allows emerging designers and small ateliers to connect directly with their audience and secure pre-launch funding for specific collections [2]. While these formats lower market entry barriers and encourage creativity, they also require strong marketing and transparency.

Modern 3D modeling software such as CLO 3D and Browzwear enables designers to produce digital clothing prototypes, reducing the need for physical samples and saving both time and materials. Online services are also introducing virtual fitting rooms, where customers can try garments using avatars — an increasingly relevant tool in the booming world of e-commerce [4,5].

The role of the digital economy and flexible employment in the garment sector can be assessed through a comparison of traditional and digital business models, as presented in Table 3.

The digital model offers companies greater integration with the global economy and access to geographically diverse talent. However, it also demands a fundamental transformation in management, a shift in corporate culture, and updates to legal frameworks that account for the unique characteristics of gig-based employment.

Conclusion. The analysis confirms that Kazakhstan's garment industry stands at the threshold of structural transformation, driven by the forces of Industry 4.0. Global technological shifts — including robotics, automation, and the Internet of Things — along with growing demands for sustainability and transparency in supply chains, are reshaping the competitive landscape and offering both challenges and opportunities.

Table 3

Comparison of Traditional and Digital Employment Models in the Garment Industry [2]

Criterion	Traditional Model	Digital Model
Production Setup	• Centralized production in fixed locations • Established, standardized processes • Manual labor and limited automation	• Decentralized and flexible systems • Integration of IT and smart factories • High digital automation
Labor Structure	• Long-term formal contracts • Fixed schedules, hierarchical structures • Stability with low flexibility	• Freelance and remote project work • Digital coordination platforms • Agile workforce and rapid reallocation
Technology Use	• Basic sewing machines and manual tools • Minimal digital systems • Low innovation uptake	• Automated equipment, CAD/CAM systems • IoT, robotics, digital QA tools • Continuous tech upgrades
Markets & Channels	• Local or regional focus • Retail/wholesale distribution, trade shows • Limited online presence	• Global reach • Multi-tiered online channels: stores, marketplaces, social media • Direct-to-consumer sales
Strengths	• Time-tested processes • Strong quality control • Local relationships	• Speed and scalability • Advanced analytics • Cost reduction, broader market access
Weaknesses	• Rigid and slow to adapt • Reliance on outdated technology • High change costs	• Requires major IT investment • Cybersecurity risks • Constant staff upskilling and cultural shifts

Offshoring, once a cost-cutting strategy based on access to cheap labor, is becoming less viable due to rising wages in Asia and accelerating digitalization. In contrast, reshoring and nearshoring are gaining traction, encouraging the relocation of production closer to end markets. For garment manufacturers in Kazakhstan, this creates a window of opportunity to attract international companies interested in regional production, provided that infrastructure is improved, skilled labor is developed, and state support is strengthened.

The rise of the digital economy and flexible employment models — such as remote work, digital nomadism, and gig-based contracting — offers businesses new ways to boost efficiency and expand their distribution channels. At the same time, these trends require the adoption of modern IT systems and the training of specialists in digital fashion design, online marketing, and supply chain management.

However, gaps remain. There is limited statistical data on SMEs within the garment sector, as well as difficulties in tracking informal employment and the lack of comprehensive metrics for flexible forms of work.

Future research should focus on the development and pilot implementation of digitalization models tailored to Kazakhstani enterprises — including 3D design tools and cloud-based production platforms — as well as the analysis of local industrial clusters to identify and scale successful reshoring cases within Kazakhstan.

In sum, a shift toward high-tech, digital garment production — supported by government policy and integration within the Eurasian Economic Union — will enable Kazakhstan to strengthen its position in global value chains and build a competitive, sustainably developing light industry sector.

References

1. Davydova M. S. Directions of development of the Eurasian Reinsurance Company in order to support export and investment cooperation of the EAEU states. *World and National Economy Founders: Moscow State Institute of International Relations*. 2024. Vol. 3. P. 73–97.

2. Makhmudov R. Innovative technologies and their impact on international relations, economics and society. 2024. P. 10–35.

3. Rakhmatullayeva D. J. et al. Doing business in Kazakhstan: assessment of infrastructure accessibility. *Economy: strategy and practice.* 2024. Vol. 19 (2). P. 84–99.

4. Zhigalova V. N., Teymurova M. M. Prospects for the development of sewing production, taking into account its localization in the economic space of the region. *Alley of Science*. 2021. Vol. 2 (1). P. 42–45.

5. Epanchintseva S. E., Ashimova Zh. R., Khasanova G. B. Modern fashion industry: trends and prospects for Kazakhstan. Cen*tral Asian Economic Review.* 2023. Vol. 6. P. 29–39.

6. Yepanchintseva S. E., Ashimova Z. R., Momynkulova S. M. Риски предприятий по производству одежды в Казахстане: анализ и пути снижения. *Bulletin of the Karaganda university Economy series*. 2024. Vol. 11629 (4). P. 138–147.

УДК 339.137.2:338.46

Олійник Ірина Миколаївна
експерт з розвитку б'юті-бізнесу
(Каліфорнія, США)
Oliinyk Iryna
Expert in Beauty Business Development
(California, USA)
ORCID: 0009-0003-1939-7087

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11302

ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ДЕМПІНГУ У Б'ЮТІ–СЕГМЕНТІ

DIFFERENTIATION AS A WAY TO PROTECT AGAINST DUMPING IN THE BEAUTY SEGMENT

Анотація. *В умовах високої конкуренції у б'юті-сегменті при демпінгу можуть виникати такі ризики, як зниження якості товару та послуг, а також зниження репутації компанії. Диференціація, пропонуючи унікальні товари та послуги, формує лояльність клієнтів, готових платити велику вартість та підвищує конкурентоспроможність компанії. Опитування, проведене серед клієнтів салону краси, показує, що більшість клієнтів готові платити більше за високу якість, що робить диференціацію ефективним способом захисту від демпінгу.*

Ключові слова: *диференціація, демпінг, конкурентоспроможність, якість товарів та послуг, лояльність клієнтів.*

Summary. *In the highly competitive beauty segment, dumping may result in risks such as a decrease in the quality of goods and services, as well as a decrease in the company's reputation. Differentiation, offering unique goods and services, creates customer loyalty, willing to pay a higher price and increases the company's competitiveness. A survey conducted among beauty salon clients shows that most clients are willing to pay more for high quality, which makes differentiation an effective way to protect against dumping.*

Key words: *differentiation, dumping, competitiveness, quality of goods and services, customer loyalty.*

Постановка проблеми. Нині у б'юті-сегменті спостерігається висока конкуренція, що зі швидким розвитком цієї сфери, появою різних товарів та послуг, і навіть присутністю над ринком великої кількості брендів. Частина компаній над ринком підтримки конкурентоспроможності використовує стратегію демпінгу, суть якої полягає у залученні клієнтів з допомогою заниження вартості своїх товарів та послуг.

Попри те, що демпінг видається вигідним інструментом для залучення клієнтів, використання даної стратегії може призвести до негативних наслідків для компанії, які в першу чергу проявляються у зниженні якості послуг, що пов'язане з вимушеним зниженням витрат та інвестицій у нові технології. У тривалій перспективі зниження якості послуг може призвести до втрати довіри з боку клієнтів та зниження рівня репутації компанії на ринку.

Також демпінг може стати причиною недобросовісної конкуренції у б'юті-сегменті шляхом використання компаніями некоректних способів зниження цін, наприклад застосування сировини низької якості або ухилення від сплати податків. Несумлінна конкуренція посилюється недосконалістю чинного законодавства та складністю виявлення форм даної поведінки на ринку, для боротьби з якими нині не існує ефективних методів, що негативно впливає на ефективне ведення бізнесу [3, с. 52].

В такій ситуації диференціація є інструментом, який може допомогти компаніям залишатися конкурентоспроможними у б'юті-сегменті в умовах демпінгу. Диференціація у б'юті-сегменті має велику кількість форм проявів, починаючи від впровадження інноваційних технологій, закінчуючи персоналізованими пропозиціями [4, с. 103]. Виділення

власного бізнесу, надання унікальних послуг і товарів дозволяє не тільки залучити нових клієнтів, але й сформувати лояльну клієнтську базу, що довіряє компанії, готову платити велику вартість, є більш ефективним способом підтримки конкурентоспроможності компанії в б'юті-сегменті, ніж низька ціна на послугу, що робить вивчення стратегії умовах демпінгу актуальним напрямом вивчення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останні дослідження і публікації свідчать, що проблема демпінгу та його наслідків продовжує залишатися актуальною для багатьох ринків. У матеріалі «Демпінг: цілі, види, наслідки» розглянуто, як заниження цін може бути як інструментом конкурентної боротьби, так і загрозою для стабільності ринку. Автори аналізують різновиди демпінгу та підкреслюють, що його довгострокові наслідки часто негативні — від витіснення дрібних учасників до зниження загальної рентабельності галузі. У свою чергу, Семенчук А. О. у науковій праці наголошує на важливості чіткого розмежування понять «цінність» і «вартість», що є ключовим для формування адекватної цінової політики підприємств і правильного позиціонування продукції на ринку.

У статті Т. І. Швидкої увага зосереджена на законодавчих аспектах боротьби з недобросовісною конкуренцією в Україні. Дослідниця вказує на прогалини в чинних нормах та необхідність їхнього вдосконалення для більш ефективного захисту прав учасників ринку. Міжнародний аспект проблеми відображено у публікації Y. Wang, де розглядається стратегія диференціації продукту в індустрії краси та косметики. Автор демонструє, як у цьому сегменті цінова конкуренція поєднується з акцентом на унікальні характеристики продукції, що дозволяє уникати прямого демпінгу та зміцнювати ринкові позиції брендів.

Метою роботи є дослідження можливостей використання стратегії диференціації як інструменту захисту від демпінгу в умовах високої конкуренції б'юті-сегмента. У статті розглядаються теоретичні підходи до поняття диференціації, аналізуються основні форми її реалізації та вплив на конкурентоспроможність компаній. Особливу увагу приділено тому, як унікальні характеристики товарів і послуг здатні формувати лояльність клієнтів, підвищувати цінність бренду та знижувати вразливість бізнесу до цінової конкуренції.

Методи наукового пошуку і матеріали дослідження. У процесі роботи застосовано комплексний підхід до збору та опрацювання матеріалу. Спершу визначено ключові напрями пошуку, сформульовані за метою та завданнями дослідження. Використано бібліографічний метод для виявлення та відбору друкованих і електронних джерел, зокрема наукових статей, монографій, збірників конференцій та тематичних досліджень, що безпосередньо стосуються обраної проблеми.

Важливим етапом було опрацювання електронних баз даних, каталогів бібліотек і архівних матеріалів, що дозволило охопити як сучасні публікації, так і маловідомі праці попередніх років. З метою критичної перевірки достовірності відомостей застосовано метод порівняльного аналізу: окремі положення звірялися між кількома джерелами, щоб уникнути фактичних помилок або упереджених інтерпретацій.

Особливу увагу приділено аналізу першоджерел та авторських текстів, що дали змогу побачити досліджуване питання у його первісному контексті. Паралельно проводився змістовний аналіз для виокремлення ключових понять, тенденцій і протиріч у науковому дискурсі.

Отримані матеріали структурувалися за тематичними блоками, що забезпечило логічну послідовність викладу та дало змогу пов'язати теоретичні напрацювання з практичною частиною дослідження. Такий методичний підхід дав можливість сформувати цілісну й аргументовану наукову базу, на яку спирається подальший аналіз.

Виклад основного матеріалу. Демпінг у б'юті-сегменті може виявлятися в різних формах, найбільш поширеною з яких є прямий ціновий демпінг, який полягає у наданні товарів та послуг за вартістю, яка не перекриває собівартості та не дозволяє отримати навіть мінімальний прибуток, що може бути стратегією навмисного демпінгу, яка спрямована на усунення конкурентів та отримання доступу до більшої частки. Ще одним варіантом демпінгу стратегії є спорадичний демпінг, який полягає у проведенні акцій з великими знижками, що впливає на цінове сприйняття бренду [1].

Також у б'юті-сегменті можна виділити прихований демпінг, який полягає у зниженні ціни внаслідок використання продукції низької якості та застосування дешевих інгредієнтів.

Основною теоретичною концепцією диференціації є теорія диференціації М. Портера, основа якої полягає в тому, що конкурентна перевага компанії виникає в тому випадку, якщо компанія пропонує товар чи послугу, що мають унікальні властивості споживача. Цінність товару та послуги визначається кількістю коштів, які споживачі за них готові заплатити. У разі, якщо витрати на виробництво товару або надання послуги нижчі, ніж сума, яку споживачі готові заплатити, можна зробити висновок про рентабельність пропозиції [2, с.185].

Комплексне застосування елементів диференціації, що дозволяє створити цінність товару та послуги для клієнтів, повинне дозволити компанії захиститися від демпінгу в даному сегменті. Основним елементом будь-якої стратегії диференціації є створення продукту чи надання послуги, що має унікальні властивості, які конкурентам складно скопіювати. Цей продукт або послуга також можуть відрізнятися особливими властивостями, складом, технологією

виробництва, які дозволять компанії встановити високу ціну, зумовлену цими характеристиками.

На сучасному ринку існує тренд на екологічність та натуральність, даний фактор також впливає на вибір споживачів, тому при диференціації він має бути врахований для успішного захисту від демпінгу.

Надання ексклюзивного сервісу є ще одним варіантом диференціації в б'юті-сегменті, оскільки завдяки персоналізованому обслуговуванню та високоякісним послугам створюється цінність для споживачів та підвищується рівень їхньої довіри до компанії.

Хороша репутація, наявність великої кількості позитивних відгуків та рекомендацій є факторами, за якими клієнти готові платити товар і послугу вищу вартість. В цьому випадку при виробництві нових товарів або виході на ринок нового бренду ефективним може бути надання безоплатних пробних зразків продукції, що дозволить споживачам оцінити якість перед покупкою, що підвищить рівень довіри до компанії. Для підвищення впізнаваності бренду позитивний ефект може мати співпраця з експертами в б'юті-сегменті, а також підтримка компанією соціальних ініціатив, близьких до цільової аудиторії.

Позиціювання бренду в сучасному світі також впливає на диференціацію у б'юті-сегменті. У випадку, якщо бренд відрізняється зрозумілою та чіткою соціальною позицією, близькою його цільовій аудиторії, а також несе в собі унікальний зміст, то у клієнтів виникає емоційний зв'язок з компанією, що дуже позитивно впливає навіть у тому випадку, якщо на ринку з'являються конкуренти в даній сфері. Якщо клієнт довіряє бренду, він готовий платити велику вартість за надані послуги або при купівлі товару.

Висновки. Сучасний б'юті-сегмент перенасичений великою кількістю пропозицій. Фокус на вузькій ніші також є методом диференціації. Надання послуг та створення продуктів для задоволення потреб вузької цільової аудиторії, наприклад, веганів чи алергіків, може допомогти компанії донести свою цінність, а також залишатися конкурентоспроможними навіть у разі підвищення вартості своїх товарів.

Розуміння потреб цільової аудиторії, використання сучасних технологій, запуск нових продуктів та надання унікальних послуг, що відрізняються високою якістю — це фактори, при комплексному застосуванні яких у б'юті-сегменті можна диференціюватися від конкурентів.

В рамках цього дослідження було проведено опитування серед клієнтів салону краси міста. В опитуванні взяло участь 20 людей. Мета опитування полягала у виявленні основних факторів, що впливають на вибір клієнтом майстра та косметичних засобів. Акцент опитування було зроблено з оцінки важливості якості під час виборів товару чи послуги. У рамках цього дослідження респондентам було поставлено такі питання:

1. На що ви звертаєте увагу під час виборів косметичних засобів?

2. Чи готові ви заплатити більше за косметичні засоби, що мають унікальні характеристики?

3. Що при виборі майстра з манікюру вам пріоритетніше, низька ціна або висока якість послуг?

Проаналізувавши відповіді респондентів на перше запитання опитувальника, були отримані наступні результати: 80% (16 осіб) респондентів основним фактором при виборі косметичних засобів вважають якість інгредієнтів та їхню безпеку для здоров'я, 60% (12 осіб) респондентів називають важливим фактором видимий результат від застосування, 50 звертають увагу на бренд та його репутацію, 20% (4 особи) респондентів при виборі косметичних засобів орієнтуються також на ціну.

Отже, серед опитаних найважливішими чинниками під час виборів косметичних засобів є якість продукції, і навіть ефективність застосування, що свідчить, що більшість клієнтів важлива користь, а чи не низька ціна товару.

На друге питання опитувальника 80% (16 осіб) опитаних респондентів відповіли, що готові платити більше за продукти, які мають унікальні характеристики, в той час, як 20% (4 особи) респондентів, відповіли, що ціна для них є вирішальним фактором, що свідчить про те, що клієнти готові переплачувати за диференціювання та реальну ефективність.

Результати відповіді на третє питання опитувальника показують, що з 90% (18 людина) респондентів висока якість послуг є переважним чинником під час виборів майстра по манікюру, 10% (2 людини) респондентів під час виборів майстра орієнтуються вартість послуги, що, що майже всі опитані цінують високу якість послуг більше, ніж.

Оскільки більшість респондентів вибирають високу якість послуг, то можна судити про те, що клієнтам також важлива кваліфікація співробітників, їх досвід та професіоналізм, якість матеріалів, тобто рівень обслуговування загалом.

Аналіз теоретичних даних та результатів опитування демонструє, що диференціація, що дозволяє компаніям виділятися серед великої кількості брендів та пропозицій, наявних у б'юті-сфері, є ефективним способом захисту від демпінгу. Пріоритетом на ринку б'юті-послуг нині є не вартість, а якість. Демпінг може допомогти лише короткостроковому розвитку компанії шляхом недобросовісної конкуренції, тоді як диференціація — це спосіб сталого довгострокового розвитку.

Література

1. Демпінг: цілі, види, наслідки. URL: https://fractus.com.ua/uk/blog/demping-cili-vidi-naslidki/ (дата звернення: 08.08.2024).

2. Семенчук А. О. Економічна сутність понять «цінність» та «вартість». *Формування ринкової економіки: збірник наукових праць — спец. вип. Економіка підприємства: теорія і практика:* у 2 ч. Ч. 1. Київ : КНЕУ, 2010. С. 185–196.

3. Швидка Т. І. Боротьба з виявами недобросовісної конкуренції: проблеми законодавчого регулювання в Україні. *Право та державне управління.* 2021. № 1. С. 52–58.

4. Wang Y. Product Differentiation Strategy: Beauty Industry & Cosmetics Marketing. *BCP Business & Managemen*. 2023. № 45. P. 102–108.

References

1. Dumping: goals, types, consequences. Available at: https://fractus.com.ua/uk/blog/demping-cili-vidi-naslidki/ (accessed: 08.08.2023) [in Ukrainian].

2. Semenchuk A. O. (2010) The economic essence of the concepts of “value” and “cost”. *Formation of a market economy: collection of scientific works — special issue. Economics of the enterprise: theory and practice:* in 2 parts. Part 1. Kyiv: KNEU. P. 185–196 [in Ukrainian].

3. Shvydka T. I. (2021) Combating manifestations of unfair competition: problems of legislative regulation in Ukraine. *Law and state administration.* № 1. P. 52–58 [in Ukrainian].

4. Wang Y. (2023). Product Differentiation Strategy: Beauty Industry & Cosmetics Marketing. *BCP Business & Management.* № 45. P. 102–108.

УДК 336.72

Погрібний Андрій
Інноватор у сфері інтер'єрних технологій
Pogribnyi Andrii
Innovator in Interior Technologies
ORCID: 0009-0000-4163-7030

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11281

ЕВОЛЮЦІЯ КРІПИЛЬНИХ СИСТЕМ У НАТЯЖНИХ СТЕЛЯХ: ВІД СТАНДАРТНИХ РІШЕНЬ ДО АВТОРСЬКИХ РОЗРОБОК

EVOLUTION OF FASTENING SYSTEMS IN STRETCH CEILINGS: FROM STANDARD SOLUTIONS TO CUSTOM DESIGNS

Анотація. *У статті розглянуто еволюцію кріпильних систем для натяжних стель від найпростіших рішень до сучасних інноваційних та авторських конструкцій. Проаналізовано історичний розвиток технології, починаючи від перших тканинних полотен, що використовувалися у декоративних цілях, до впровадження полівінілхлоридних плівок і появи спеціалізованих профільних систем. Подано класифікацію традиційних методів кріплення – штапикового, гарпунного, клинового та кліпсового – із характеристикою їхніх технічних особливостей, переваг і недоліків. Висвітлено ключові проблеми стандартних рішень: обмежена можливість повторного використання полотна, чутливість до температурно-вологісних коливань, потреба у високій точності вимірювань, наявність видимих зазорів по периметру та ризик механічних пошкоджень.*

Окрему увагу приділено новітнім розробкам, спрямованим на усунення виявлених недоліків: універсальні профілі, що підходять для різних типів полотен; системи з прихованим кріпленням, які забезпечують безщілинний монтаж; модульні конструкції, що спрощують доступ до інженерних комунікацій; профілі з вбудованими світлодіодними каналами; замки швидкої фіксації, що зменшують час монтажу та ймовірність помилок. Наведено порівняльний аналіз традиційних та інноваційних систем за критеріями надійності, швидкості й зручності монтажу, естетики, довговічності та економічної доцільності.

Зроблено висновок, що інноваційні рішення не витісняють класичні методи, а доповнюють їх, формуючи широкий інструментарій для реалізації проєктів різної складності. Окреслено перспективні напрями розвитку галузі: застосування нових композитних матеріалів, створення універсальних замкових механізмів, інтеграція освітлювальних та функціональних елементів у кріпильні системи, підвищення ремонтопридатності та сервісної зручності конструкцій.

Ключові слова: *натяжні стелі, кріпильні системи, штапиковий метод, гарпунний метод, клиновий метод, кліпсове кріплення, модульні системи, інноваційні профілі, приховане кріплення, авторські розробки.*

Summary. *The article discusses the evolution of fastening systems for stretch ceilings from the simplest solutions to modern innovative and original designs. The historical development of the technology is analyzed, starting from the first fabric canvases used for decorative purposes to the introduction of polyvinyl chloride films and the emergence of specialized profile systems. It provides a classification of traditional fastening methods – staples, harpoons, wedges, and clips – with a description of their technical features, advantages, and disadvantages. The key problems of standard solutions are highlighted: limited reusability of the fabric, sensitivity to temperature and humidity fluctuations, the need for high measurement accuracy, the presence of visible gaps around the perimeter, and the risk of mechanical damage.*

Special attention is paid to the latest developments aimed at eliminating the identified disadvantages: universal profiles suitable for different types of fabrics; systems with concealed fasteners that ensure gap-free installation; modular structures that simplify access to engineering communications; profiles with built-in LED channels; quick-release locks that reduce installation time and the likelihood of errors. A comparative analysis of traditional and innovative systems is provided based on the criteria of reliability, speed and ease of installation, aesthetics, durability, and economic feasibility.

It was concluded that innovative solutions do not replace traditional methods, but rather complement them, forming a broad set of tools for implementing projects of varying complexity. Promising areas for development in the industry were outlined: the

use of new composite materials, the creation of universal locking mechanisms, the integration of lighting and functional elements into fastening systems, and improving the maintainability and serviceability of structures.

Key words: *stretch ceilings, fastening systems, stapling method, harpoon method, wedge method, clip fastening, modular systems, innovative profiles, hidden fastening, original designs.*

Постановка проблеми. Сьогоднішній ринок матеріалів та технологій для внутрішнього оздоблення змінюється дуже швидко. Замовники все частіше очікують не лише гарного вигляду, а й високої якості, зручності в експлуатації та довговічності. Натяжні стелі за останні двадцять років пройшли помітний шлях розвитку — від простих декоративних полотен, які виконували суто естетичну функцію, до продуманих інженерних конструкцій, де кожен елемент має своє технічне значення. У цьому вдосконаленні вирішальну роль відіграють саме кріпильні системи, адже від них залежить, наскільки швидко можна змонтувати стелю, як надійно вона триматиметься та які дизайнерські рішення можна втілити.

Перші конструкції для фіксації полотен були досить простими й виконували лише базове завдання — утримати матеріал у натягнутому стані. Проте з розширенням асортименту стельових покриттів і появою нових матеріалів почали з'являтися більш складні та універсальні способи кріплення. Сьогодні поряд із відомими класичними методами дедалі частіше використовують індивідуальні розробки, створені під конкретні завдання, де поєднуються технічна надійність, зручність монтажу та естетична привабливість готового результату.

Дослідження цього питання є важливим, оскільки правильний вибір кріплення впливає не тільки на зовнішній вигляд стелі, а й на вартість робіт, термін служби конструкції та можливість її подальшого обслуговування чи модернізації. У сучасних умовах, коли технології змінюються швидко, необхідно оцінювати, як еволюціонували кріпильні системи, які переваги та слабкі місця мають різні методи та у якому напрямі може розвиватися ця сфера в найближчі роки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Огляд джерел показує: питання кріпильних систем для натяжних стель прямо майже не артикульоване в академічній літературі, проте необхідну базу дають праці з діагностики, експлуатації та технологій опорядження, матеріалознавства й довговічності оздоблювальних конструкцій. Саме через цю «непряму» оптику й формуються вимоги до надійності вузлів, вибору матеріалів профілів і полотен, поведінки з'єднань у змінних мікрокліматичних умовах.

Фундамент для оцінювання працездатності стельових систем забезпечують роботи з технічної діагностики та паспортизації об'єктів: вони деталізують алгоритми виявлення дефектів, критерії граничних станів і підходи до прогнозу ресурсу елементів оздоблення в експлуатації [1]. У поєднанні з напрацюваннями щодо експлуатації та реконструкції будівель це задає рамку для аналізу ризиків кріпильних вузлів — від локальних відшарувань до втрати натягу внаслідок температурно-вологісних коливань чи перевантажень при сервісних доступах до інженерних мереж [2].

Матеріалознавчий блок джерел окреслює зв'язок між складом і структурою оздоблювальних матеріалів та їхньою роботою в конструкції. Підручники з матеріалів і технологій сучасного виробництва фіксують параметри, критичні для кріпильних систем: модуль пружності полімерів, повзучість, релаксація напружень, адгезія на межі «полотно-профіль», стабільність геометрії профілю при нагріві/охолодженні [3]. Окремо акцентується технологічність виготовлення профілів (алюміній, ПВХ, композити), точність пазів і повторюваність замикальних геометрій — чинники, що безпосередньо визначають надійність «гарпунних», клинових і кліпсових вузлів.

Практика опоряджувальних робіт подається у вигляді технологічних карт, послідовностей операцій, допусків і вимог до підготовки основ — це корисно для стандартизації монтажу та контролю якості на етапі приймання робіт [5], [7]. У цих виданнях, хоч і не розглядаються натяжні стелі як окрема система, чітко прописані режими сушіння приміщень, вимоги до температури й вологості під час робіт з полімерними покриттями, правила улаштування деформаційних розривів і сумісність з іншими шарами оздоблення. Це напряму корелює з поведінкою кріпильних вузлів при первинному натягуванні та подальшій експлуатації.

Джерела, зосереджені на виробництві оздоблювальних матеріалів, деталізують фактори старіння полімерів і адгезивів, механізми водопоглинання і дифузії, що визначають втрату пружності полотен і послаблення контакту в замку профілю з часом [6]. Для аналізу довговічності кріплень це ключова частина: прогноз ресурсу має спиратися не лише на геометрію вузла, а й на кінетику деформацій і деградаційні процеси матеріалу.

Окрему, прикладну перспективу додають роботи про довговічність оздоблювальних систем у середовищах із підвищеним паровмістом [4]. Тут описано вплив конденсації, періодичного зволоження та теплових циклів на тривкість з'єднань, що дозволяє екстраполювати висновки на приміщення категорій кухні, басейни, виробничі цехи. Для натяжних стель це безпосередньо означає потребу в профілях з підвищеною корозійною стійкістю, у замкових формах із запасом утримувальної здатності та у виборі полотен зі стабільними розмірними характеристиками при коливаннях відносної вологості.

Мета статті полягає у системному дослідженні шляхів розвитку кріпильних систем для натяжних стель — від традиційних варіантів до сучасних авторських рішень, — з акцентом на технічні, експлуатаційні та дизайнерські аспекти. Для досягнення цієї мети передбачено завдання: проаналізувати історичні передумови появи технології, провести класифікацію кріпильних систем, визначити сильні та слабкі сторони різних підходів і окреслити перспективи подальших інновацій у цій галузі.

Виклад основного матеріалу. Сучасні натяжні стелі, які сьогодні вважають ознакою продуманого дизайну та технічної точності, мають історію, що починається задовго до появи сучасних матеріалів і технологій. Ще у часи Давнього Єгипту та античних держав для оформлення стель використовували тканину. Її натягували, щоб замаскувати нерівності перекриття і додати приміщенню ошатності. Закріплювали матеріал найпростішими способами — обв'язували мотузками, прибивали чи підв'язували до дерев'яних балок. Це не були натяжні стелі у нинішньому розумінні, проте сама ідея створення рівної поверхні з гнучкого полотна вже тоді була відома.

У середньовіччі, зокрема в країнах Середземномор'я та на Близькому Сході, поширилося використання легких тканин, просочених смолами. Такі полотна ставали жорсткішими, краще тримали форму й не так швидко псувалися від вологи. Їх підшивали до каркаса або кріпили за допомогою дерев'яних рейок і кілків. Основною метою залишалося декоративне оформлення, а не довговічність чи функціональність, тому такі конструкції служили недовго.

Справжній розвиток ця технологія отримала у XX столітті з появою нових полімерів, які могли витримувати значне натягування і не втрачали форму. У 1960–1970-х роках у Франції почали експериментувати з полівінілхлоридними плівками як стельовим покриттям. Це вимагало розробки спеціальних систем кріплення, здатних забезпечити рівний натяг по всьому периметру та швидкий монтаж. Перші такі конструкції були громіздкими і потребували від майстра високого рівня навичок. Найпоширенішим рішенням став штапиковий спосіб, коли краї полотна вставляли у паз профілю та фіксували дерев'яними чи пластиковими елементами.

Подальший розвиток технології був тісно пов'язаний із вдосконаленням матеріалів та інженерних рішень. На початку 1980-х з'явився гарпунний метод кріплення, який передбачав попереднє зварювання по периметру полотна гнучкого пластикового профілю («гарпуна»), що точно входив у замковий паз алюмінієвого або пластикового каркаса. Це дозволило досягти високої точності монтажу, знизити ризик пошкодження полотна та забезпечити можливість його демонтажу без втрати якості.

Історичний шлях розвитку натяжних стель і їхніх кріпильних систем демонструє поступовий перехід від примітивних рішень, що виконували лише декоративну функцію, до високотехнологічних систем, здатних відповідати сучасним вимогам архітектурної естетики, ергономіки та довговічності. Кожен етап цього розвитку супроводжувався не лише вдосконаленням матеріалів, але й зміною підходів до монтажу, що врешті призвело до формування сучасного різноманіття кріпильних систем — від стандартних до індивідуально розроблених, авторських рішень.

Розвиток технології натяжних стель супроводжувався появою різних способів фіксації полотна, кожен з яких має свої технічні особливості, переваги та обмеження. Класифікація кріпильних систем базується на принципі взаємодії полотна з несучим профілем, типі матеріалів, що використовуються, а також можливостях демонтажу та повторного встановлення. У сучасній практиці можна виокремити чотири основні традиційні методи: штапиковий, гарпунний, клиновий та кліпсовий [3, с.217].

Штапиковий метод є одним із найдавніших та найбільш поширених на початкових етапах розвитку технології. Його сутність полягає в тому, що краї полотна заводяться у паз профілю й фіксуються спеціальною вставкою — штапиком, виготовленим із дерева або пластику. Цей спосіб не вимагає попереднього зварювання гарпуна на полотні та дозволяє регулювати натяг під час монтажу. Водночас він має істотні недоліки: при демонтажі велика ймовірність пошкодження полотна, а якість кріплення залежить від майстерності монтажника. З естетичної точки зору штапиковий метод часто потребує додаткової маскувальної стрічки для приховування зазору між стіною та полотном.

Гарпунний метод став своєрідним стандартом для монтажу ПВХ-плівок завдяки високій точності та надійності фіксації. На виробництві по периметру полотна приварюється гнучкий ПВХ-профіль — «гарпун», який під час монтажу заводиться у паз несучого алюмінієвого або пластикового каркаса. Замкова фіксація забезпечує рівномірний розподіл зусилля по периметру та дає можливість зняти полотно без його пошкодження, що особливо важливо для об'єктів, де передбачено технічне обслуговування або заміну елементів комунікацій над стелею. Недоліком є необхідність точного вимірювання та попереднього виготовлення полотна, що обмежує можливість коригувань безпосередньо на об'єкті.

Клиновий метод, відомий також як «куликовий» або «камовий», полягає у фіксації полотна в пазу профілю за допомогою клина з дерева чи пластику. Монтаж у цьому випадку відносно простий і не вимагає попередньої обробки країв полотна. Цей спосіб особливо зручний для роботи з тканинними стелями, оскільки тканина тягнеться менше, ніж ПВХ-плівка, і потребує рівномірного поступового натягування. Разом із тим, за міцністю та герметичністю таке кріплення поступається гарпунному, особливо там, де вологість у приміщенні підвищена.

Кліпсовий спосіб з'явився як більш сучасне рішення для монтажу тканинних полотен. Він передбачає використання спеціального профілю з пружним фіксатором, який утримує край полотна одразу після вставлення в паз. Завдяки такій конструкції матеріал можна розташувати майже впритул до стіни, без утворення щілин, що створює враження суцільної поверхні. Це дає змогу обійтися без декоративних вставок, спрощує роботу монтажника та позитивно позначається на зовнішньому вигляді готової стелі [5, с. 127].

Перевагою кліпсової системи є висока швидкість монтажу, адже процес займає менше часу порівняно з штапиковим чи гарпунним кріпленням. Водночас якісний результат можливий лише за умови точного виготовлення профілю та використання матеріалів, які не втрачають пружності з часом. Якщо ж ці вимоги не дотримані, фіксація полотна може послабитися, що призведе до появи провисань або деформацій.

Якщо порівняти основні традиційні методи кріплення, стає очевидно, що кожен з них сформувався під впливом певних технічних і економічних чинників. Штапиковий та клиновий способи дають змогу регулювати натяг під час монтажу, що робить їх більш гнучкими у роботі, але вони поступаються за надійністю при повторному використанні полотна. Гарпунний метод забезпечує точну й довговічну фіксацію, проте вимагає попереднього виготовлення полотна з ідеально вивіреними розмірами. Кліпсове кріплення поєднує швидкість роботи та охайний вигляд, однак має обмеження у виборі матеріалів і потребує дотримання чіткої технології встановлення.

Ці чотири способи заклали основу для подальших інженерних пошуків. Знання їхніх сильних і слабких сторін дає змогу не лише обрати оптимальний варіант для конкретного проєкту, але й створювати нові, удосконалені системи, що відповідають сучасним вимогам до функціональності та дизайну.

Попри те, що стандартні системи залишаються популярними, вони не позбавлені недоліків. Серед основних обмежень — складність демонтажу без пошкодження полотна, чутливість до температурних і вологісних коливань, потреба у високій точності вимірювань та підготовчих робіт. Такі фактори впливають як на якість кінцевого результату, так і на довговічність стелі, що стає вирішальним аргументом на користь пошуку нових технічних рішень.

Однією з найбільш поширених проблем є обмежена можливість повторного використання полотна. У штапиковому та клиновому методах демонтаж часто призводить до деформацій або розривів по краю полотна. Матеріал у місцях контакту зі штапиком чи клином з часом втрачає пружність, що унеможливлює якісне повторне натягування без помітних дефектів. У гарпунній системі ця проблема вирішена частково, але й тут повторний монтаж вимагає збереження геометричної точності полотна, а будь-які зміни розмірів приміщення чи температурні деформації можуть призвести до необхідності виготовлення нового полотна.

Ще одним суттєвим недоліком є вимоги до точності вимірювань та підготовки. Гарпунний метод, наприклад, не допускає навіть незначних відхилень у розмірах, адже полотно зварюється по периметру відповідно до конкретних замірів. Помилка монтажника або похибка вимірювального інструменту призводить до неможливості встановлення або появи складок і провисань. У штапиковому та клиновому методах ця проблема менш критична, однак саме через можливість регулювання натягу зростає ризик нерівномірного розподілу зусилля, що позначається на естетичності поверхні.

Важливим експлуатаційним обмеженням є вплив температурно-вологісного режиму на кріпильні вузли. ПВХ-плівка втрачає еластичність при низьких температурах і надмірно розтягується при високих, що може призвести до вискакування гарпуна з профілю або послаблення штапикової фіксації. Тканинні полотна більш стабільні, але й вони піддаються впливу вологи, що особливо відчутно у приміщеннях без стабільного мікроклімату [1, с.64].

До технічних недоліків належать і візуальні дефекти, зумовлені конструкцією кріплення. У штапиковому та клиновому методах часто утворюється видимий зазор між стіною та полотном, який доводиться закривати декоративними вставками. Це додає етапів у процесі монтажу й збільшує загальну вартість робіт. Гарпунний метод забезпечує більш чистий периметр, але при неправильному виборі профілю або порушенні технології зварювання «гарпуна» можливе утворення мікрощілин, які з часом стають помітними.

Окрему групу обмежень становить чутливість до механічних пошкоджень. У разі надмірного натягу, випадкового удару чи порізу, полотно може деформуватися або втратити цілісність. Залежно від системи кріплення, ремонт у таких випадках варіюється від простого локального виправлення до повної заміни стелі.

Стандартні кріпильні системи, незважаючи на перевіреність часом, не завжди відповідають сучасним вимогам до універсальності, швидкості монтажу та адаптивності до складних умов. Ці технічні обмеження стали одним із головних чинників пошуку нових рішень і стимулювали появу авторських розробок, орієнтованих на подолання виявлених недоліків.

Поступове насичення ринку натяжних стель традиційними рішеннями та зростання вимог замовників до якості й естетики монтажу стали потужним стимулом для пошуку нових конструктивних підходів. Інноваційний розвиток кріпильних систем розпочався з удосконалення базових профілів і матеріалів, але швидко вийшов за межі стандартів, сформувавши цілу нішу авторських інженерних рішень [7, с. 119].

Одним із напрямів стало створення універсальних профілів, здатних працювати як з ПВХ-полотнами, так і з тканинними матеріалами. Такі системи дозволяють виконувати монтаж без попереднього зварювання гарпуна або використання штапика, завдяки спеціальним замковим механізмам із регульованим натягом. Це значно розширило можливості роботи в умовах нестандартної геометрії приміщення або за відсутності точних креслень, коли потрібно адаптувати полотно вже на об'єкті.

Авторські розробки також стосуються вдосконалення геометрії профілю. Наприклад, з'явилися конструкції з прихованою системою фіксації, де кріплення повністю інтегроване в стіну або стельове перекриття, що дозволяє досягти ефекту «ширяючої» стелі. Такий підхід не лише усуває потребу в декоративних вставках, але й створює можливості для комбінування натяжного полотна з гіпсокартонними або світловими елементами.

Модульні системи кріплення стали важливим етапом у розвитку технології монтажу натяжних стель. Їхня особливість у тому, що окремі елементи можна знімати чи замінювати без демонтажу всієї конструкції. Це зручно там, де потрібно мати швидкий доступ до комунікацій — наприклад, у торгових залах, виставкових приміщеннях або офісах зі складною мережею інженерних систем. Завдяки цьому ремонт чи модернізація виконуються швидко, без довгого переривання роботи закладу.

Ще один напрямок розвитку — профілі з вбудованими каналами для світлодіодних стрічок. Вони дозволяють одночасно монтувати полотно та організовувати рівномірне підсвічування по периметру чи у певних зонах. Це дає змогу відмовитися від окремих світлових конструкцій і зробити освітлення частиною самої стелі. Такі рішення економлять час монтажу та розширюють можливості оформлення інтер'єру [4, с. 32].

Серед нових підходів варто виділити й системи, призначені для швидкої установки в умовах обмеженого часу. У деяких із них полотно фіксується у профілі за один рух, без додаткових інструментів. Це значно скорочує тривалість роботи та зменшує ризик помилок, які можуть виникнути під час більш складних процесів монтажу.

Часто такі технічні рішення з'являються завдяки ініціативі невеликих виробничих майстерень або монтажників, що мають багаторічний досвід роботи. Вони створюють профілі, виходячи з реальних потреб і проблем, з якими стикаються на об'єктах. Однак поширення подібних систем іноді обмежується патентним захистом чи складністю налагодження масового виробництва. Через це такі вироби залишаються переважно у категорії індивідуальних чи преміальних замовлень, де головним критерієм є не ціна, а унікальність та якість виконання.

Інноваційні та авторські розробки у сфері кріпильних систем натяжних стель не просто усувають недоліки стандартних рішень, а формують нову якість монтажу — гнучку, адаптивну, естетично бездоганну та технологічно виправдану. Саме вони визначають нинішній етап еволюції цієї галузі та окреслюють вектор її подальшого розвитку.

Порівняння традиційних та інноваційних кріпильних систем для натяжних стель доцільно проводити за кількома ключовими критеріями: технічна надійність, швидкість і зручність монтажу, естетичний результат, експлуатаційна довговічність та економічна доцільність. Такий комплексний підхід дозволяє об'єктивно оцінити, наскільки сучасні авторські розробки дійсно перевершують перевірені часом методи, а також визначити сфери їх оптимального застосування [6, с. 211].

З точки зору технічної надійності гарпунний метод серед традиційних систем залишається безперечним лідером завдяки точності геометрії та стійкості до розтягування полотна. Проте інноваційні приховані замкові механізми, що використовуються в сучасних авторських розробках, демонструють не меншу стабільність при правильному монтажі, до того ж вони менш чутливі до локальних температурних коливань. Штапиковий і клиновий методи, хоча й прості у виконанні, поступаються за рівнем фіксації, особливо у великих приміщеннях або при складній геометрії.

У питаннях швидкості та зручності встановлення класичні системи вимагають дотримання певної послідовності операцій і доброго професійного досвіду монтажника. Особливо це стосується гарпунного методу, де необхідно точно розташувати полотно, щоб уникнути перекосів чи провисань. Нові конструкції з замками швидкої фіксації або модульними елементами дають змогу суттєво скоротити час роботи та спростити сам процес. Це має особливе значення на великих комерційних об'єктах, де графік виконання робіт часто дуже жорсткий.

З точки зору зовнішнього вигляду інноваційні рішення часто виграють завдяки прихованим вузлам кріплення та можливості встановлення полотна впритул до стіни, без утворення щілин. У таких випадках відпадає потреба у декоративних накладках по периметру, а сама поверхня виглядає цілісною. У традиційних системах, окрім деяких модифікацій гарпунного способу, зазвичай доводиться використовувати вставки для закриття проміжків між стелею та стіною, що впливає на кінцеву естетику [2, с. 95].

Щодо довговічності, то вирішальне значення має не лише матеріал полотна, а й тип кріплення. Гарпунна технологія, за умови правильного монтажу та стабільного мікроклімату в приміщенні, може зберігати натяг протягом понад десяти років. Сучасні ж системи з можливістю регулювання натягу дозволяють виправляти його без заміни полотна, що продовжує термін служби конструкції та зменшує витрати на обслуговування.

Вартісний аспект також має свою специфіку. Традиційні рішення дешевші, адже їх технологія

відпрацьована, а профілі виробляються масово. Інноваційні ж системи коштують дорожче через складність конструкції, використання спеціальних матеріалів і, нерідко, обмежене виробництво. Проте в перспективі вони можуть окупитися швидше завдяки зменшенню часу монтажу, меншій кількості ремонтів та можливості адаптації під нові завдання без заміни всього комплексу.

Можна сказати, що класичні методи залишаються затребуваними завдяки простоті, перевіреності та доступності. Водночас сучасні розробки розширюють межі того, що можна реалізувати як з технічного, так і з дизайнерського боку. Найкращі результати дає поєднання цих підходів, коли вибір способу кріплення визначається одночасно естетичними вимогами, умовами експлуатації та бюджетом конкретного проєкту.

Висновки. Дослідження еволюції кріпильних систем для натяжних стель демонструє, що розвиток цієї галузі пройшов шлях від простих механічних рішень до складних інженерних конструкцій, здатних не лише забезпечити надійну фіксацію полотна, але й значно розширити дизайнерські та функціональні можливості стелі. Традиційні методи — штапиковий, гарпунний, клиновий та кліпсовий — сформували технологічну основу, на якій будуються всі подальші інновації. Їхня роль полягає в тому, що вони перевірені часом, доступні для масового застосування і залишаються затребуваними у проєктах з обмеженим бюджетом або стандартними вимогами.

Водночас аналіз показав, що у сучасних умовах все більшого значення набувають авторські та інноваційні системи, які вирішують ті проблеми, що властиві стандартним рішенням: обмежену можливість демонтажу та повторного монтажу, потребу у додаткових декоративних елементах, тривалий час інсталяції, чутливість до геометричних похибок. Нові розробки забезпечують інтеграцію прихованого кріплення, модульність, універсальність щодо матеріалів полотна та можливість регулювання натягу, що відкриває перспективи для ще більш гнучкого і творчого підходу до оформлення стельових площин.

Перспективи розвитку кріпильних систем безпосередньо пов'язані з кількома ключовими напрямами. Перший — удосконалення конструкцій профілів шляхом використання нових композитних матеріалів, які поєднують легкість, міцність та стійкість до температурних і вологісних впливів. Другий — розробка універсальних замкових механізмів, що забезпечуватимуть однаково надійну фіксацію як для ПВХ-плівок, так і для тканинних полотен. Третій — інтеграція функціональних елементів у саму систему кріплення: світлодіодних каналів, вентиляційних решіток, акустичних модулів, що перетворює натяжну стелю з пасивного декоративного елементу на активний компонент інтер'єрної інженерії.

Важливим чинником подальшого розвитку стане також підвищення ремонтопридатності та сервісної зручності систем. Ринок тяжіє до рішень, які дозволяють швидко здійснювати частковий демонтаж без ризику пошкодження полотна, що особливо актуально для великих комерційних об'єктів та житлових просторів з розвиненою інженерною інфраструктурою.

Література

1. Бабич Є.М., Караван В.В., Бабич В.Є. Діагностика, паспортизація та відновлення будівель і інженерних споруд: підручник. Рівне : Волинські обереги, 2018. 176 с.

2. Губій М.М., Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд : навч. посіб. Полтава : Полтавський державний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2000. 147 с.

3. Карапузов Є.К., Соха В.Г., Остапченко Т.Є. матеріали і техннології в сучасному виробництві : підручник. К. : Вища освіта, 2006. 495с.

4. Осипенко О.В., Сіромолот Г.В. Підвищення довговічності конструкцій оздоблювання приміщень з паровмістким виробництвом. *Матеріали спеціалізованої 24 науковій конференції студентів магістрантів, аспірантів і викладачів Запорізького національного університету. Секція «Міське будівництво та господарство»* (13–17 грудня 2019 року, м. Запоріжжя). Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Т. 15. С. 57.

5. Остапченко Т.Є. Технологія опоряджувальних робіт : підручник. К. : Вища освіта, 2003. 384 с.

6. Рунова Р.Ф. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів. Київ : КНУБА, 2021. 354 с.

7. Технологія будівельного виробництва : навч. посіб. Ярмоленко М.Г., Терновий В.І. Бровари, 2003. 245 с.

References

1. Babych, Ye.M., Karavan, V.V., & Babych, V.Ye. (2018). *Diahnostyka, pasportyzatsiia ta vidnovlennia budivel i inzhenernykh sporud: Pidruchnyk* [Diagnostics, Certification and Restoration of Buildings and Engineering Structures: Textbook]. Rivne: Volynski Oberehy. 176 p.

2. Hubii, M.M., & Klymenko, Ye.V. (2000). *Tekhnichna ekspluatatsiia ta rekonstruktsiia budivel i sporud: Navchalnyi posibnyk* [Technical Operation and Reconstruction of Buildings and Structures: Study Guide]. Poltava: Poltava State Technical University named after Yuri Kondratyuk. 147 p.

3. Karapuzov, Ye. K., Sokha, V. H., & Ostapchenko, T. Ye. (2006). *Materialy i tekhnolohii v suchasnomu vyrobnytstvi: Pidruchnyk* [Materials and Technologies in Modern Production: Textbook]. Kyiv: Vyshcha Osvita. 495 p.

4. Osypenko, O. V., & Siromolot, H. V. (2019). Pidvyshchennia dovhovichnosti konstruktsii ozdobliuvannia prymishchen z parovmistkym vyrobnytstvom [Increasing the Durability of Finishing Structures in Premises with High Steam Content]. In *Proceedings of the 24th Specialized Scientific Conference of Master's Students, Postgraduates and Lecturers of Zaporizhzhia National University. Section "Urban Construction and Economy"* (Zaporizhzhia, December 13–17, 2019), vol. 15, p. 57. Zaporizhzhia: ZNU.

5. Ostapchenko, T. Ye. (2003). *Tekhnolohiia oporiadzhualnykh robit: Pidruchnyk* [Technology of Finishing Works: Textbook]. Kyiv: Vyshcha Osvita. 384 p.

6. Runova, R. F. (2021). *Osnovy vyrobnytstva stinovykh ta ozdobliuvalnykh materialiv* [Fundamentals of Production of Wall and Finishing Materials]. Kyiv: KNUBA. 354 p.

7. Yarmolenko, M. H., & Ternovyi, V. I. (2003). *Tekhnolohiia budivelnoho vyrobnytstva: Navchalnyi posibnyk* [Technology of Construction Production: Study Guide]. Brovary. 245 p.

УДК 336.72

Санагурський Юрій Андрійович
засновник SamHub LLC, стратег із комерційного розвитку
Sanahurskyi Yurii
Founder SamHub LLC, Commercial Development Strategist
ORCID: 0009-0009-5199-634X ґ

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11336

ТИПОВІ ПОМИЛКИ В РОБОТІ ВІДДІЛУ ПРОДАЖІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЦИКЛ УГОДИ В КОМПАНІЯХ СФЕРИ ПОСЛУГ

TYPICAL MISTAKES IN THE WORK OF THE SALES DEPARTMENT AND THEIR IMPACT ON THE DEAL CYCLE IN SERVICE COMPANIES

Анотація. *Дослідження присвячене еволюції кріпильних систем натяжних стель – від простих декоративних рішень до повноцінних інженерних конструкцій. Показано, що саме спосіб фіксації визначає надійність, швидкість і безпеку монтажу, подальше обслуговування та кінцевий візуальний результат. Окреслено ключові етапи розвитку технологій: перехід від натягування тканини на дерев'яні чи металеві рами до застосування ПВХ-плівок і спеціалізованих профільних систем. Розглянуто класичні методи – штапиковий, гарпунний, клиновий і кліпсовий – з описом умов використання, сильних сторін і типових обмежень (разовість полотна, чутливість до мікроклімату, вимогливість до вимірювань, ризик зазорів та пошкоджень).*

Окрему увагу приділено новим рішенням останніх років: універсальним профілям для різних типів полотен, прихованим системам з ефектом «безшовності», модульним вузлам для швидкого доступу до комунікацій, профілям з каналами під інтегроване освітлення та швидкозамковим механізмам, що скорочують час робіт і зменшують кількість помилок. Наведено порівняння традиційних і інноваційних підходів за критеріями надійності, довговічності, зручності монтажу, естетики та вартості. Зроблено висновок: нові системи не витісняють класичні, а розширюють набір інструментів для монтажників і проєктувальників. Перспективні напрями – композитні матеріали, універсальні замкові вузли, глибша інтеграція світла та функціональних елементів у профіль, а також підвищення ремонтопридатності й сервісної зручності.

Ключові слова: *відділ продажів, сфера послуг, цикл угоди, клієнтські потреби, комунікація, заперечення, адміністративне перевантаження, лояльність, конкурентоспроможність, довіра.*

Summary. *The study is devoted to the evolution of fastening systems for stretch ceilings – from simple decorative solutions to full-fledged engineering structures. It is shown that it is the method of fastening that determines the reliability, speed, and safety of installation, further maintenance, and the final visual result. The key stages in the development of technologies are outlined: the transition from stretching fabric on wooden or metal frames to the use of PVC films and specialized profile systems. Classic methods are considered – glazing bead, harpoon, wedge, and clip – with a description of the conditions of use, strengths, and typical limitations (single-use fabric, sensitivity to microclimate, demanding measurements, risk of gaps and damage).*

Special attention is paid to new solutions in recent years: universal profiles for different types of fabrics, hidden systems with a "seamless" effect, modular nodes for quick access to communications, profiles with channels for integrated lighting, and quick-lock mechanisms that reduce work time and errors. A comparison of traditional and innovative approaches is provided based on criteria such as reliability, durability, ease of installation, aesthetics, and cost. The conclusion is that new systems do not replace classic ones, but expand the set of tools available to installers and designers. Promising areas include composite materials, universal locking units, deeper integration of lighting and functional elements into the profile, as well as improved maintainability and serviceability.

Key words: *sales department, service sector, deal cycle, customer needs, communication, objections, administrative overload, loyalty, competitiveness, trust.*

Постановка проблеми. Сервіс — це не про «товар на полиці». Клієнт платить і за результат, і за шлях до нього: як з ним говорять, що пояснюють, як швидко реагують. Тому відділ продажів — не «технічний посередник», а перша точка контакту, яка задає тон стосункам і будує (або руйнує) довіру з перших хвилин.

Помилки найчастіше з'являються на старті. Менеджер поспішає з комерційною пропозицією, не розібравшись у задачі; показує «універсальну» презентацію замість живого рішення; говорить загальними фразами, уникає конкретики щодо строків, ціни й відповідальних. Далі — тиша між етапами, довгі погодження договору, слабка робота із запереченнями, відсутність зрозумілого «що далі?». У підсумку процес розтягується, клієнт охолоджується, угода зривається. Компанія втрачає гроші й, що гірше, довіру.

У нематеріальних послугах ризик ще вищий: продукт не можна «помацати», його оцінюють за якістю комунікації та сервісу. Один невчасний лист, невдалий тон розмови чи відсутність підтримки після оплати — і вся попередня робота знецінюється. Втрата одного клієнта — це неприємно, але негативний досвід, яким поділилися публічно, б'є по репутації сильніше й надовго. Тут дрібниць немає: чіткість, увага і відповідальність на кожному кроці вирішують усе.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд сучасних праць із маркетингу товарів і послуг показує широкий діапазон підходів — від теорії до прикладних кейсів. У фокусі найчастіше: поведінка споживачів, ціноутворення, збут і роль маркетингу в посиленні конкурентоспроможності бізнесу. Дослідники працюють не із загальними моделями, а з конкретними ситуаціями ринку, що дає практичний ефект для компаній різного масштабу.

Окремий пласт напрацювань стосується роботи з уразливими групами. Т. Борисова та Ю. Процишин описують потреби жінок і дівчат, які через війну стали ВПО, і показують, як ці потреби перетворюються на реальний попит та змінюють інструменти комунікації [1]. У їхньому дослідженні про публічне управління маркетинг подано як практичний спосіб вибудувати діалог державних інституцій із громадянами з урахуванням гендерної оптики [11]. Подібну логіку маємо й у роботах про місцеве самоврядування: сталість і якість комунікації безпосередньо формують репутацію надавачів публічних послуг [12].

На галузевому рівні вирізняються праці про інноваційні ринки. Дослідження Н. Іванечка, Т. Борисової та Г. Монастирського щодо покупців електромобілів в Україні доводить: універсальних схем немає, маркетинг доводиться «підганяти» під конкретні соціальні групи й регіональні контексти [13].

Збут і сервіс — у центрі уваги багатьох авторів. Н. Іванечко та М. Оконський показують, що у сфері послуг керування продажами працює лише тоді, коли класичні моделі поєднані з цифровими інструментами: швидка комунікація і чутливість до попиту тут критичні [2]. Ю. Продіус наголошує: системна маркетингова стратегія — це «хребет» конкурентоспроможності й стійких позицій на ринку [7].

Опорні теоретичні рішення дають монографії та узагальнювальні студії. Н. Карпенко розкриває зв'язок між стратегією і тактикою маркетингового управління та окреслює сучасні напрями розвитку підприємств [3]. О. Кузик розглядає маркетинг послуг через призму довготривалих відносин із клієнтами та комплексних технологій взаємодії [5]. М. Окландер і О. Чукурна детально працюють із ціноутворенням — одним із найскладніших блоків стратегії, де потрібен тонкий баланс інтересів бізнесу й споживача [6].

В освітньо-методичному полі вирізняється посібник О. Прокопенка та М. Трояна: автори показують, як психологія споживача лягає в основу управлінських рішень і як це знання застосувати в повсякденній роботі маркетолога [8]. Такі матеріали корисні і для підготовки студентів, і для підвищення кваліфікації практиків.

Метою статті є виявлення та систематизація типових помилок, що виникають у роботі відділів продажів компаній сфери послуг, а також визначення їхнього впливу на тривалість і результативність циклу угоди. Особливу увагу зосереджено на аналізі чинників, які перешкоджають ефективній взаємодії з клієнтами, та окресленні практичних шляхів удосконалення процесу продажів задля підвищення конкурентоспроможності й стійкого розвитку підприємств.

Виклад основного матеріалу. У послугах люди не купують «коробку». Вони обирають команду і рівень довіри. Тому все починається з першого дотику: як відповіли, чи поставили правильні запитання, чи пояснили простими словами, що і коли відбудеться. Саме тут вирішується, чи захоче клієнт рухатися далі.

Клієнт постійно зважує дрібниці. Запізнився лист із відповіддю — мінус. Шаблонна презентація замість розмови по суті — мінус. Менеджер слухає уважно, підсумовує домовленості, надсилає короткий план наступних кроків — великий плюс. Тон, швидкість реакції, готовність пояснювати без «води» — це й є ваш «продукт», коли продукт нематеріальний.

Темп ухвалення рішень у різних сервісах не однаковий. Освітній курс, подорож, юридична чи консалтингова послуга — зазвичай це кілька бесід, уточнення деталей, пауза на роздуми. Ресторан, івент, розваги — рішення часто спонтанне. Але й там перемагає сервіс: чи було зручно записатися, чи чемно спілкувалися, чи не загубили звернення.

Класичні етапи — запит, перший контакт, пропозиція, заперечення, угода, супровід — у житті рідко йдуть рівною лінією. Люди повертаються до попередніх питань, змінюють вимоги, просять приклади.

Нормально. Завдання команди — тримати ритм: чесно говорити про обмеження, фіксувати домовленості, призначити одного відповідального та щоразу завершувати комунікацію чітким «далі робимо ось це, до такої дати».

Сервіс — це про ставлення. Там, де є увага до деталей, людський тон і відповідальність за результат, угоди не тільки закриваються, а й повертаються у вигляді повторних замовлень і рекомендацій. Жодна знижка не перекриє цього ефекту.

У послугах людина не бере «готову річ» з полиці — вона обирає результат і ставлення. Найпоширеніший збій тут починається з поверхневих запитань. Менеджер чує ключове слово й одразу дістає стандартну пропозицію. Розмова виходить безбарвною, без прив'язки до конкретної ситуації, і клієнт губиться: чи зрозуміли мене взагалі? [7]

Проблему підсилює робота «за скриптом». Одна й та сама презентація летить усім підряд, незалежно від контексту. Людина чекає аналізу її задачі та рішення під умови ринку, а отримує каталог опцій. Після такого важко вірити, що компанія зануриться глибше, а не поставить ще одну «галочку».

Важливо пам'ятати: одна й та сама послуга має різну мотивацію. Комусь англійська потрібна для кар'єрного стрибка, комусь — для переїзду, комусь — «закрити» давню мрію. Якщо не почути цей мотив, слова про «якість» і «досвід» звучать порожньо. Діалог перетворюється на сухий перелік фактів, і цінність зникає.

Сьогодні клієнт приходить підготовленим: він уже читав відгуки, звіряв умови, сформував очікування. Тому загальні фрази, невпевнений тон чи затримка з відповіддю миттєво «списують» компанію. У вирішальний момент грає не стільки ціна, скільки ясність і конкретика: чому саме ми, як саме зробимо, хто відповідає і в які строки. Коли це сказано прямо й по суті, довіра з'являється — і рішення приймається швидше.

Затримки з рішенням зазвичай з'являються не через «настрій» клієнта, а тому, що з першої розмови йому не поставили потрібних запитань і не пояснили все по-людськи. Доводиться повертатися до дрібниць, перепитувати, ловити впевненість у голосі менеджера — інтерес холоне з кожним колом. Найбільше це б'є там, де вирішує довіра: лікування, навчання, подорожі. Тут важливі не тільки умови договору, а відчуття безпеки й коректне ставлення.

Продаж послуги — не про натиск. Це про уважність: слухати, уточнювати, говорити просто, без прикрас, чесно називати обмеження і пропонувати реальні варіанти. Коли є ясні відповіді, короткий план дій і зрозуміла відповідальна особа, рішення приходить швидше. Жодна заготовка чи знижка цього не замінить [12, с. 211].

Продаж починається з простого: зрозуміти, навіщо клієнт прийшов і чого він насправді хоче. Якщо цього не зробити, навіть сильна команда скочується до штампів: загальні слова, здогадки замість аналізу, шаблонна пропозиція, у якій клієнт себе не впізнає. Тоді перемовини тягнуться, а інколи й зовсім зриваються.

Це не провина однієї людини — це збій у підході. Коли потреби з'ясовують поспіхом, падають результати й страждає репутація. Рішення — інші робочі звички: уважно слухати, ставити точні запитання, підсумовувати почуте («правильно розумію, що…»), перевіряти деталі й по-справжньому розбиратися в задачі, а не «відпрацьовувати» звернення. За такого підходу рішення ухвалюють швидше, а довіра тримається довше.

Менеджер із продажу насамперед має чути людину. Розмова починається не з презентації, а з кількох точних запитань: що саме болить, які обмеження в часі й бюджеті, який результат вважає успіхом. Коли рішення спирається на факт, а не на здогади, воно автоматично стає точним і переконливим. Тоді продаж — це не тиск, а нормальна відповідь на запит.

Типова помилка — «прочитати» клієнту стандартний опис послуги. Перелік функцій рідко зачіпає. У послугах купують не набір опцій, а стан: спокій, впевненість, зручність, вирішену проблему. Якщо це не проговорити, навіть зацікавлена людина легко охолоне.

Презентація має пояснювати сенс, а не просто факти. Замість «у пакеті є A, B, C» краще сказати: «за два тижні ми запустимо X; ваші ризики — ось такі; що робимо, якщо з'являться зміни — ось план». Прості слова, чіткі кроки, одна відповідальна особа й конкретні строки — це створює відчуття контролю і безпеки.

Ще один промах — говорити про себе більше, ніж про задачу клієнта. «10 років на ринку», «1000 проєктів» — це має сенс лише тоді, коли прямо показує користь. Наприклад: «цей курс допоможе вам закрити прогалину в Y і перейти на позицію Z» важить більше, ніж будь-яка колекція нагород [3, с. 184].

Підсумок простий: хороший продаж у сервісах — це уважність, чесна розмова й індивідуальне формулювання результату. Слухаємо, уточнюємо, перекладаємо запит у зрозумілий план дій і підтверджуємо, як саме клієнт відчує зміни. Саме це будує довіру й приводить до угоди — не скрипти і не знижки.

Емоція у презентації важить не менше за факти. Рішення люди приймають не тільки головою: їм потрібні довіра, симпатія, відчуття безпеки. Тому байдужий голос, монотонний темп чи ігнорування реакцій співрозмовника здатні зіпсувати навіть ідеально підготовлену пропозицію. У послугах, де все тримається на взаємодії людей, така дрібниця легко коштує втраченого клієнта й гіркого відгуку.

Показати компанію — це не про перелік «переваг» і не про фото сертифікатів. Суть інша: простою мовою пояснити, як саме наша послуга полегшить конкретну ситуацію цієї людини. Не «відчитати»

текст, а говорити її словами, ставити доречні запитання, чути відповіді й підсвітити, що пропозиція зібрана під її умови. Тоді з'являється діалог — і дистанція між першим знайомством та підписом помітно скорочується.

Коли замість живої розмови виходить формальність, проблеми починаються одразу. У послугах шлях довгий: зустріч, уточнення, погодження, супровід після угоди. Якщо на старті клієнт бачить шаблон і холодний тон, у нього вмикаються сумніви. Перемовини розтягуються, з'являються «додаткові» дзвінки та листи, процес буксує. А навіть після підписання осад недовіри зменшує шанси на повторне звернення.

Корінь біди часто в організації комунікації. Заради зручності контролю компанії уніфікують спілкування: заготовки, сценарії, однакові формулювання. Це може працювати в довідці, але не там, де кожен чекає уваги до своїх обставин. У результаті менеджер виглядає не партнером, а людиною, що «проганяє програму». Сьогодні ж цінують інше: персоналізацію, уважність, гнучкість і відповідальність за кожне слово. Саме це і робить презентацію переконливою [13, с.112].

Помилки у спілкуванні в сервісному бізнесі мають «довгий хвіст». Тут усе тримається на довірі, а вона не з'являється від сухих фактів і шаблонних промов. Якщо в розмові немає живого інтересу й нормального діалогу, клієнти відходять, а разом із ними — репутація надійного партнера. Вихід простий: у відділі продажів має бути культура людського спілкування. Не набір однакових інструкцій, а інструменти, що дозволяють підлаштовуватися під конкретну ситуацію: чіткі запитання для з'ясування потреб, межі обіцянок, приклади рішень, зрозумілий план дій. Презентація має звучати як відверта розмова, у якій видно: у центрі — задача клієнта.

Окремо — про сумніви та заперечення. У послугах це переломний момент. Товар можна помацати, послугу — ні; люди оцінюють очікуваний результат і власні ризики. Тому коливання тут емоційніші: спогад про невдалий досвід, недовіра до «обіцянок без гарантій», страх не отримати ефект.

Поширена помилка — сприймати заперечення як відмову або як «удар» по компетентності. Звідси дві реакції: натискати аргументами, щоб «додавити», або тікати в тему, що зручніша. І те, й інше підриває довіру: тиск виглядає як маніпуляція, ухиляння — як слабка позиція.

Заперечення — це не «ні», а знак, що людині справді важливо й вона хоче розібратися. Діємо просто: подякувати за питання, своїми словами повторити, що саме турбує, дати відповідь по суті з фактом чи коротким прикладом, домовитися про наступний крок і дедлайн, назвати відповідального.

Є обмеження або ризики — говоримо відверто й одразу пропонуємо інший варіант. Такий хід знімає напругу і повертає клієнтові відчуття контролю над ситуацією.

Довіра будується на тоні, ясності та відповідальності. Коли менеджер реально слухає, говорить по суті й показує, як рішення торкнеться саме цієї ситуації, переговори йдуть швидше, а клієнти повертаються. Скрипти та знижки цього не замінять [1, с. 83].

У послугах заперечення бувають різні: «чому так коштує?», «встигнете до дати?», «хто це робитиме?», «які гарантії?». Це нормально: люди вкладають гроші у результат, якого ще не видно. Завдання менеджера — не доводити «ми безпомилкові», а розкласти все по поличках: як рахували ціну, які етапи й контрольні точки, хто відповідає за кожен крок, що робимо, якщо щось піде не так, які проєкти вже виконували й чим вони закінчились. Плюс — чесні умови підтримки після завершення робіт.

Коли відповіді розмиті — «потім уточнимо», «то не проблема» — довіра просідає. Клієнт дивиться до конкурентів або відкладає рішення. Перемовини тягнуться, з'являються зайві кола листування. Навіть якщо договір підписано, лишається осад, і люди не поспішають повертатись чи радити вас іншим.

Те, як ви працюєте із сумнівами, формує про вас думку не гірше за саму послугу. У сервісах сарафанне радіо вирішує. Одна зверхня репліка чи холодна відповідь — і вчорашній клієнт стає голосним критиком. Наздоганяти такий негатив важко.

Тому заперечення — це не «промах окремого менеджера», а тема для всієї команди. Шаблони корисні лише на старті. Далі потрібна жива робота: уважно слухати, ставити точні запитання, коротко переповісти почуте («правильно розумію, що…»), дати відповідь фактами й прикладами, відверто окреслити межі й альтернативи. Кожен блок розмови завершувати конкретним «що робимо далі» і датою.

Такий підхід стискає цикл угоди: менше повернень «на початок», більше повторних звернень і рекомендацій. Основа — відчутна для клієнта ясність і відповідальність.

Є ще одна причина збоїв — паперова рутина. Звіти, договори, погодження, внесення даних у системи з'їдають години, які мали піти на розмови. Наслідок — повільні відповіді й відчуття «з ними довго». Частину задач варто віддати бек-офісу чи автоматизувати, а менеджеру повернути головне — будувати стосунки й доводити угоди до підпису [9, с.72].

У послугах затримки б'ють найболючіше. Підпис під договором — це ще не фініш. Часто після нього починаються «дрібниці», які тягнуться тижнями: уточнення пунктів, індивідуальні умови, коло погоджень із юристами. Якщо всередині компанії немає чіткої взаємодії, кожен крок перетворюється на бар'єр. Звичайний рахунок «висить у черзі» по кілька днів, просте питання кочує між відділами. Для клієнта це виглядає як безлад і ставить під сумнів здатність виконати роботу в строк.

Страждає і відділ продажів. Замість живих розмов і розвитку контактів — звіти, шаблони,

узгодження, заповнення систем. Багато з цього можна віддати бек-офісу або автоматизувати, але цього не роблять. У результаті люди витрачають сили не на те, що приводить угоди, вигорають і втрачають мотивацію.

Бюрократія розтягує цикл продажу. Там, де процес мав би рухатися швидко, з'являються паузи, які клієнт читає як байдужість. Сьогодні кілька днів тиші — це мінус одна угода: той, хто відповів першим і чітко, забирає контракт. Отже, «затримали лист» = «втратили гроші».

Ще одна болюча точка — розірваність між відділами. Менеджер сам іде до бухгалтерії, потім до юристів, потім до техпідтримки. Будь-яка дрібниця може зупинити рух на тиждень. У сервісах, де вирішують швидкість і гнучкість, це критично й одразу б'є по репутації [10, с.364].

Є й стратегічна ціна. Коли день минає в паперах, не лишається часу на аналітику, роботу з ключовими клієнтами, пошук нових напрямів. Компанія ніби тримає рівень, але поступово програє там, де потрібні ініціатива й персональний підхід. Без наведення ладу всередині — швидких маршрутів погоджень, автоматизації рутини, чітких ролей і дедлайнів — сервіс не буде виглядати надійним, навіть якщо команда професійна.

Коли менеджер замість розмов із людьми зранку до вечора ганяє папери — рахунки, акти, нескінченні погодження — угоди гальмують. Сили йдуть не на роботу з потребами клієнта, а на формальності. Звідси — затримки у відповідях, «завислі» листи, нервові паузи між етапами. Людина на тому кінці бачить неуважність і починає сумніватися, чи витримаєте ви строки. Рішення просте на рівні здорового глузду: забрати рутину в бек-офіс, автоматизувати типові документи, дати продавцеві зрозумілий маршрут погоджень і чіткі дедлайни. Фокус має бути на стосунках і прозорих кроках, а не на бюрократії заради бюрократії.

Друга болюча точка — «забутий» післяпродажний етап. Багато компаній женуться за новими лідами й майже не доглядають тих, хто вже купив. У підсумку зростає вартість залучення, цикл продажу розтягується, лояльність стоїть на місці. Натомість регулярний контакт після угоди — короткий звіт про результат, перевірка задоволеності, швидка допомога за потреби — працює краще за будь-яку знижку й рекламу.

У послугах продається не лише результат, а й увесь досвід співпраці. Якщо клієнт відчуває увагу до деталей, людський тон і готовність підтримати навіть після закриття проєкту, він повертається і радить вас іншим. Це і є репутаційний капітал. Якщо ж тиша настає одразу після підпису, сигнал простий: «цікавили лише гроші». Повторних замовлень чекати важко, а негативний відгук — питання часу.

Післяпродажний етап має бути частиною угоди за замовчуванням. Це не «подзвонили — спитали, чи все гаразд», а продумана програма: супровід, короткі консультації, профілактичні перевірки, доречні додаткові рішення. Такий підхід зміцнює довіру, зменшує витрати на залучення нових людей і закладає основу для стабільного зростання [4, с.107].

Коли системи утримання клієнтів немає, це одразу б'є по гаманцю й темпах розвитку. Кожен продаж стартує «з нуля»: більше реклами, більше пояснень, довші перемовини. Натомість повторні угоди проходять швидше й легше — очікування вже узгоджені, а компанія сприймається як надійний партнер.

Є й ще одна втрата — супутні замовлення. Той, хто вже скористався послугою, часто потребує суміжного сервісу: технічного догляду, навчання, консультацій. Якщо зв'язок після першої угоди обривається, ці звернення забирають конкуренти. Компанія недоотримує дохід і втрачає додаткові точки довіри на ринку.

Наслідки тут стратегічні. Поступово ростуть витрати на маркетинг, перемовини стають важчими, повторні продажі рідшають, довіра слабшає. У сервісному бізнесі, де вирішують репутація й відчуття надійності, ігнорувати лояльність — значить відмовлятися від головної переваги. Системна робота з клієнтом після угоди стискає цикл наступних продажів, знижує витрати і дає міцний фундамент для розвитку.

У сервісному бізнесі збої у продажах — не випадковість, а наслідок системи. Вони б'ють по базових метриках і формують образ компанії ще до підпису договору. Найчастіше «провисає» швидкість: відповідь приходить із запізненням, інформація неповна, тон — формальний. Клієнт робить простий висновок: тут повільно й ненадійно. І переходить до того, хто працює швидше й уважніше.

Другий удар — гроші на залучення. Реклама, контент, перші консультації, час команди — усе це згорає, якщо угода зривається через необачність менеджера чи довгі погодження. У послугах, де попит вибудовується дорого й довго, кожен такий зрив — відчутна втрата маржі.

Далі — репутація. Про досвід у сервісах охоче розповідають: на майданчиках відгуків, у соцмережах, у закритих чатах. Негатив розлітається швидше за подяки. Іноді одного невдалого кейсу достатньо, щоб наступні перемовини стартували з недовіри, а вартість залучення зросла.

Особливо чутливі до цього корпоративні замовники. Вони купують не лише послугу, а й керованість процесу: чіткі строки, узгоджені повідомлення, передбачувані ризики. Будь-яка пауза чи суперечливий лист для них — червоний прапорець. Втрата такого партнера — це не разовий мінус, а просідання стабільного грошового потоку [6, с.162].

Є й внутрішня ціна помилок. Коли продавці завалені дрібницями, гасінням конфліктів і переробкою чужих огріхів, зникає енергія і ініціатива. З'являється апатія, зростає ризик вигорання, сервіс «сиплеться», помилки повторюються частіше.

Атмосфера змінюється: замість фокусу на клієнті — формалізм і перекладання відповідальності.

У довшій перспективі це гальмує розвиток. Ресурси йдуть на латання дірок, а не на нові продукти, модернізацію чи вихід на інші ринки. Компанія поступово програє тим, у кого процеси зібрані. Тож помилки у відділі продажів — не «внутрішня дрібниця», а фактор, який визначає місце бізнесу серед конкурентів.

Висновки та рекомендації. У сервісному бізнесі відділ продажів щодня має справу з речами, які або прискорюють угоду, або зривають її. Помилки рідко трапляються поодинці: поверхневе слухання тягне за собою «не в тему» пропозицію, суха презентація — втрату довіри, слабка робота із запитаннями клієнта — паузи й відкладені рішення. Додається ще й тиша після підпису — і маємо зірвані строки, зайві витрати та втрачені можливості.

Люди приходять не тільки по «ціну й термін». Вони хочуть уваги, ясних пояснень і відчуття, що про них подбають. Одна незручна відповідь або шаблонний лист легко перекреслюють тижні підготовки — поганий досвід розлітається швидше за добрі новини.

Що працює. На старті — кілька точних запитань: навіщо це потрібно, які обмеження, що буде успіхом. Замість універсального пакета — 2–3 варіанти з плюсами, ризиками і строками. Сумнів — не відмова, а запрошення пояснити: коротко перефразувати проблему, дати приклади з практики, назвати відповідального і наступний крок «до такої-то дати».

Рутину — з дороги. Якщо продавець сидить у звітах і погодженнях, телефон мовчить. Документи автоматизувати, типові задачі віддати бек-офісу, у CRM зафіксувати чіткі правила відповіді та маршрут погоджень. Менеджер має говорити з людьми, а не з таблицями.

Після угоди — не зникати. Короткий чек-ін, корисні підказки, швидка допомога, доречні додаткові рішення. Так з'являються повторні замовлення й рекомендації — найкраща «реклама» у послугах.

Успіх тут вимірюється не кількістю підписів, а якістю розмов: прозорість, швидка реакція, зрозумілий план дій і відчуття турботи. Компанія, яка чесно бачить свої збої й послідовно їх прибирає, виграє дистанцію — без гучних слоганів і зайвих обіцянок.

Література

1. Борисова Т. М., Процишин Ю. Т. Маркетингове дослідження потреб жінок та дівчат — внутрішньо переміщених осіб. *Галицький економічний вісник.* 2023. Т. 80, № 1. С. 76–85. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/40938/2/GEB_2023v80n1_Borysova_T-Marketing_research_of_female_76–85.pdf (дата звернення: 1.10.2023).

2. Іванечко Н., Оконський М. Управління продажами у сфері послуг. *Галицький економічний вісник.* 2023. Т. 85, № 6. С. 158–162.

3. Карпенко Н. В. Маркетингова діяльність підприємств: сучасний зміст: монографія. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 252 с.

4. Котлер Ф. Маркетинг від А до Я. 80 концепцій, які варто знати кожному менеджеру / пер. з англ. Олексій Сіпігін. Київ: Альпіна Паблішер, 2021. 251 с.

5. Кузик О. В. Маркетинг послуг: технології та стратегії : навч. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 337 с.

6. Окландер М. А., Чукурна О. П. Маркетингова цінова політика : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 283 с.

7. Продіус Ю. І. Вплив маркетингової діяльності на конкурентоспроможність підприємства. *ΛΌΓΟΣ. Мистецтво наукової думки.* 2019. № 4. URL: https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/download/194/177 (дата звернення: 18.11.2023).

8. Прокопенко О. В., Троян М. Ю. Поведінка споживачів : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 176 с.

9. Світвуд А. Маркетингова аналітика. Як підкріпити інтуїцію даними / пер. з англ. Олександра Асташова. Київ : Наш формат, 2019. 150 с.

10. Котлер Ф., Армстронг А. Основи маркетингу. Київ : Науковий світ, 2023. 880 с.

11. Borysova T., Monastyrskyi G., Okrepkyi R., Halko L. Marketing research of gender policy in the system of public administration of the region. *Galician Economic Bulletin*. 2022. Vol. 78–79, No. 5–6. P. 120–129.

12. Borysova T., Monastyrskyi G., Okrepkyi R., Halko L. Marketing communication policy of local authorities as a tool for forming the image of municipal service providers. *Financial and Credit Activity-Problems of Theory and Practice*. 2022. P. 306–315. DOI: https://doi.org/10.55643/FCAPTP.2.43.2022.3614.

13. Ivanechko N., Borysova T., Monastyrskyi G. Research of customer buying behavior on the Ukrainian electromobile market. *Financial and Credit Activity-Problems of Theory and Practice*. 2020. No. 4 (35). P. 507–513. DOI: https://doi.org/10.18371/fcaptp.v4i35.222527.

References

1. Borysova, T. M., & Protsyshyn, Yu. T. (2023). Marketynhove doslidzhennia potreb zhinok ta divchat — vnutrishnio peremishchenykh osib [Marketing research of the needs of women and girls — internally displaced persons]. *Halytskyi*

Ekonomichnyi Visnyk [*Galician Economic Bulletin*], 80(1), 76–85. https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/40938/2/GEB_2023v80n1_Borysova_T-Marketing_research_of_female_76–85.pdf

2. Ivanechko, N., & Okonskyi, M. (2023). Upravlinnia prodazhamy u sferi posluh [Sales management in the service sector]. *Halytskyi Ekonomichnyi Visnyk* [*Galician Economic Bulletin*], 85(6), 158–162.

3. Karpenko, N.V. (2016). *Marketynhova diialnist pidpryiemstv: suchasnyi zmist* [Marketing activities of enterprises: Current content]. Tsentr uchbovoi literatury.

4. Kotler, P. (2021). *Marketynh vid A do Ya: 80 kontseptsii, yaki varto znaty kozhnomu menedzheru* [Marketing from A to Z: 80 concepts every manager needs to know] (O. Sipīhin, Trans.). Alpina Publisher.

5. Kuzyk, O.V. (2020). *Marketynh posluh: tekhnolohii ta stratehii* [Services marketing: Technologies and strategies]. Ivan Franko National University of Lviv.

6. Oklander, M.A., & Chukurna, O.P. (2020). *Marketynhova tsinova polityka* [Marketing price policy]. Tsentr uchbovoi literatury.

7. Prodius, Yu.I. (2019). Vplyv marketynhovoi diialnosti na konkurentospromozhnist pidpryiemstva [Influence of marketing activities on enterprise competitiveness]. *LOGOS: Mystetstvo naukovoi dumky* [*LOGOS: Art of Scientific Thought*], (4). https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/download/194/177

8. Prokopenko, O.V., & Troian, M.Yu. (2019). *Povedinka spozhyvachiv* [Consumer behavior]. Tsentr uchbovoi literatury.

9. Sweetwood, A. (2019). *Marketynhova analityka: Yak pidkripyty intuitsiiu danymy* [Marketing analytics: How to support intuition with data] (O. Astashova, Trans.). Nash Format.

10. Kotler, P., & Armstrong, G. (2023). *Osnovy marketynhu* [Principles of marketing]. Naukovyi Svit.

11. Borysova, T., Monastyrskyi, G., Okrepkyi, R., & Halko, L. (2022). Marketing research of gender policy in the system of public administration of the region. *Galician Economic Bulletin*, 78–79(5–6), 120–129.

12. Borysova, T., Monastyrskyi, G., Okrepkyi, R., & Halko, L. (2022). Marketing communication policy of local authorities as a tool for forming the image of municipal service providers. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 2(43), 306–315. https://doi.org/10.55643/FCAPTP.2.43.2022.3614

13. Ivanechko, N., Borysova, T., & Monastyrskyi, G. (2020). Research of customer buying behavior on the Ukrainian electromobile market. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 4(35), 507–513. https://doi.org/10.18371/fcaptp.v4i35.222527

УДК 338.48:911.3

Худоба Тарас Володимирович
аспірант кафедри туризму
Львівського державного університету фізичної культури імені Івана Боберського
Khudoba Taras
PhD Student of the Tourism Department
Ivan Boberskyi Lviv State University of Physical Culture
ORCID: 0009-0009-3254-0283

Кучер Павло Вікторович
кандидат географічних наук, доцент
Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського
Kucher Pavlo
PhD in Geography, Associate Professor
Ivan Boberskyi Lviv State University of Physical Culture
ORCID: 0000-0001-9164-3180

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11301

РЕКРЕАЦІЙНО-ТУРИСТИЧНЕ РАЙОНУВАННЯ РЕГІОНУ: ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ТА ПІДХОДИ

RECREATIONAL AND TOURIST ZONING OF THE REGION: BASIC PRINCIPLES AND APPROACHES

Анотація. *У статті висвітлено основні принципи та підходи рекреаційно-туристичного районування регіону як інструменту ефективного територіального планування та управління туристично-рекреаційною сферою. Розглядається взаємозв'язок природних, соціально-економічних та культурних чинників, що забезпечує комплексний підхід до оцінки туристично-рекреаційного потенціалу. Як показують дослідження, районування дозволяє оптимально використовувати ресурси території, планувати туристичну інфраструктуру та формувати стратегії сталого розвитку туризму.*

Представлений у статті SWOT-аналіз показує сильні та слабкі сторони, а також можливості і загрози рекреаційно-туристичного районування. Сильними сторонами є системний підхід, комплексна оцінка потенціалу та сприяння сталому розвитку. Слабкі сторони включають складність збору та обробки даних, значні витрати часу та ресурсів. Можливості пов'язані із застосуванням сучасних ГІС, розробкою сталих стратегій та підвищенням привабливості регіону для туристів і інвесторів. Серед загроз – регуляторна невизначеність, неконтрольоване туристичне навантаження, обмежене фінансування та недостатня координація між зацікавленими сторонами.

Таким чином, дослідження показує ефективність рекреаційно-туристичного районування як інструменту планування та управління туристичною сферою, підкреслюючи важливість комплексного підходу та врахування зовнішніх ризиків для сталого розвитку регіонів.

Ключові слова: *рекреаційно-туристичне районування, туристичний потенціал, комплексний підхід, сталий розвиток туризму, територіальне планування.*

Summary. *The article is devoted to the basic principles and approaches of recreational and tourist zoning of the region as a tool for effective territorial planning and management of the tourist and recreational sphere. The interrelation of natural, socio-economic and cultural factors is considered, which provides a comprehensive approach to assessing the tourist and recreational potential. It is shown that zoning allows for optimal use of the resources of the territory, planning tourist infrastructure and forming strategies for sustainable tourism development.*

The SWOT analysis presented in the article shows the strengths and weaknesses, as well as the opportunities and threats of recreational and tourist zoning. The strengths are a systematic approach, a comprehensive assessment of potential and

promotion of sustainable development. The weaknesses include the complexity of data collection and processing, significant time and resource costs. The opportunities are associated with the use of modern GIS, the development of sustainable strategies and increasing the attractiveness of the region for tourists and investors. Among the threats are regulatory uncertainty, uncontrolled tourist load, limited funding and insufficient coordination between stakeholders

Thus, the study demonstrates the effectiveness of recreational and tourist zoning as a tool for planning and managing the tourism sector, emphasizing the importance of an integrated approach and taking into account external risks for the sustainable development of regions.

Key words: *recreational and tourist zoning, tourism potential, comprehensive approach, sustainable tourism development, territorial planning.*

Постановка проблеми. Рекреаційно-туристична сфера є важливим чинником розвитку економіки, збереження культурної спадщини та підвищення якості життя населення. Туристичний сектор сприяє збільшенню доходів до місцевого бюджету, створює нові робочі місця стимулюючи розвиток інших суміжних галузей, зокрема сфери гостинності, транспортної галузі тощо. Туризм сприяє залученню інвестицій та розвитку місцевої економіки покращуючи рівень життя населення. Рекреаційно-туристична сфера також підтримує стале використання природних ресурсів, що є важливим для довгострокового регіонального розвитку.

Однак ефективне використання туристичних ресурсів вимагає системного підходу до організації території та управління ресурсами. Таким чином важливого значення набуває туристичне і рекреаційне районування, яке дозволяє чітко визначити функціональні зони, оцінити їхні можливості та пріоритети розвитку, а також забезпечити раціональне планування інфраструктури і регулювання туристичних потоків. Такий підхід сприяє оптимальному використанню ресурсів, збереженню екологічної рівноваги та формуванню збалансованої системи рекреаційно-туристичних послуг [8].

Районування дозволяє поділити територію регіону на функціональні та рекреаційно-туристичні зони відповідно до наявності природних, культурних і соціально-економічних ресурсів. Це спрощує оцінку туристичного потенціалу, виявлення пріоритетних напрямів розвитку та планування інфраструктури. Завдяки чіткому виділенню меж районів можна ефективно розподіляти ресурси, управляти туристичними потоками та мінімізувати навантаження на навколишнє середовище. Крім того, районування сприяє формуванню цільових стратегій маркетингу та розвитку окремих туристичних продуктів. Такий підхід підвищує економічну ефективність та соціальну користь туристичної діяльності регіону [6; 10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематику рекреаційно-туристичного районування регіону досліджували як українські, так і зарубіжні науковці. Серед українських дослідників важливий внесок зробили О. Бейдик [1], М. Крачило [3], М. Стецько [7], та В. Мацола [6], М. Бойко [2], П. Кучер [4], які розробляли підходи й методи оцінки рекреаційного потенціалу та принципи районування територій. Серед зарубіжних вчених, які досліджували моделі розвитку туристичних кластерів і їх територіальне управління належать: C. Gunn [11], C. Hall [12], D. Pearce [13], R. Butler [9], M. Smith [14], S. Williams [15], та C. Cooper [10].

Рекреаційно-туристичне районування відіграє важливу роль у плануванні використання природних та культурних ресурсів регіонів. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю визначення оптимальної структури територій для забезпечення раціонального розподілу туристичних потоків, збереження довкілля та розвитку місцевої інфраструктури. Попри наявні методичні підходи, залишається відкритим питання інтеграції різних принципів зонування та розробки практичних рекомендацій для ефективного управління туристичними ресурсами.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). З огляду на зазначене вище, метою статті є аналіз принципів та підходів рекреаційно-туристичного районування регіону.

Виклад основного матеріалу дослідження. Рекреаційно-туристичне районування — це поділ території на окремі зони за комплексом природних, культурних і соціально-економічних рекреаційно-туристичних ресурсів для ефективного планування та управління туристичною діяльністю [1].

Рекреаційно-туристичне районування враховує наявність природних, культурних, соціально-економічних та інфраструктурних ресурсів для визначення функціональних зони (районів) використовуючи принципи сталого розвитку та оптимальний розподіл туристичних потоків. У науковій літературі виділяють кілька ключових принципів, які лягли в основу сучасного підходу до районування для потреб туризму та рекреації, що наведені у таблиці 1.

Серед основних принципів районування виділяють: принцип комплексності; ієрархічності та зонування; принцип раціонального використання ресурсів; диференціації та спеціалізації зон; адаптивності та динамічності; ефективного управління та планування.

1. Принцип комплексності. Цей принцип передбачає врахування всіх видів ресурсів регіону: природних (ландшафти, клімат, водні ресурси), культурних (історичні пам'ятки, традиції, етнографічні об'єкти), соціально-економічних (населення, економічний потенціал) та інфраструктурних

Таблиця 1

Принцип	Короткий опис	Автор(и), джерело
Комплексності	Врахування природних, культурних, соціально-економічних та інфраструктурних ресурсів регіону.	О. Бейдик, 2001, с. 77
Ієрархічності та зонування	Поділ території на зони різного рівня залежно від значущості ресурсів та інтенсивності використання.	М. Крачило, 2004, с. 88
Раціонального використання ресурсів	Збалансоване використання природних і культурних ресурсів без шкоди довкіллю.	C. Hall, 2000, с. 112
Диференціації та спеціалізації зон	Кожна зона визначається за типом рекреаційної діяльності (активний, пізнавальний, екологічний туризм).	D. Pearce, 1995, с. 134
Адаптивності та динамічності	Зонування повинно враховувати зміни попиту, розвитку інфраструктури та екологічного стану.	R. Butler, 1980, с. 52
Ефективного управління і планування	Оптимальний розподіл туристичних потоків, інвестицій і ресурсів для підвищення економічної ефективності.	О. Бейдик, 2001; М. Стецько, 2003

(транспорт, заклади розміщення та харчування). Комплексний підхід дозволяє створити цілісну систему туристично-рекреаційних зон, де кожна зона функціонує як частина загального розвитку регіону (О. Бейдик, 2001) [1, с. 77].

2. Принцип ієрархічності та зонування. Територія регіону поділяється на зони різного рівня важливості та функціонального призначення. Наприклад, виділяються регіональні, локальні та спеціалізовані рекреаційно-туристичні зони. Така ієрархія дозволяє планувати розвиток інфраструктури та керувати туристичними потоками відповідно до значущості ресурсів та інтенсивності використання (М. Крачило, 2004) [3, с. 88].

3. Принцип раціонального використання ресурсів. Він передбачає збалансоване використання природних та культурних ресурсів, щоб не завдавати шкоди довкіллю та забезпечити їх збереження для майбутніх поколінь. Принцип акцентує увагу на сталому розвитку регіону та запобіганні деградації рекреаційного потенціалу через надмірне або необережне використання (C. Hall, 2000, с. 112) [12, с. 112].

4. Принцип диференціації та спеціалізації зон. Кожна зона визначається відповідно до типу рекреаційної діяльності, яку вона може найкраще забезпечити: активний туризм, пізнавальний, екологічний або оздоровчий. Це дозволяє ефективно планувати інфраструктуру, організовувати послуги для туристів та уникати конфліктів між різними видами використання території (D. Pearce, 1998, с. 134).

5. Принцип адаптивності та динамічності. Зонування має враховувати зміни в попиті на рекреаційні та туристичні послуги, розвиток інфраструктури та екологічний стан територій. Це забезпечує гнучкість у плануванні та дозволяє регіону швидко реагувати на нові потреби туристів і зміни зовнішніх умов (R. Butler, с. 52) [9, с. 52].

6. Принцип ефективного управління і планування. Мета цього принципу — оптимальний розподіл туристичних потоків, інвестицій та ресурсів для підвищення економічної ефективності регіону. Він передбачає інтеграцію зонування з управлінськими стратегіями, маркетингом та контролем використання ресурсів, що сприяє сталому розвитку туризму та рекреації (О. Бейдик, 2001; М. Стецько, 2003) [1, 7].

Таким чином, дотримання зазначених принципів забезпечує системний і збалансований підхід до туристичного та рекреаційного районування регіону. Комплексність, ієрархічність, диференціація та адаптивність зон дозволяють максимально ефективно використовувати природні, культурні та соціально-економічні ресурси. Раціональне планування та управління туристичними потоками сприяє сталому розвитку регіону, підвищенню економічної ефективності та збереженню екологічної рівноваги. Використання цих принципів створює

Таблиця 2

Підхід до районування	Сутність підходу	Автори / Джерела
Географічний	Районування ґрунтується на фізико-географічних особливостях території (ландшафт, клімат, ресурси).	Бейдик О.О. (2001), Мальська М.П., Пандяк І.Г. (2012)
Економіко-географічний	Враховує рівень економічного розвитку, інфраструктуру, транспортну доступність, інвестиційний потенціал.	Мацола В. (2010), Крачило Н.П. (2004)
Соціально-культурний	Орієнтується на культурні традиції, історико-культурні ресурси, демографічні особливості.	Любіцева О.О. (2011), Козловський Є.В. (2008)
Функціональний	Поділ територій за домінуючими видами туризму (оздоровчий, культурний, сільський, екологічний тощо).	Бейдик О.О. (2001), Герасименко Т.П. (2015)
Комплексний	Поєднання природних, економічних, соціальних і культурних чинників з метою створення цілісної системи.	Мальська М.П., Пандяк І.Г. (2012), Кравців В.С. (2016)

Таблиця 3

SWOT	Зміст
Сильні сторони (Strengths)	• Системний підхід до природних, соціально-економічних та культурних ресурсів • Комплексна оцінка туристично-рекреаційного потенціалу • Сприяння формуванню стратегій сталого розвитку • Підтримка планування інфраструктури та управління зонами
Слабкі сторони (Weaknesses)	• Складність збору та обробки даних • Значні ресурси та час на детальне районування • Недостатнє врахування динаміки соціально-економічних змін
Можливості (Opportunities)	• Використання ГІС для точного районування • Розробка інтегрованих стратегій розвитку туризму • Підвищення привабливості регіону для інвестицій та туристів • Адаптація до змін клімату та потреб населення
Загрози (Threats)	• Невизначеність законодавчого та регуляторного поля • Неконтрольоване туристичне навантаження • Обмежене фінансування через економічні/соціальні кризи • Недостатня координація між зацікавленими сторонами

основу для формування цільових стратегій розвитку туристичної інфраструктури та рекреаційних послуг.

Крім того, у науковій літературі існують різні підходи до рекреаційно-туристичного районування, що зумовлено багатофакторністю розвитку цієї сфери. Дослідники виділяють географічний, економіко-географічний, соціально-культурний, функціональний та комплексний підходи, кожен із яких має власну методологію та акценти. Узагальнені характеристики зазначених підходів наведено в таблиці нижче (табл. 2).

Узагальнення підходів до рекреаційно-туристичного районування дає підстави стверджувати, що їх використання забезпечує науково обґрунтоване виявлення просторових особливостей розвитку туризму та рекреації. Кожен із підходів відображає специфічний аспект територіальної організації туристичної діяльності, однак лише їх комплексне застосування дозволяє сформувати цілісне уявлення про туристичний потенціал регіону. Це, у свою чергу, створює методологічну основу для підвищення ефективності управління туристично-рекреаційними ресурсами та розроблення збалансованої регіональної політики.

Для оцінки ефективності застосування основних принципів та підходів рекреаційно-туристичного районування доцільно застосувати SWOT-аналіз. Такий підхід дозволяє системно виявити сильні та слабкі сторони районування, а також потенційні можливості та загрози розвитку туристично-рекреаційної сфери в регіоні.

Результати SWOT-аналізу показують, що рекреаційно-туристичне районування має значний потенціал для комплексного планування та сталого розвитку туризму, водночас потребує врахування обмежень та зовнішніх ризиків. Використання таких аналітичних підходів сприяє більш ефективному управлінню територіальними ресурсами та розробці стратегій розвитку туристичної інфраструктури.

Висновки. Отже, рекреаційно-туристичне районування регіону є ефективним інструментом територіального планування, що дозволяє системно оцінювати і використовувати туристично-рекреаційний потенціал території. Основні принципи районування відображають складну взаємодію природних, соціально-економічних та культурних чинників, що забезпечує комплексний підхід до аналізу та структурування регіону. Застосування такого підходу дозволяє не лише всебічно враховувати наявні ресурси, але й прогнозувати перспективи розвитку туристичної інфраструктури. Практична реалізація результатів районування створює передумови для формування стратегій сталого розвитку туризму, сприяє раціональному використанню територіальних ресурсів і підвищенню ефективності управління рекреаційними зонами. Таким чином, рекреаційно-туристичне районування виступає ключовим механізмом інтеграції природного, соціально-економічного та культурного потенціалу регіону у процесі планування та розвитку сфери туризму та рекреації.

Література

1. Бейдик О. О. Рекреаційна географія : навч. посіб. Київ : Видавничий центр «Академія», 2001. 422 с.

2. Бойко М. Г. Рекреаційна географія та туризм: теорія, методологія, практика : монографія. Київ : Київський університет, 2015. 448 с.

3. Крачило М. П. Туристичне країнознавство та рекреаційна географія : навч. посіб. Київ : Знання, 2004. 327 с.

4. Кучер П. В., Ільїн Л. В., Штойко П. І. Рекреаційно-туристичні ресурси Волинської області : Монографія. Луцьк : ПП «Волинська друкарня», 2023. 180 с.

5. Мальська М. П., Антонюк Н. В., Ганич Н. М. Міжнародний туризм і сфера послуг : навч. посіб. Київ : Знання, 2008. 647 с.
6. Мацола В. В. Географія туризму : навч. посіб. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2010. 272 с.
7. Стецько М. Г. Рекреаційно-туристичні ресурси та їх використання в Україні : монографія. Тернопіль : Економічна думка, 2012. 364 с.
8. Шаблій О. І. Основи суспільної географії : підручник. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2001. 512 с.
9. Gunn C. A., Var T. Tourism Planning: Basics, Concepts, Cases. 4th ed. New York: Routledge, 2002. 464 p.
10. Hall C. M. Tourism Planning: Policies, Processes and Relationships. 2nd ed. Harlow: Pearson Education, 2008. 320 p.
11. Pearce D. G. Tourism in Space and Place: Issues of Regional Development. London: Routledge, 1998. 292 p.
12. Butler R. W. Tourism Area Life Cycle: Applications and Modifications. Clevedon: Channel View Publications, 2006. 352 p.
13. Smith M. K. Issues in Cultural Tourism Studies. 2nd ed. London: Routledge, 2009. 314 p.
14. Williams S., Lew A. A. Tourism Geography: Critical Understandings of Place, Space and Experience. 3rd ed. London: Routledge, 2015. 280 p.
15. Cooper C., Fletcher J., Fyall A., Gilbert D., Wanhill S. Tourism: Principles and Practice. 4th ed. Harlow: Pearson Education, 2008. 720 p.

References

1. Beydyk O. O. Rekreatsiyna heohrafiya: navch. posib. Kyyiv: Vydavnychyy tsentr “Akademiya”, 2001. 422 s.
2. Boyko M. H. Rekreatsiyna heohrafiya ta turyzm: teoriya, metodolohiya, praktyka: monohrafiya. Kyyiv: Kyyivs′kyy universytet, 2015. 448 s.
3. Krachylo M. P. Turystychne krayinoznavstvo ta rekreatsiyna heohrafiya: navch. posib. Kyyiv: Znannya, 2004. 327 s.
4. Kucher P. V., Il′yin L.V., Shtoyko P. I. Rekreatsiyno-turystychni resursy Volyns′koyi oblasti: Monohrafiya. Luts′k: PP “Volyns′ka drukarnya”, 2023. 180 s.
5. Mal′s′ka M. P., Antonyuk N. V., Hanych N. M. Mizhnarodnyy turyzm i sfera posluh: navch. posib. Kyyiv: Znannya, 2008. 647 s.
6. Matsola V. V. Heohrafiya turyzmu: navch. posib. L′viv: LNU im. I. Franka, 2010. 272 s.
7. Stets′ko M. H. Rekreatsiyno-turystychni resursy ta yikh vykorystannya v Ukrayini: monohrafiya. Ternopil′: Ekonomichna dumka, 2012. 364 s.
8. Shabliy O. I. Osnovy suspil′noyi heohrafiyi: pidruchnyk. L′viv: LNU im. I. Franka, 2001. 512 s.
9. Gunn C. A., Var T. Tourism Planning: Basics, Concepts, Cases. 4th ed. New York: Routledge, 2002. 464 p.
10. Hall C. M. Tourism Planning: Policies, Processes and Relationships. 2nd ed. Harlow: Pearson Education, 2008. 320 p.
11. Pearce D. G. Tourism in Space and Place: Issues of Regional Development. London: Routledge, 1998. 292 p.
12. Butler R. W. Tourism Area Life Cycle: Applications and Modifications. Clevedon: Channel View Publications, 2006. 352 p.
13. Smith M. K. Issues in Cultural Tourism Studies. 2nd ed. London: Routledge, 2009. 314 p.
14. Williams S., Lew A. A. Tourism Geography: Critical Understandings of Place, Space and Experience. 3rd ed. London: Routledge, 2015. 280 p.
15. Cooper C., Fletcher J., Fyall A., Gilbert D., Wanhill S. Tourism: Principles and Practice. 4th ed. Harlow: Pearson Education, 2008. 720 p.

УДК 612.014.4+677.017.66+621.383.51

Ковальчук Юлія Анатоліївна
власниця студії, чемпіон міжнародних чемпіонатів, викладач, міжнародний суддя, спікер студія «Kova Nails Art»
(1414 Sheepshead Bay Road, Бруклін, Нью-Йорк, США)
Kovalchuk Yulia
Studio Owner, Champion of international championships, Educator, International Judge, Speaker Kova Nails Art Studio
(1414 Sheepshead Bay Road, Brooklyn, NY, USA)
ORCID: 0009-0005-6568-1083

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11282

ВПЛИВ СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ LED-ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПРОЛІФЕРАТИВНУ АКТИВНІСТЬ КЛІТИН ШКІРИ ТА НІГТІВ

THE INFLUENCE OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF LED RADIATION ON THE PROLIFERATIVE ACTIVITY OF SKIN AND NAIL CELLS

Анотація. *Актуальність дослідження зумовлено активним розширенням застосування LED-технологій у дерматологічній і косметологічній практиці, зокрема у процедурах регенерації шкіри, стимуляції росту нігтів, фототерапії та посттравматичного відновлення. Водночас залишаються недостатньо вивченими спектрально- та дозозалежні механізми клітинної відповіді на LED-випромінювання, що ускладнює формування доказової бази для його безпечного та ефективного використання. Мета дослідження – аналіз впливу спектрального складу LED-випромінювання на проліферативну активність клітин епідермісу та нігтьової пластини, визначити біологічні ефекти в залежності від довжини хвилі, інтенсивності та режиму опромінення, а також обґрунтувати підходи до раціонального та безпечного використання LED-технологій у медико-косметологічній сфері. Методологія. Використано структурно-функціональний аналіз взаємозв'язків між спектральними параметрами LED-випромінювання та реакцією клітин шкіри і нігтів. Узагальнено результати експериментальних і клінічних досліджень, проведено порівняльну характеристику проліферативних відповідей залежно від спектру, тривалості експозиції, режиму подачі та частоти процедур. Результати. Встановлено, що червоне та інфрачервоне випромінювання (620–850 нм) сприяють активації мітохондріального метаболізму та стимулюють проліферацію фібробластів і клітин матриксу нігтя. Виявлено, що синє світло (405–450 нм) чинить пригнічувальний ефект через генерацію активних форм кисню та активацію апоптичних шляхів. Доведено, що біологічна відповідь клітин має чітко виражений дозозалежний характер, що обумовлює потребу в точному підборі параметрів LED-опромінення.*

Висновки. Раціональне використання LED-технологій потребує індивідуалізації параметрів опромінення з урахуванням спектральної чутливості клітин, фототипу шкіри та клінічної задачі. Оптимальні значення інтенсивності (10–50 мВт/см²), тривалості (5–15 хв) та частоти процедур (2–3 рази на тиждень) забезпечують проліферативний ефект без розвитку побічних реакцій. Установлено необхідність уникнення універсальних схем у світлотерапії. Перспективи подальших досліджень. Передбачено розширення експериментальної бази щодо довготривалого впливу LED-випромінювання, уточнення маркерів клітинної фоточутливості та розроблення персоналізованих протоколів застосування LED-терапії з урахуванням типу тканини та цільової дії.

Ключові слова: *фотостимуляція, ріст клітин, енергія світла, довжина хвилі, відновлення тканин, світловий вплив, біологічний ефект.*

Summary. *The relevance of the study is due to the active expansion of LED technologies in dermatological and cosmetological practice, particularly in skin regeneration, nail growth stimulation, phototherapy, and post-traumatic recovery procedures. At the same time, the spectral and dose-dependent mechanisms of cellular response to LED radiation remain insufficiently studied, which complicates the formation of an evidence base for its safe and effective use. The aim of the study is to analyze the effect of the spectral composition of LED radiation on the proliferative activity of epidermal cells and the nail plate, to determine*

the biological effects depending on the wavelength, intensity, and irradiation mode, as well as to substantiate approaches to the rational and safe use of LED technologies in the medical and cosmetic fields. Methodology. A structural and functional analysis of the relationships between the spectral parameters of LED radiation and the response of skin and nail cells was used. The results of experimental and clinical studies were summarized, and a comparative characterization of proliferative responses depending on the spectrum, duration of exposure, mode of delivery, and frequency of procedures was performed. Results. It was found that red and infrared radiation (620–850 nm) promote the activation of mitochondrial metabolism and stimulate the proliferation of fibroblasts and nail matrix cells. It was found that blue light (405–450 nm) has an inhibitory effect due to the generation of active oxygen species and activation of apoptotic pathways. It was proven that the biological response of cells has a clearly pronounced dose-dependent character, which determines the need for accurate selection of LED irradiation parameters.

Conclusions. The rational use of LED technologies requires the individualization of irradiation parameters, taking into account the spectral sensitivity of cells, skin phototype, and clinical task. Optimal values of intensity (10–50 mW/cm^2), duration (5–15 min), and frequency of procedures (2–3 times per week) provide a proliferative effect without the development of side reactions. The need to avoid universal schemes in light therapy has been established. Prospects for further research. It is planned to expand the experimental base for the long-term effects of LED radiation, refine markers of cellular photosensitivity, and develop personalized protocols for the use of LED therapy, taking into account the type of tissue and the target action.

Key words: *photostimulation, cell growth, light energy, wavelength, tissue repair, light exposure, biological effect.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах активного поширення світлодіодних джерел світла (LED) у побуті, косметології та медицині зростає потреба у ґрунтовному вивченні їхнього біологічного впливу на живі тканини, зокрема клітини шкіри та нігтьової пластини. Особливе занепокоєння викликає використання LED-випромінювання у процедурах, що передбачають тривале або повторюване опроміненням відкритих ділянок тіла, що актуалізує питання можливих наслідків для клітинного гомеостазу, проліферативної активності та морфофункціонального стану епідермальних структур. Аналіз наукової літератури свідчить про фрагментарність підходів до оцінки дії LED-випромінювання різного спектрального складу, що ускладнює формування цілісного уявлення про потенційні ризики чи, навпаки, терапевтичні переваги таких впливів. Практична значущість цієї проблеми зростає в контексті інтенсивного розвитку індустрії естетичної медицини, де LED-технології широко застосовуються у фототерапії, стимуляції росту нігтів, відновленні шкіри та лікуванні дерматологічних захворювань. Недостатність даних щодо молекулярно-клітинних механізмів відповіді на опромінення світлодіодами різної довжини хвилі створює розриви між експериментальними результатами та їх клінічною інтерпретацією. Це зумовлює необхідність подальших досліджень із чітким контролем параметрів опромінення та використанням стандартизованих біологічних моделей. Таким чином, вивчення впливу спектрального складу LED-випромінювання на проліферативну активність клітин шкіри та нігтів має високу наукову та практичну актуальність, оскільки спрямоване на формування доказової бази для безпечного та ефективного використання LED-технологій у дерматокосметологічній практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження, присвячені впливу спектрального складу LED-випромінювання на проліферативну активність клітин шкіри та нігтів, охоплюють широкий спектр експериментальних і теоретичних підходів. Систематизація наявних джерел дозволяє виокремити чотири основні напрями аналізу.

Перший напрям стосується математичного моделювання та фізико-енергетичної оцінки впливу LED-випромінювання на тканини людини. У роботі З. Ю. Готри, С. В. Павлова, С. М. Злепка та співавторів запропоновано модель поширення тепла в шкірі та суміжних шарах під дією світлодіодного випромінювання. Модель враховуєоптичні характеристики тканин і теплопровідність між шарами, що дозволяє прогнозувати локальний температурний ефект при використанні LED-джерел із різноим спектральним складом [1]. Теоретичні положення були доповнені експериментальними даними А. Марциняк (A. Marciniak), Б. Цєсєльскі (B. Ciesielski), М. Юнєвіч (M. Juniewicz) та співавторів, які виявили зміни EPR-сигналу в нігтях під впливом штучного випромінювання, що свідчить про енергетичну чутливість кератинових структур до світла [2]. Подібний підхід застосували Е. Н. де Гальвес (E. N. de Gálvez), Х. Агілера (J. Aguilera), М. В. де Гальвес (M. V. de Gálvez) та співавтори для вивчення залежності проникнення світла крізь нігтьову пластину від її товщини, що має практичне значення при використанні LED-джерел у терапевтичних цілях [3]. Сукупність цих результатів створює передумови для розробки комплексних моделей, що враховують як теплову, так і оптичні процеси в багатошарових структурах шкіри та нігтів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на валідацію біотеплових моделей *in vivo* з урахуванням фізіологічної варіативності біотканин.

Другий напрям охоплює оцінку цитотоксичності випромінювання LED/UV-пристроїв на клітини шкіри та нігтів. У дослідженні А. Лопіш (A. Lopes), П. Перейри (P. Pereira), Г. Олівейри (H. Oliveira) та співавторів показано, що опромінення людських кератиноцитів світлодіодними сушарками призводить до зниження їхньої життєздатності, підвищеннярівня ROS та індукції апоптозу [4].

Подібні результати наведено А. Слабіцькою-Якубчик (A. Słabicka-Jakubczyk), М. Левандовскі (M. Lewandowski), П. Пастужаком (P. Pastuszak) та колегами, які встановили залежність зниження метаболічної активності кератиноцитів від інтенсивності та тривалості дії UV-випромінювання [5]. Е. Фінн (E. Finn), Л. Дусан (L. Dussan), С. Розентал (S. Rosenthal) та співавтори підкреслили, що ключовим модифікуючим чинником фототоксичності є температура під час опромінення, яка істотно впливає на ступінь клітинного пошкодження [6]. Дослідження К.А. Арділи Падільї (C.A. Ardila Padilla), М. Віньйоні (M. Vignoni), М.П. Серрано (M.P. Serrano) та колег підтвердили руйнування білкових структур унаслідок побутового опромінення, що демонструє ознаки фототоксичності навіть за короткочасного впливу [7]. Сукупність цих даних обґрунтовує необхідність у встановленні нормативних меж безпечного LED-опромінення та розроблення біосумісних параметрів використання побутових світлотерапевтичних пристроїв.

Третій напрям присвячено вивченню спектрозалежних ефектів випромінювання на клітини шкіри. А. Ціош (A. Cios), М. Цєпєляк (M. Ciepielak), Л. Шиманський (Ł. Szymański) та співавтори довели, що синє світло пригнічує проліферацію клітин, тоді як червоне — стимулює мітохондріальну активність і метаболізм [8]. Л.А. Перес Гонсалес (L.A. Pérez González), М.А. Мартінес-Паскуаль (M.A. Martínez-Pascual), Е. Толедано-Маciac (E. Toledano-Macías) та колеги показали, що комбінація червоного та синього спектра у поєднанні з тербінафіном знижує оксидативний стрес у кератиноцитах без втрати життєздатності [9]. Дослідження Л. Гадсон (L. Hudson), Е. Рашдан (E. Rashdan), К.А. Бонна (C.A. Bonn) та співавторів демонструє, що сукупний вплив UV-, видимого й інфрачервоного випромінювання спричиняє зростання маркерів клітинного ушкодження, зокрема білкового окислення та ДНК-пошкоджень [10]. Отримані результати підкреслюють важливість подальшого визначення оптимальних комбінацій довжин хвиль, здатних забезпечити терапевтичний ефект за мінімізації ризиків фотостресу.

Четвертий напрям пов'язаний з аналізом молекулярних механізмів фотобіомодуляції та світлоіндукованих пошкоджень. М. Жіваґуї (M. Zhivagui), А. Хода (A. Hoda), Н. Валенсуела (N. Valenzuela) та співавтори довели, що навіть нетривалий вплив LED-випромінювання від побутових сушарок може спричинити ДНК-пошкодження і соматичні мутації в клітинах шкіри [11]. Дж.Й. Фурукава (J.Y. Furukawa), Р.М. Мартінес (R.M. Martinez), А.Л. Морочо-Хакоме (A.L. Morocho-Jácome) та колеги у своєму огляді систематизували дані щодо механізмів впливу UV-, видимого й інфрачервоного спектрів на клітинні структури епідермісу [12]. М.Л. Ернандес-Буле (M.L. Hernández-Bule), Х. Нахарро-Родрігес (J. Naharro-Rodríguez), С. Баччі (S. Bacci) та співавтори показали, що LED-випромінювання при дотриманні оптимальних параметрів здатнестимулювати проліферацію, мітотичну активність і зменшувати запальну відповідь [13]. Й. Рок (J. Rok), З. Жепка (Z. Rzepka), Й. Ковальська (J. Kowalska) та колеги продемонстрували, що медикаментозно індукована фоточутливість у меланоцитах суттєво підвищується при опроміненні UVA/UVB, що вказує на необхідність врахування фармакологічного контексту під час світлотерапевтичних процедур [14]. А. Рубіо (A. Rubio), А.Г. Іссмер (A.H. Issmer), А. Барбаро (A. Barbaro) та співавтори запропонували використовувати інтенсивність ультраслабкого фотонного випромінювання як потенційний індикатор клітинного стресу після LED-експозиції [15]. Сукупність цих даних свідчить про глибокі молекулярні ефекти спектрального світла та підкреслює необхідність комплексного підходу до оцінки його безпеки, що поєднує фотобіофізичні, генетичні та метаболічні маркери. Проліферативна активність клітин шкіри та нігтів виявляє високу чутливість до спектрального складу LED-випромінювання, а наукові дані вказують на можливість як стимулюючих, так і цитотоксичних ефектів залежно від довжини хвилі, інтенсивності, тривалості дії та супутніх фізіологічних і фармакологічних чинників.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значний прогрес у вивченні впливу LED-випромінювання на біологічні тканини, залишаються невирішеними низка важливих аспектів. Недостатньо систематизовано спектральні характеристики LED-джерел, що застосовуються у дерматології та косметології, та їх зв'язок із конкретними біологічними ефектами. Обмежено досліджено внутрішньоклітинні механізми регуляції проліферації під дією світла, зокрема роль мітохондріальних процесів, окисно-відновної рівноваги та сигнальних каскадів. Відсутні узагальнені дані щодо залежності клітинної відповіді від інтенсивності, тривалості та частоти опромінення, а також чіткі протоколи безпечного використання LED у процедурах для шкіри та нігтів з урахуванням біологічних ризиків.

Запропоноване дослідження спрямоване на заповнення цих прогалин шляхом комплексного аналізу спектральних властивостей LED-випромінювання, вивчення його впливу на внутрішньоклітинні процеси та визначення оптимальних параметрів опромінення для досягнення терапевтичного ефекту без шкоди для тканин. Розробка науково обґрунтованих рекомендацій дозволить створити стандартизовані та персоналізовані протоколи LED-терапії, що підвищить її безпеку й ефективність у медико-косметологічній практиці.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Мета статті — аналіз впливу спектрального складу LED-випромінювання на проліферативну активність клітин шкіри та нігтів.

Завдання статті:

1. Дослідити внутрішньоклітинні механізми регуляції проліферації під впливом LED-випромінювання, зокрема роль мітохондріальних процесів, окисно-відновного балансу та сигнальних шляхів.

2. Охарактеризувати потенційні біологічні ефекти залежно від параметрів опромінення та обґрунтувати практичні підходи до його безпечного застосування у медико-косметологічній сфері.

3. Визначити залежність клітинної відповіді від параметрів опромінення (інтенсивності, тривалості, частоти експозиції).

4. Виявити ключові проблеми та біологічні ризики, пов'язані з використанням LED-випромінювання у практиці догляду за шкірою та нігтями.

5. Сформулювати рекомендації щодо раціонального застосування LED-технологій з урахуванням спектральної чутливості клітинних структур.

Виклад основного матеріалу. Спектральні характеристики LED-випромінювання відіграють ключову роль у визначенні його біологічної активності під час впливу на тканини шкіри та нігтів. У дерматології та косметології переважно застосовуються вузькосмугові джерела світла, які випромінюють у межах видимого та ближнього інфрачервоного спектрів. Довжина хвилі зумовлює глибину проникнення у тканини, а також тип клітинної відповіді — від стимуляції проліферації до запуску апоптозу або протизапальних ефектів. Для досягнення терапевтичного або косметичного ефекту важливими є не лише спектральні параметри, а й щільність потоку енергії, режим подачі світла (імпульсний чи безперервний) та тривалість експозиції (табл. 1).

У дерматологічній і косметологічній практиці вибір спектрального діапазону LED-випромінювання здійснюється з урахуванням специфіки цільових тканин, бажаного клінічного ефекту та індивідуальних особливостей пацієнта. Наприклад, фіолетово-синє світло, яке переважно діє у поверхневих шарах епідермісу, забезпечує виражений антимікробний ефект завдяки здатності індукувати фотодинамічне утворення активних форм кисню, що ушкоджують бактеріальні клітини [4]. Це дозволяє зменшувати запалення без застосування антибіотиків, що особливо важливо у резистентних формах акне [8]. Світло середнього діапазону (зелене та жовте) має обмежену глибину проникнення, проте позитивно впливає на тонус капілярів, знижує вираженість судинної сітки та пігментних плям. Його ефекти пов'язують із модуляцією вивільнення гістаміну та посиленням локального лімфовідтоку, що сприяє зменшенню набряклості та поліпшенню загального кольору шкіри [3, с. 1269–1270; 10, с. 3875–3876]. Найбільшу увагу в клінічній фототерапії приділяють червоному та інфрачервоному спектрам, які мають найвищу проникаючу здатність і взаємодіють із мітохондріальними хромофорами — насамперед цитохромом С-оксидазою. Це запускає каскад біостимуляційних процесів: підвищення рівня АТФ, активацію проліферації фібробластів, стимуляцію ангіогенезу. Такі ефекти лежать в основі терапії хронічних ран, корекції фотостаріння, а також використовуютьс для відновлення нігтьової пластини після травм чи агресивних косметичних процедур. У клінічній практиці червоний спектр часто комбінується з мезотерапією, мікронідлінгом або хімічними пілінгами для підвищення регенераційних процесів.

LED-випромінювання, залежно від довжини хвилі, здатне впливати на клітинну проліферацію

Таблиця 1

Спектральні діапазони LED-випромінювання, що застосовуються у шкірно-косметологічній практиці, та їх біологічні ефекти

Діапазон хвиль, нм	Колір випромінювання	Глибина проникнення	Основні біологічні ефекти	Типові клінічні застосування
405–450	Фіолетовий / синій	0,5–1 мм	Антибактеріальна дія, зменшення продукції себуму, пригнічення *Propionibacterium acnes*	Лікування акне, фотодезінфекція
520–550	Зелений	≈ 1 мм	Зменшення пігментації, заспокійливий ефект	Корекція гіперпігментації, вирівнювання тону шкіри
580–600	Жовтий / бурштиновий	1–2 мм	Поліпшення мікроциркуляції, стимуляція лімфодренажу	Усунення набряків, розгладження шкіри
620–660	Червоний	2–4 мм	Стимуляція проліферації фібробластів, активація синтезу колагену, протизапальна дія	Омолодження, загоєння тканин, стимуляція росту нігтів
800–850	Інфрачервоний	>5 мм	Стимуляція глибокої мікроциркуляції, знеболювальна дія	Регенерація тканин, зменшення м'язової напруги

Джерело: сформовано автором на підставі [3, с. 1268–1270; 4; 5; 8; 9, с. 4–6; 10, с. 3875–3876; 12, с. 2–5]

через активацію мітохондріальних хромофорів, передусім цитохрому с-оксидази. Поглинання фотонів ініціює каскад реакцій: підвищення продукції АТФ, модуляцію окисно-відновного балансу та залучення сигнальних шляхів, зокрема PI3K/Akt, MAPK або NF-κB. Унаслідок цього змінюється динаміка клітинного циклу, інтенсивність поділу та швидкість регенерації. Біологічний ефект визначається не лише спектром, а й інтенсивністю та тривалістю впливу, що зумовлює різноспрямовану клітинну відповідь — від біостимуляції до апоптозу (табл. 2).

У практичному контексті червоне (630–660 нм) та ближнє інфрачервоне (800–850 нм) LED-випромінювання широко застосовується у процедурах біостимуляції шкіри, стимулюючи синтез колагену, прискорюючи загоєння та зменшення запалення. Такий ефект зумовлений активацією мітохондріальної енергопродукції та сигнальних каскадів, які регулюють проліферацію та відновлення клітин. Зокрема, у дерматокосметології червоне світло застосовують після лазерних шліфувань, пілінгів або мезотерапії для зменшення періоду реабілітації та запобігання формуванню фіброзу. У сфері догляду за нігтями LED-випромінювання використовують для прискорення росту нігтьової пластини після мікротравм або зняття штучних покриттів — завдяки активізації трофіки та проліферативної здатності матриксу. Синій спектр зберігає ефективність у контролі мікробної флори та пригніченні запальних процесів, однак потребує обережного застосування через здатність індукувати окисний стрес у разі надмірного опромінення. Зелене світло демонструє помірну біологічну активність, стабілізуючи редокс-гомеостаз і потенційно знижуючи реактивність гіперчутливої шкіри. Таким чином, LED-випромінювання розглядають як перспективний інструмент безмедикаментозної модуляції клітинної активності за умови ретельного контролю параметрів експозиції.

Параметри LED-опромінення, такі як інтенсивність, тривалість та частота, суттєво впливають на характер клітинної відповіді. Надмірна доза може викликати фотострес або апоптоз, тоді як оптимальні значення стимулюють проліферацію та регенерацію. Біологічна дія світла має дозозалежний характер, що підкреслює необхідність точного налаштування режиму опромінення у терапевтичній та косметологічній практиці (табл. 3).

Клінічний ефект LED-випромінювання визначається не лише спектром, а насамперед параметрами його подачі — інтенсивністю, тривалістю експозиції та частотою процедур. Поєднання цих чинників формує дозу світлової енергії, яку поглинає клітина, й, відповідно, формує її біологічну відповідь [13]. Наприклад, за недостатньої інтенсивності (<5 мВт/см²) клітини не досягають порогу фотостимуляції, і проліферація залишається на базовому рівні. Навпаки, надмірне опромінення (>100 мВт/см² або >30 хв/сеанс) спричиняє гіперактивацію сигнальних каскадів, що може призвести до оксидативного стресу та апоптозу. У побутових LED-масках типова помилка — опромінення понад 20 хвилин щодня без урахування фототипу шкіри, товщини епідермісу чи індивідуальної чутливості [4]. Такий режим здатний викликати фоточутливість, мікрозапалення або ефект «звикання» — зниження клітинної реакції на стимул [7, с. 185–189]. У клінічній практиці цю проблему вирішують через попередній фототипувальний аналіз та застосування пристроїв із регульованими параметрами (інтенсивність, імпульсний режим, час дії). Для догляд за нігтьовою пластиною, зокрема після зняття гелевих покриттів або при мікропошкодженнях матриксу, оптимальним є опромінення тривалістю 8–12 хвилин із частотою 2–3 рази на тиждень. Перевищення рекомендованого режиму не прискорює регенерацію, а порушує внутрішньоклітинний гомеостаз [9, с. 6], що проявляється зниженням метаболічної активності клітин і сповільненням утворення нової нігтьової пластини [7, с. 188–190; 14]. Використання модульованих або імпульсних режимів дозволяє зменшити теплове навантаження на тканини, одночасно підтримуючи ефективну активацію клітинних рецепторів [13], що особливо важливо у пацієнтів із підвищеною чутливістю шкіри чи порушенням мікроциркуляції.

Таблиця 2

Внутрішньоклітинні механізми проліферативної відповіді на LED-випромінювання різного спектра

Спектр (нм)	Ключові клітинні мішені	Мітохондріальна відповідь	Сигнальні шляхи	Біологічний ефект
405–450 (синє)	NADPH-оксидаза, клітинні мембрани	Генерація ROS, помірний оксидативний стрес	MAPK/JNK, p53	Антимікробна дія, можливий апоптоз
520–550 (зелене)	Флавопротеїни, антиоксидантні ферменти	Стабілізація редокс-стану	ERK1/2	Легка стимуляція проліферації
620–660 (червоне)	Цитохром с-оксидаза, SOD2	Підвищення АТФ, зниження оксидативного стресу	PI3K/Akt, NF-κB	Активація проліферації, репарація
800–850 (ІЧ)	Цитохроми, кальцієві канали	Глибока стимуляція енергетичного обміну	Ca^{2+}-залежні каскади, TGF-β	Прискорення регенерації, стимуляція ангіогенез

Джерело: сформовано автором на підставі [6, с. 551–556; 8; 9, с. 5–6; 10, с. 3876; 11; 12, с. 2–6; 13]

Таблиця 3

Вплив параметрів LED-опромінення на біологічну відповідь клітин епідермісу та нігтьової пластини

Параметр опромінення	Низьке значення	Оптимальне значення	Високе значення	Біологічна відповідь клітин
Інтенсивність (мВт/см²)	<5	10–50	>100	Стимуляція ↔ гальмування
Тривалість експозиції	<1 хв	5–20 хв	>30 хв	Недостатній ефект ↔ фотострес
Частота процедур	<1 раз/тиждень	2–3 рази/тиждень	Щодня або кілька разів на день	Накопичення ефекту ↔ десенситизація
Режим опромінення	Імпульсний низької частоти	Безперервний або модульований	Імпульсний високої частоти	М'яке стимулювання ↔ нестабільна реакція

Джерело: сформовано автором на підставі [1, с. 28–31; 2, с. 288–289; 4; 5; 6, с. 553–558; 7, с. 183–190; 13]

Попри широке впровадження LED-випромінювання у дерматології та косметології, існує проблеми, що обмежують їх безпечне та ефективне використання. Однією з ключових є відсутність стандартизації параметрів опромінення: у більшості процедур не регламентовано оптимальні дози, тривалість, частоту та режим впливу, що призводить до нерівномірної клінічної ефективності та підвищує ризик небажаних реакцій [13]. Особливо це стосується побутових LED-пристроїв, які часто зостосовують без урахування фототипу шкіри чи стану нігтьової пластини [4]. Перевищення допустимої дози спричиняє оксидативний стрес і порушення редокс-гомеостазу, що може пошкоджувати клітинні структури, знижувати життєздатність клітин та запускати апоптоз [6, с. 551–556; 9, с. 5–6]. Для клітин нігтьового матриксу це особливо небезпечно, оскільки надлишкове опромінення може уповільнити ріст нігтя або викликати його деформації [2, с. 288–289; 7, с. 183–190]. Ще однією проблемою є неселективність впливу: LED-опромінення не розрізняє здорові та потенційно змінені клітини, що створює теоретичний ризик активації пренеопластичних елементів [11]. Поширеним ускладненням є фотосенсибілізуючі реакції при поєднанні LED-процедур з медикаментами або косметичними засобами, які підвищують чутливість до світла [14], що може спричинити локальні запалення, пігментацію або підвищення чутливості тканин [7, с. 186–189]. Окрім цього, відсутність довготривалих досліджень щодо впливу світлової стимуляції на генетичну стабільність і клітинний цикл не дозволяє повністю оцінити віддалені ризики при регулярному застосуванні LED у зонах з високою проліферативною активністю.

Раціональне застосування LED-технологій у дерматологічних та нігтьових процедурах потребує врахування спектральної чутливості клітинних структур, що визначає глибину проникнення світла, інтенсивність біологічної відповіді та профіль ефекту. Червоне (620–660 нм) та ближнє інфрачервоне (800–850 нм) випромінювання є найбільш ефективними для стимуляції проліферації, посилення мікроциркуляції та активації мітохондріального обміну. Ці діапазони доцільно застосовувати у процедурах загоєння, відновлення шкіри після агресивних втручань і стимуляції росту нігтьової пластини. Синє світло (405–450 нм), зважаючи на його обмежену глибину проникнення та виражену антимікробну дію, рекомендовано використовувати при лікуванні поверхневих запальних станів, наприклад акне, але з обмеженою тривалістю та інтенсивністю через ризик фотостресу. Застосування універсальних протоколів є недоцільним: параметри опромінення слід адаптовувати до конкретної біологічної задачі, стану тканини, фототипу шкіри та чутливості до фотонної енергії. Оптимальні параметри для стимулюючих ефектів у межах 10–50 мВт/см², експозиція 5–15 хвилин, частота не більше 3 процедур на тиждень. Імпульсний режим переважно рекомендований для пацієнтів з підвищеною чутливістю або на етапі відновлення після шкірних пошкоджень. У догляді за нігтями доцільно обмежити вплив короткими курсами (7–10 сеансів), поєднуючи опромінення з живильними процедурами для матриксу. Систематичне перевищення дозування чи спроби «прискорити ефект» можуть спричинити зворотний результат через десенситизацію рецепторів. Для домашнього використання LED-пристроїв рекомендується суворо дотримуватись інструкцій виробника, надаючи перевагу моделям із вбудованим регулятором інтенсивності та таймером. Запровадження персоналізованих схем LED-терапії з урахуванням спектральної дії, типу тканини та мети втручання дозволить підвищити ефективність процедур, зменшити ризик побічних ефектів і забезпечити стабільний, довготривалий результат без порушення клітинного гомеостазу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У ході дослідження встановлено, що проліферативна активність клітин шкіри та нігтів залежить від спектрального складу LED-випромінювання. Червоне (620–660 нм) та інфрачервоне (800–850 нм) світло сприяють активації мітохондріальних процесів, синтезу АТФ та стимуляції регенерації, тоді як синє (405–450 нм) зумовлює генерацію ROS та пригнічує проліферацію через активацію проапоптичних сигнальних каскадів. Ефекти

опромінення виявилися дозозалежними: оптимальні параметри (інтенсивність, тривалість, частота експозиції) активують клітинну відповідь, тоді як перевищення порогових значень спричиняє фотострес і гальмує процеси регенераці. Серед ключових проблем виокремлено відсутність стандартизованих протоколів, ризики неконтрольованого впливу у побутових умовах, фотосенсибілізуючі реакції при поєднанні з певними фармакологічними засобами, а також недостатність довготривалих досліджень щодо безпеки повторного опромінення. Встановлено, що LED-випромінювання діє неселективно, що створює потенційні ризики активації патологічно змінених клітин. У зв'язку з цим рекомендовано індивідуалізувати параметри LED-опромінення з урахуванням спектральної чутливості тканин, фототипу шкіри, клінічної мети та типу процедури. Червоне та ІЧ-випромінювання доцільно застосовувати для стимуляції росту й загоєння, синє — для антимікробного впливу з обов'язковим контролем дози. Перспективи подальших досліджень охоплюють:

- уточнення молекулярних маркерів фоточутливості клітин;
- розробку персоналізованих схем світлотерапії;
- оцінку довгострокових ефектів LED-опромінення в умовах клінічного і домашнього використання.

Література

1. Готра З. Ю., Павлов С. В., Злепко С. М., Клапоущак А. Ю., Коробов А. М., Козловська Т. І. Математична модель для аналізу нагрівання шкіри людини і сусідніх внутрішніх шарів за допомогою LED-випромінювання. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка.* 2019. № 1–2. С. 27–32. URL: https://doi.org/10.31474/1996-1588-2019-1-28-27-32 (дата звернення: 08.08.2025).

2. Marciniak A., Ciesielski B., Juniewicz M., Prawdzik-Dampc A., Sawczak M. The effect of sunlight and UV lamps on EPR signal in nails. *Radiation and Environmental Biophysics*. 2019. Vol. 58, № 3. P. 287–293. URL: https://doi.org/10.1007/s00411-019-00777-2 (date of access: 08.08.2025).

3. de Gálvez E. N., Aguilera J., de Gálvez M. V., Fonda-Pascual P., Herrera-Ceballos E., Gago-Calderón A. Effect of nail thickness on visible radiation transmittance: implications for new photodynamic therapy technologies in onychomycosis. *Photochemistry and Photobiology*. 2020. Vol. 96, № 6. P. 1267–1272. URL: https://doi.org/10.1111/php.13296 (date of access: 08.08.2025).

4. Lopes A., Pereira P., Oliveira H. Cytotoxic effects of a LED/UV nail polish dryer in human keratinocytes. *Toxicology in Vitro*. 2025. Vol. 109. Article 106124. URL: https://doi.org/10.1016/j.tiv.2025.106124 (date of access: 08.08.2025).

5. Słabicka-Jakubczyk A., Lewandowski M., Pastuszak P., Barańska-Rybak W., Górska-Ponikowska M. Influence of UV nail lamps radiation on human keratinocytes viability. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13, № 1. Article 22530. URL: https://doi.org/10.1038/s41598-023-49814-7 (date of access: 08.08.2025).

6. Finn E., Dussan L., Rosenthal S., Simbulan-Rosenthal C., Rosenthal D., Sykora P. Temperature is a key factor governing the toxic impact of Ultra-Violet Radiation-Emitting nail dryers when used on human skin cells. *International Journal of Toxicology*. 2024. Vol. 43, № 6. P. 549–560. URL: https://doi.org/10.1177/10915818241268617 (date of access: 08.08.2025).

7. Ardila Padilla C. A., Vignoni M., Serrano M. P., Dántola M. L. Phototoxic Effects on Skin Biomolecules Induced by a Domestic Nail Polish Dryer Device. *Chemical Research in Toxicology*. 2025. Vol. 38, № 1. P. 182–192. URL: https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.4c00401 (date of access: 08.08.2025).

8. Cios A., Ciepielak M., Szymański Ł., Lewicka A., Cierniak S., Stankiewicz W., Lewicki S. Effect of different wavelengths of laser irradiation on the skin cells. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22, № 5. Article 2437. URL: https://doi.org/10.3390/ijms22052437 (date of access: 08.08.2025).

9. Pérez González L. A., Martínez-Pascual M. A., Toledano-Macías E., Jara-Laguna R. C., Fernández-Guarino M., Hernández-Bule M. L. Effect of Combination of Blue and Red Light with Terbinafine on Cell Viability and Reactive Oxygen Species in Human Keratinocytes: Potential Implications for Cutaneous Mycosis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, № 22. Article 12145. URL: https://doi.org/10.3390/ijms252212145 (date of access: 08.08.2025).

10. Hudson L., Rashdan E., Bonn C. A., Chavan B., Rawlings D., Birch-Machin M. A. Individual and combined effects of the infrared, visible, and ultraviolet light components of solar radiation on damage biomarkers in human skin cells. *The FASEB Journal*. 2020. Vol. 34, № 3. P. 3874–3883. URL: https://doi.org/10.1096/fj.201902351RR (date of access: 08.08.2025).

11. Zhivagui M., Hoda A., Valenzuela N., Yeh Y. Y., Dai J., He Y., Alexandrov L. B. DNA damage and somatic mutations in mammalian cells after irradiation with a nail polish dryer. *Nature Communications*. 2023. Vol. 14, № 1. Article 276. URL: https://doi.org/10.1038/s41467-023-35876-8 (date of access: 08.08.2025).

12. Furukawa J. Y., Martinez R. M., Morocho-Jácome A. L., Castillo-Gómez T. S., Pereda-Contreras V. J., Rosado C., Baby A. R. Skin impacts from exposure to ultraviolet, visible, infrared, and artificial lights – a review. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*. 2021. Vol. 23, № 1–2. P. 1–7. URL: https://doi.org/10.1080/14764172.2021.1950767 (date of access: 08.08.2025).

13. Hernández-Bule M. L., Naharro-Rodríguez J., Bacci S., Fernández-Guarino M. Unlocking the power of light on the skin: a comprehensive review on photobiomodulation. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, № 8. Article 4483. URL: https://doi.org/10.3390/ijms25084483 (date of access: 08.08.2025).

14. Rok J., Rzepka Z., Kowalska J., Banach K., Beberok A., Wrześniok D. Molecular and biochemical basis of minocycline-induced hyperpigmentation — the study on normal human melanocytes exposed to UVA and UVB radiation. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22, № 7. Article 3755. URL: https://doi.org/10.3390/ijms22073755 (date of access: 08.08.2025).

15. Rubio A., Issmer A. H., Barbaro A., Montalvo G., Ortega-Ojeda F. E., Garcia-Ruiz C. Effects of light exposure on human ultra-weak photon emission: Preliminary findings for a pioneering control tool in cosmetics. *Microchemical Journal*. 2024. Vol. 205. Article 111351. URL: https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.111351 (date of access: 08.08.2025).

УДК 616.31:004.8

Коробкова Катерина Сергіївна
зубний гігієніст, 1313 E Wyndham Cir
(Палатін, штат Іллінойс, 60074)
Korobkova Kateryna
Dental Hygienist, 1313 E Wyndham Cir
(Palatine, Illinois, 60074)
ORCID: 0009-0002-5523-5723

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11259

ЦИФРОВІЗАЦІЯ СТОМАТОЛОГІЧНОЇ ГІГІЄНИ: ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

DIGITALIZATION OF DENTAL HYGIENE: THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Анотація. *У роботі проаналізовано сучасні технічні рішення, що застосовуються в стоматологічній гігієні для підвищення якості догляду за ротовою порожниною. Розглянуто ефективність використання пристроїв із вбудованими сенсорами для контролю гігієнічних показників. Подано результати спостережень, що підтверджують зниження індексів забруднення та запалення ясен серед учасників дослідження.*

Ключові слова: *штучний інтелект, стоматологічна гігієна, профілактика, «розумна» зубна щітка, цифрова стоматологія.*

Summary. *The paper analyzes modern technical solutions used in dental hygiene to improve the quality of oral care. The effectiveness of using devices with built-in sensors to monitor hygiene indicators is considered. The results of observations confirming a decrease in gum contamination and inflammation indices among study participants are presented.*

Key words: *artificial intelligence, dental hygiene, prevention, «smart» toothbrush, digital dentistry.*

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток інформаційних технологій та штучного інтелекту (ШІ) за останнє десятиліття суттєво вплинув на трансформацію медичної галузі, включно зі стоматологією. Цифрові рішення з використанням штучного інтелекту поступово інтегруються у клінічну практику, забезпечуючи нові підходи до діагностики, лікування та профілактики стоматологічних захворювань [1, 2]. Особливо перспективним є використання інтелектуальних технологій у сфері стоматологічної гігієни, оскільки профілактика залишається найбільш економічно ефективним способом запобігання розвитку карієсу, пародонтиту та інших захворювань ротової порожнини [3]. Незважаючи на зростаючу кількість впроваджень ШІ у стоматологічну практику, систематизація та аналіз ефективності таких технологій для покращення стоматологічної гігієни залишається недостатньо дослідженим питанням, що обумовлює актуальність даної роботи.

Мета роботи. Проаналізувати сучасні методи застосування штучного інтелекту в сфері стоматологічної гігієни, визначити їх клінічну ефективність та перспективи впровадження в стоматологічну практику України.

Матеріали та методи. Дослідження базувалося на аналізі наукових публікацій за період 2018–2024 років, представлених у міжнародних наукометричних базах даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar. Пошук здійснювався за ключовими словами: «dental hygiene», «artificial intelligence», «machine learning», «oral health», «smart toothbrush», «dental monitoring» та їх комбінаціями. До аналізу було включено рандомізовані клінічні дослідження, систематичні огляди, метааналізи, а також пілотні дослідження інноваційних технологій.

Додатково проведено власне пілотне дослідження з оцінки ефективності використання «розумних» зубних щіток з підтримкою ШІ серед 45 пацієнтів віком від 18 до 45 років протягом 6 місяців. Дослідження було схвалено комісією з питань етики Roseroot dental care (протокол № 125 від 15.09.2023 р.), а від усіх учасників було отримано інформовану згоду.

Учасники були розподілені на дві групи: основна група (n = 23) використовувала «розумні» зубні щітки з функцією аналізу якості чищення зубів та зворотним зв'язком через мобільний додаток; контрольна група (n = 22) використовувала звичайні

електричні зубні щітки. На початку дослідження та через 3 і 6 місяців оцінювали індекс гігієни OHI-S (Green-Vermillion), індекс кровоточивості ясен (SBI) та рівень задоволеності пацієнтів.

Статистичний аналіз результатів проводився з використанням програмного забезпечення SPSS 25.0. Для порівняння кількісних показників між групами використовували *t*-критерій Стьюдента для незалежних вибірок, а для оцінки динаміки показників всередині груп — парний *t*-критерій. Відмінності вважали статистично значущими при $p < 0{,}05$.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведений аналіз літератури дозволив виділити шість основних напрямків застосування штучного інтелекту в сфері стоматологічної гігієни:

1. Інтелектуальні системи моніторингу гігієни ротової порожнини

Одним із найпоширеніших застосувань ШІ в стоматологічній гігієні є «розумні» зубні щітки з вбудованими датчиками та алгоритмами машинного навчання. Системи такого типу відстежують параметри чищення зубів (тривалість, тиск, охоплення всіх зубних поверхонь) та надають персоналізовані рекомендації через мобільні додатки [4]. Дослідження Geren et al. [5] показало, що використання «розумних» зубних щіток підвищує якість щоденної гігієни порожнини рота на 35% порівняно зі звичайними електричними щітками.

Результати нашого пілотного дослідження підтверджують ці **Висновки.** В основній групі пацієнтів, що використовували «розумні» зубні щітки з ШІ, спостерігалося достовірне зниження індексу OHI-S з 2,3±0,4 до 0,8±0,2 через 6 місяців використання ($p < 0{,}001$), тоді як у контрольній групі цей показник знизився з 2,2±0,3 до 1,4±0,3 ($p < 0{,}01$). Різниця між групами після 6-місячного використання була статистично значущою ($p < 0{,}01$).

2. Системи аналізу зображень та розпізнавання патологій

Алгоритми комп'ютерного зору та глибинного навчання дозволяють аналізувати фотографії ротової порожнини, зроблені за допомогою смартфонів, для виявлення проблем із гігієною та ранньої діагностики стоматологічних захворювань [6]. В дослідженні Lee et al. [7] система розпізнавання зображень на основі згорткових нейронних мереж продемонструвала чутливість 92% та специфічність 88% у виявленні зубного нальоту на фотографіях, що порівнянне з професійною оцінкою стоматологів.

3. Персоналізовані програми профілактики

Системи машинного навчання аналізують індивідуальні дані пацієнта (історія хвороби, генетичні фактори, особливості мікробіому ротової порожнини, харчові звички) та формують персоналізовані рекомендації з гігієни та профілактики [8]. Schmidt et al. [9] показали, що використання персоналізованих програм профілактики, розроблених за допомогою ШІ, дозволило знизити ризик розвитку карієсу на 28% у групі високого ризику протягом дворічного спостереження.

4. Віртуальні асистенти та чат-боти

Віртуальні стоматологічні консультанти на основі ШІ надають пацієнтам базову інформацію про гігієну ротової порожнини, відповідають на поширені запитання та мотивують дотримуватися рекомендацій лікаря [10]. Пілотне дослідження Wang et al. [11] продемонструвало, що використання чат-бота для підтримки пацієнтів після професійної гігієни підвищило прихильність до рекомендацій на 42% порівняно з контрольною групою.

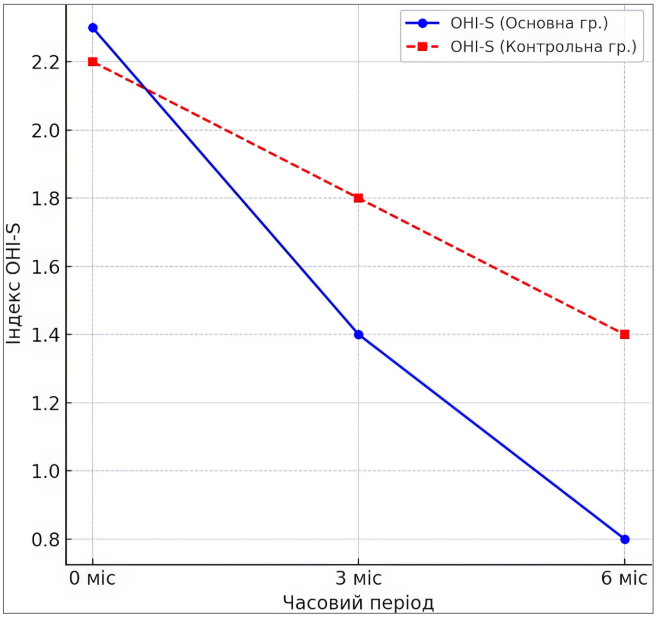


Рис. 1. Динаміка індексу гігієни порожнини рота (OHI-S) у досліджуваних групах

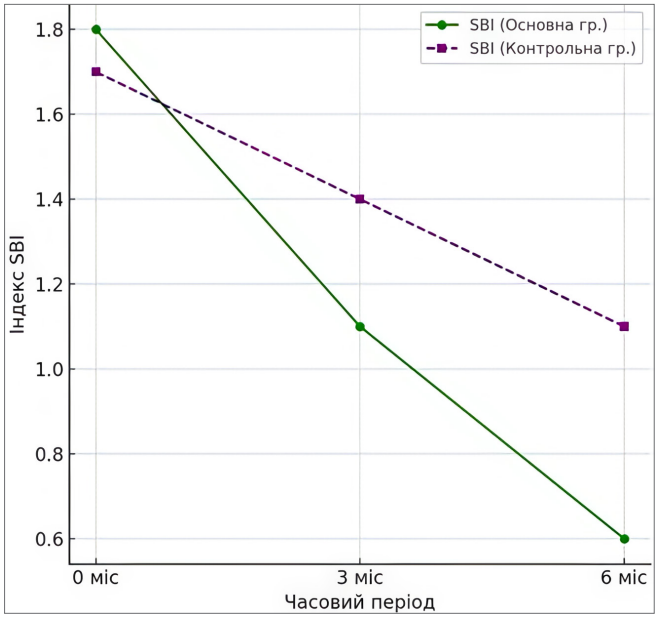


Рис. 2. Зміни індексу кровоточивості ясен (SBI) протягом 6 місяців у досліджуваних групах

5. Інтелектуальні системи для навчання гігієністів та стоматологів

Симулятори з використанням віртуальної реальності та ШІ дозволяють покращити навчання студентів-стоматологів та гігієністів, забезпечуючи реалістичні сценарії та об'єктивну оцінку навичок [12]. Дослідження Garcia-Sanz et al. [13] показало, що студенти, які навчалися на симуляторах з ШІ, демонстрували на 24% кращі результати в клінічній практиці порівняно з традиційними методами навчання.

6. Прогнозування ризиків та раннє виявлення захворювань

Предиктивні моделі на основі ШІ аналізують численні фактори ризику та біомаркери для прогнозування розвитку захворювань пародонту та карієсу [14]. В дослідженні Shimpi et al. [15] алгоритми машинного навчання досягли точності 87% у прогнозуванні розвитку пародонтиту протягом наступних 2 років на основі аналізу електронних медичних карт пацієнтів.

Наше дослідження також показало значне зниження індексу кровоточивості ясен (SBI) в основній групі з 1,8±0,3 до 0,6±0,2 через 6 місяців ($p<0,001$), що може свідчити про ефективність персоналізованих рекомендацій, генерованих системою ШІ «розумної» зубної щітки. В контрольній групі індекс SBI знизився з 1,7±0,3 до 1,1±0,2 ($p < 0,01$). Різниця між групами була статистично значущою ($p < 0,01$).

Рівень задоволеності користувачів «розумними» зубними щітками з ШІ був високим: 86% учасників основної групи відзначили, що будуть продовжувати використовувати цю технологію після завершення дослідження, а 78% рекомендували б її своїм друзям та родичам.

Незважаючи на перспективність застосування ШІ в стоматологічній гігієні, існує ряд викликів, які необхідно подолати для широкого впровадження цих технологій у клінічну практику:

1. **Проблеми валідації та стандартизації.** Багато рішень на основі ШІ розробляються комерційними компаніями і не проходять належної клінічної валідації відповідно до стандартів доказової медицини [16].

2. **Захист даних та етичні аспекти.** Збір та обробка персональних медичних даних вимагають дотримання суворих правил конфіденційності та інформованої згоди пацієнтів [17].

3. **Доступність технологій.** Висока вартість деяких рішень може обмежувати їх доступність для широких верств населення, особливо в країнах з низьким та середнім рівнем доходу [18].

4. **Інтеграція з існуючими системами.** Необхідна безперешкодна інтеграція нових технологій з існуючими системами електронних медичних карт та іншими цифровими інструментами, що використовуються в стоматологічній практиці [19].

Висновки

1. Застосування штучного інтелекту в сфері стоматологічної гігієни показує значний потенціал для покращення якості догляду за ротовою порожниною, підвищення ефективності профілактичних заходів та покращення комунікації між пацієнтами та медичними працівниками.

2. Результати нашого пілотного дослідження підтверджують, що використання «розумних» зубних щіток з функцією аналізу якості чищення зубів та зворотним зв'язком через мобільний додаток достовірно покращує показники гігієни ротової порожнини (індекс OHI-S) та стану тканин пародонта (індекс SBI) порівняно зі звичайними електричними зубними щітками.

3. Основними напрямками застосування ШІ в стоматологічній гігієні є інтелектуальні системи моніторингу, аналіз зображень та розпізнавання патологій, персоналізовані програми профілактики, віртуальні асистенти, системи навчання спеціалістів та прогнозування ризиків захворювань.

4. Для широкого впровадження технологій ШІ в стоматологічну практику необхідно вирішити ряд питань, пов'язаних з валідацією, стандартизацією, захистом даних, доступністю та інтеграцією з існуючими системами.

5. Необхідні подальші довгострокові дослідження для оцінки клінічної та економічної ефективності різних технологій ШІ в стоматологічній гігієні та розробки рекомендацій щодо їх оптимального використання в умовах української системи охорони здоров'я.

Література

1. Schwendicke F., Golla T., Dreher M., Krois J. Convolutional neural networks for dental image diagnostics: A scoping review. Journal of Dentistry. 2019;91:103226. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.103226.

2. Chen YW., Stanley K., Att W. Artificial intelligence in dentistry: current applications and future perspectives. Quintessence International. 2020;51(3):248–257. DOI: https://doi.org/10.3290/j.qi.a43952.

3. Joda T., Bornstein MM., Jung RE., Ferrari M., Waltimo T., Zitzmann NU. Recent trends and future direction of dental research in the digital era. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(6):1987. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph17061987.

4. Kollmuß M., Geren MA., Markovic L., Krois J., Schwendicke F. Commercial smart oral hygiene monitoring devices: A critical review of literature. Clinical Oral Investigations. 2021;25(11):5989–6000. DOI: https://doi.org/10.1007/s00784-021-04059-4.

5. Geren MA., Markovic L., Krois J., Litzenburger F., Schwendicke F. AI-based toothbrushing monitoring and feedback: A randomized clinical trial. Journal of Dentistry. 2022;123:104199. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104199.

6. Singh P., Sehgal P., Arora V., Goel R. Artificial Intelligence (AI) in Dentistry: The Beginning of a New Era. International Journal of Oral Care & Research. 2020;8(4):84–88.

7. Lee JH., Kim DH., Jeong SN., Choi SH. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. Journal of Dentistry. 2019;77:106–111. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.11.007.

8. Mertz L. The Dental Chair: A Gateway to Personalized Healthcare. IEEE Pulse. 2022;13(2):16–20. DOI: https://doi.org/10.1109/MPULS.2022.3156186.

9. Schmidt J, Krois J, Türp JC, Schwendicke F. Machine Learning to Tailor and Deliver Prevention: A Case in Dental Caries. Journal of Dental Research. 2023;102(4):349–355. DOI: https://doi.org/10.1177/00220345221145738.

10. Tandon D., Rajawat J. Present and future of artificial intelligence in dentistry. Journal of Oral Biology and Craniofacial Research. 2020;10(4):391–396. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2020.07.015.

11. Wang SD., Shen Y., Chen X., Wu Y., Chen Y., Lin H. Effectiveness of an AI-based chatbot in improving oral hygiene and gingival health: A randomized controlled trial. Journal of Clinical Periodontology. 2023;50(7):756–766. DOI: https://doi.org/10.1111/jcpe.13754.

12. Zitzmann NU., Matthisson L., Ohla H., Joda T. Digital Undergraduate Education in Dentistry: A Systematic Review. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(9):3269. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph17093269.

13. Garcia-Sanz V., Bellot-Arcís C., Cantó-Navés O., Plaza-Espín A., Paredes-Gallardo V., Martín C. AI-augmented training in dental education: A prospective study. European Journal of Dental Education. 2022;26(3):566–574. DOI: https://doi.org/10.1111/eje.12760.

14. Leite AF., Vasconcelos KF., Willems H., Jacobs R. Artificial intelligence and machine learning applications in dentistry: A systematic review. Clinical Oral Investigations. 2021;25(12):7295–7310. DOI: https://doi.org/10.1007/s00784-021-04190-2.

15. Shimpi N., McRoy S, Zhao H., Wu M., Acharya A. Development of a periodontitis risk assessment model using machine learning. Journal of Periodontology. 2020;91(12):1583–1589. DOI: https://doi.org/10.1002/JPER.19-0277.

16. Schwendicke F., Samek W., Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. Journal of Dental Research. 2020;99(7):769–774. DOI: https://doi.org/10.1177/0022034520915714.

17. Holden ACL., Spallek H. How compliant are dental practice Facebook pages with Australian health care advertising regulations? A Netnographic review. Australian Dental Journal. 2018;63(1):109–117. DOI: https://doi.org/10.1111/adj.12568.

18. Khanagar SB., Al-Ehaideb A., Maganur PC., Vishwanathaiah S., Patil S., Baeshen HA., Sarode SC., Bhandi S. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry — A systematic review. Journal of Dental Sciences. 2021;16(1):508–522. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.06.019.

19. Joda T., Waltimo T., Probst-Hensch N., Pauli-Magnus C., Zitzmann NU. Health Data in Dentistry: An Attempt to Master the Digital Challenge. Public Health Genomics. 2019;22(1–2):1–7. DOI: https://doi.org/10.1159/000501643.

UDC 004

Dashevskyi Artem
Independent Researcher
Дашевський Артем
незалежний дослідник

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11279

INTELLIGENT AUTHENTICATION BASED ON USER BEHAVIOR AND BIOMETRICS

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА АВТЕНТИФІКАЦІЯ НА ОСНОВІ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧА ТА БІОМЕТРІЇ

Summary. *Intelligent authentication based on user behavior and biometrics is becoming a vital tool for ensuring data security. This article focuses on the advantages and disadvantages of these technologies, as well as their application in various fields, including financial services, healthcare, and government institutions. Issues such as reliability, accuracy, and usability are explored, alongside potential risks associated with biometric data breaches and violations of privacy. The article also presents statistical data on the use of various biometric authentication methods, the prevalence of these technologies, and the number of biometric data leaks.*

Key words: *biometrics, authentication, intelligent systems, cybersecurity, user profile, social sectors, human behavior.*

Анотація. *Інтелектуальна автентифікація на основі поведінки користувача та біометрії стає важливим інструментом забезпечення інформаційної безпеки. У статті розглянуто переваги та недоліки відповідних технологій, а також сфери їх застосування, включно з фінансовими сервісами, охороною здоров'я та державними установами. Аналізуються питання надійності, точності й зручності використання, а також потенційні ризики, пов'язані з витоком біометричних даних і порушенням конфіденційності. Представлено статистичні дані щодо використання різних методів біометричної автентифікації, їх поширеності та випадків витоку даних.*

Ключові слова: *біометрія, автентифікація, інтелектуальні системи, кібербезпека, профіль користувача, соціальні сфери, поведінка людини.*

Introduction. Modern society is increasingly dependent on digital technologies. Under these conditions, information protection becomes a critically important task for individuals, companies, and government organizations. Cybersecurity is aimed at protecting computer systems, networks, and data from unauthorized access, alteration, destruction, or theft. This field includes both technical and organizational measures that regulate digital behavior and prevent potential incidents. According to ISO/IEC 27001, information security is defined as the preservation of confidentiality, integrity, and availability of information. Over the past decade, the field of computer security has evolved alongside the changing nature of technologies. Computer security encompasses measures and control mechanisms that ensure the achievement of information security objectives — such as confidentiality, integrity, and availability — regarding hardware and software, firmware, and processed, stored, or transmitted information.

Authentication is the process of verifying whether a user truly is who they claim to be. This includes methods such as unlocking a smartphone using a fingerprint or confirming a transaction via FaceI D. Nowadays, user authentication presents both a problem and a challenge that is becoming increasingly relevant [5]. For an online banking system, it is crucial to ensure the security of user accounts and protect their assets and personal information from intruders, as the data stored in the system is highly confidential. There are many authentication methods. In general, they can be classified into knowledge-based, possession-based, and biometric-based methods. Naturally, each method has its own characteristics (strengths and weaknesses), and the choice of the most suitable

authentication approach depends on the environment. Identification, in turn, is a process in which the system attempts to determine who is in front of it by comparing personal data to an existing database. Examples of such systems include video cameras with facial recognition capabilities and automated access control systems in office buildings. The main goal of identification is to establish a person's identity, rather than merely confirm it. Biometric data is used in a wide range of fields — from mobile applications and government institutions to private companies and transportation systems. Biometrics can be applied for information protection, building access control, and many other purposes.

Information systems accumulate, process, and transmit various types of information, the loss or distortion of which can lead to significant consequences [1, p. 86]. Therefore, it is critically important to ensure reliable user authentication. This article will examine in detail the approach based on biometric authentication. Biometric authentication systems are becoming increasingly popular in today's security solutions market. A statistical analysis will be conducted on the volume of biometric authentication usage.

Biological biometrics include unique traits inherent to a person that remain virtually unchanged throughout life — for example, DNA. This method is more commonly used in forensics and scientific research than in cybersecurity, making it more characteristic of investigative scenarios.

Morphological biometrics are based on external physical characteristics, such as fingerprints, facial structure, ear contours, or iris patterns. This type of biometrics is widely applied in modern technologies, including smartphones, video surveillance systems, and banking services.

Behavioral biometrics are associated with a person's individual habits and mannerisms, which can be recorded both in real-world activities and through interaction with devices. This category includes traits such as handwriting, typing speed, voice timbre, and cursor movements.

Specialized automated programs have been developed to analyze behavioral biometrics by generating

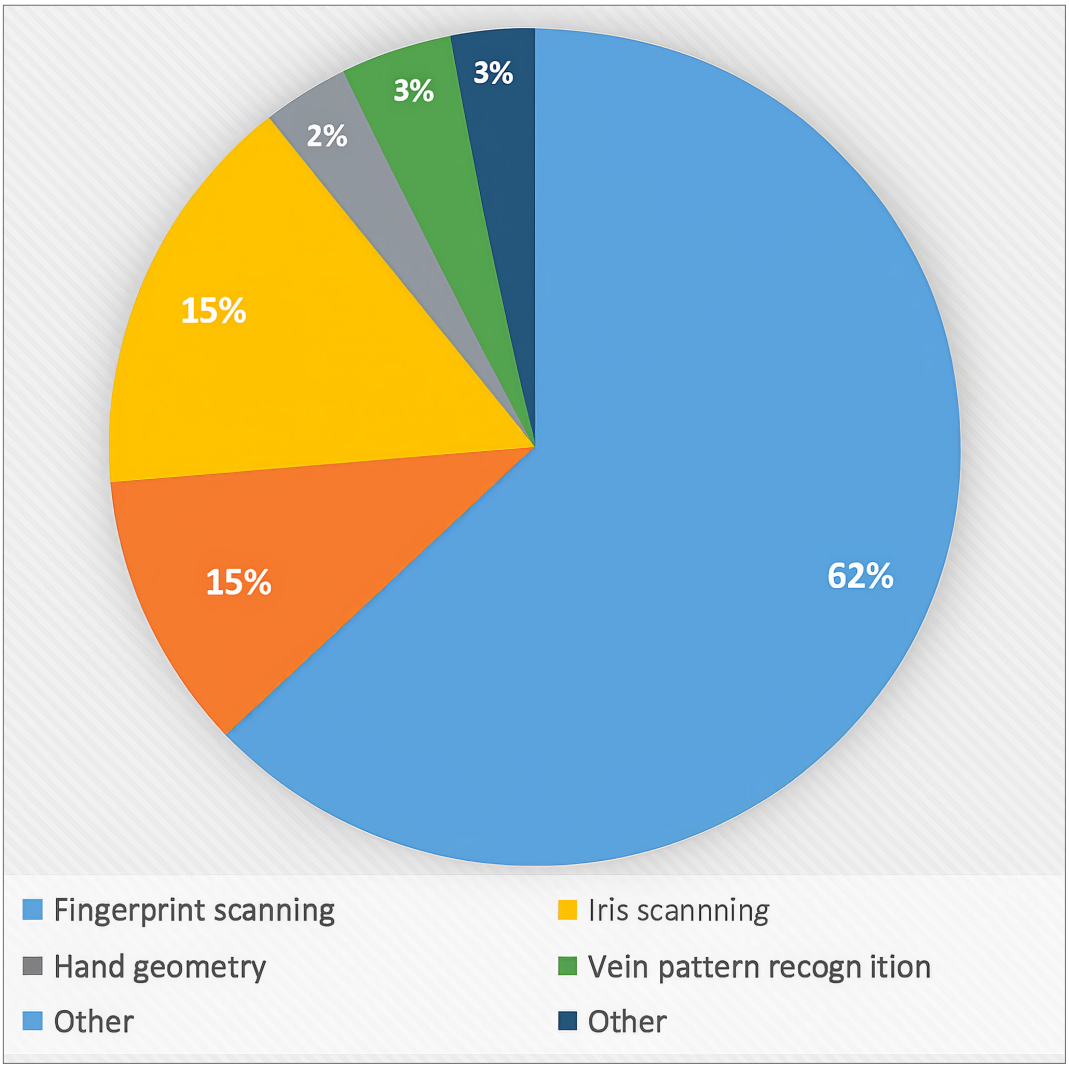


Fig. 1. Percentage Distribution of Various Biometric Authentication Methods

a user profile based on behavioral patterns. These systems are used in the banking sector and large corporations to monitor employees and prevent cyberattacks.

Such systems can track which files a user opens on a work computer, at what time they typically access applications, and how fast they type. If significant deviations from habitual patterns are detected, the system alerts cybersecurity personnel. In addition, these programs may automatically block access and request additional authentication [1].

All biometric authentication systems operate on a common principle [3]. During the registration process, a scanner captures a sample of a biometric trait, which is used to create a biometric template for subsequent authentication. This template is stored in a database alongside the user's identifier. During authentication, the sample provided by the user is transformed into a template and compared with the one stored in the database during registration. However, the biometric template database can be subject to risks such as theft, modification, or destruction. In practice, the most common attacks are carried out through the injection of malicious content [4, p. 60]. Therefore, special attention must be paid to the security of such systems.

The collection of biometric data without the subject's consent is unacceptable, except in certain cases stipulated by law. However, in practice, biometric information is often collected without users' knowledge, and there are many reasons for this. Private companies use such data for targeted advertising and for subsequent sale to other organizations and marketers, while government agencies populate their internal databases [4].

Another serious issue lies in the lack of regulation and absence of clear legal standards. In many countries, it remains unclear who is responsible for protecting biometric data, under what circumstances it may be collected, and how long it may be stored. Due to inadequate safeguards, biometric information may fall into the hands of malicious actors, who then sell this data and use it to carry out cyberattacks.

To improve the reliability of authentication, combined systems are recommended, which involve two-factor authentication — such as combining a biometric scanner with a character-based password or PIN code.

Modern biometric authentication systems are subject to two primary types of errors [5]. A Type I error occurs when the system fails to recognize a legitimate user, resulting in denial of access. A Type II error happens when an attacker is mistakenly identified as an authorized user. These errors can be caused by various factors, which are generally divided into natural limitations and adversarial attacks.

Unlike traditional authentication systems, which require an exact match between the entered password and the one stored during registration, biometric systems grant access based on a sufficient degree of similarity between the provided and stored biometric sample. Because biometric data can vary between the enrollment and authentication phases, this variability

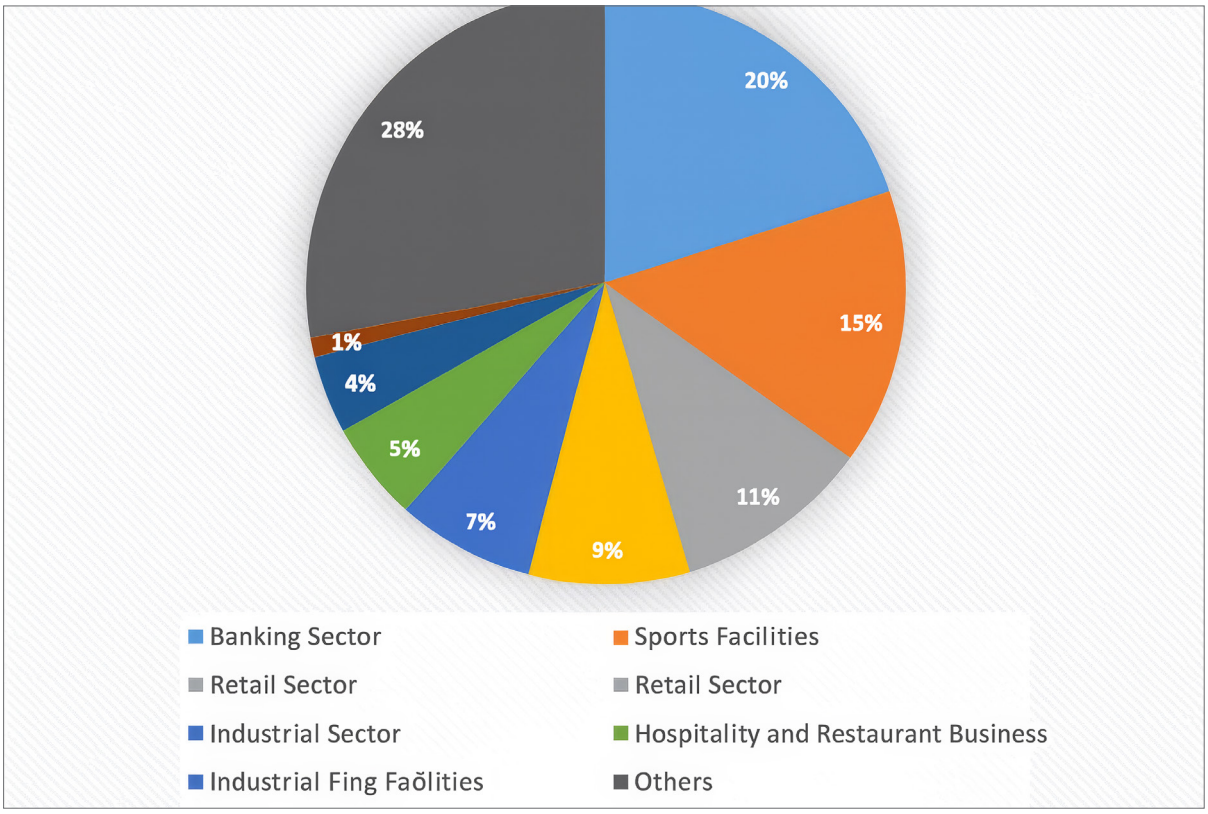


Fig. 2. Prevalence of Intelligent Authentication Deployment

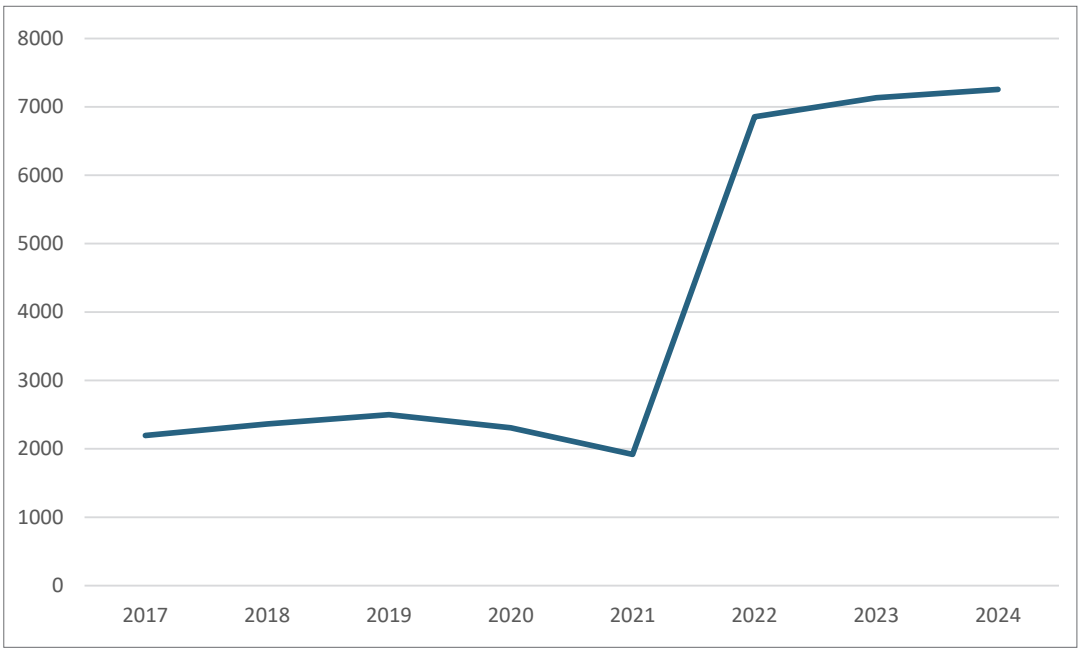


Fig. 3. Number of Biometric Data Breaches Worldwide

may lead to either Type I or Type II errors. A Type I error may occur if two samples from the same user exhibit low similarity. A Type II error can arise if biometric samples from different users show high enough similarity for the system to mistakenly accept an unauthorized user.

Intelligent authentication continues to expand into more areas of daily life, and Figure 2 shows statistical data on the adoption of this technology across various sectors.

At present, biometric technologies have not yet become a widely demanded service among the general population, and their implementation is mainly initiated by government bodies. The primary global application of biometrics is in access control. The state acts as the main operator in this domain, issuing international passports and managing data within the Unified Biometric System. Government support and the introduction of new regulations in the field of biometrics are driving the active development of this market within the country [6].

Currently, the range of biometric technology applications is expanding. In the near future, users will have access to services such as fare payments in regional subway systems, boarding long-distance trains, service at multifunctional government centers without passports, age verification when purchasing age-restricted products, and hotel check-ins without presenting documents. In these cases, biometrics serves as an alternative to traditional paper documents, cards, passes, and physical visits to public service offices.

Due to the widespread implementation of intelligent authentication and the accumulation of large volumes of biometric data, the risks of data breaches have significantly increased in recent times. (See Figure 3.)

Information protection requires not only compliance with legislative obligations by data operators, but also vigilance from the data subjects themselves.

The following measures are recommended:

Implementation of firewalls to restrict unauthorized access to large volumes of data.

Deployment of identification and authentication systems for employees with data access privileges.

Maintaining logs of all actions performed by data handlers to track operations conducted on protected information.

Installation of antivirus software to protect against malware.

Application of cryptographic techniques to encrypt data both at rest and in transit.

Adoption of physical data leakage prevention measures, such as protection against screen capturing, audio recording, and interception of electromagnetic emissions.

While these measures require significant financial investment, they have already been implemented in most government institutions and large enterprises. However, small companies — especially those providing services to citizens — remain at risk. Often, they are overlooked by supervisory authorities like Roskomnadzor, as they may not register as data operators. Even if registered, developing a technical protection system for personal data repositories may be prohibitively expensive for many. This highlights the need for individuals to exercise caution when choosing service providers and engaging with them.

References

1. Kissel, R. (2013). *Glossary of Key Information Security Terms*. Maryland: National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.7298r2

2. Stapleton, J.J. (2014). *Security without Obscurity: A Guide to Confidentiality, Authentication and Integrity*. Boca Raton: CRC Press.

3. Clarke, N. (2011). *Transparent User Authentication: Biometrics, RFID and Behavioural Profiling*. London: Springer Science & Business Media.

4. Committee on National Security Systems (CNSS). (2015). *CNSSI No. 4009 — National Information Assurance Glossary*. Retrieved from https://cryptosmith.files.wordpress.com/2015/08/glossary-2015-cnss.pdf

5. Ahmed, A.A., & Traore, I. (2007). A new biometric technology based on mouse dynamics. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, 4*(3), 165–179.

6. Bours, P., & Fullu, S. J. (2009). Login system using mouse dynamics. In *5th International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP 2009)* (pp. 1072–1077).

7. Jorgensen, Z., & Yu, T. (2011). On mouse dynamics as a behavioral biometric for authentication. In *Proceedings of the 6th ACM Symposium on Information, Computer and Communications Security (ASIACCS '11)* (pp. 476–480).

8. Gorodnichy, D.O. (2009). Evolution and evaluation of biometric systems. In *IEEE Symposium on Computational Intelligence in Security and Defense Applications (CISDA 2009)*.

UDC 004.89:004.932.2:004.056.5

Dashevskyi Artem
Independent Researcher
(Ukraine, Kryvyi Rih)
Дашевський Артем
незалежний дослідник
(м. Кривий Ріг, Україна)

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11303

NLP METHODS AND LINK ANALYSIS FOR PHISHING DETECTION

МЕТОДИ NLP ТА АНАЛІЗ ПОСИЛАНЬ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФІШИНГУ

Summary. *The article focuses on the use of natural language processing (NLP) methods and link analysis for detecting phishing attacks. It highlights key NLP directions, including text analysis, sentiment detection, and entity extraction. The paper examines the life cycle of phishing attacks and techniques used, such as email spoofing, malicious websites, and social engineering. Statistical insights are provided, emphasizing the growing use of AI and chatbots in enhancing phishing tactics. The study supports the effectiveness of applying machine learning and NLP for user behavior analysis and anomaly detection.*

Key words: *natural language processing, NLP, phishing, cybersecurity, text analysis, sentiment detection, entity extraction, link analysis, domain reputation, machine learning.*

Анотація. *У статті розглянуто використання методів обробки природної мови (NLP) та аналізу посилань для виявлення фішингових атак. Описано ключові напрями NLP, зокрема аналіз тексту, визначення емоційної забарвленості та вилучення сутностей. Розглянуто життєвий цикл фішингової атаки та способи її реалізації, включаючи підробку електронних листів, шкідливі сайти та соціальну інженерію. Наведено статистичні дані та підкреслено зростаючу роль штучного інтелекту й чат-ботів у вдосконаленні фішингових методів. Обґрунтовано ефективність використання методів машинного навчання та NLP для аналізу поведінки користувачів і виявлення аномалій.*

Ключові слова: *обробка природної мови, NLP, фішинг, кібербезпека, аналіз тексту, емоційна забарвленість, вилучення сутностей, аналіз посилань, репутація домену, машинне навчання.*

Introduction. This article examines natural language processing (NLP) methods and link analysis as effective tools for detecting phishing attacks. Phishing is one of the most widespread forms of cybercrime, and its successful prevention requires the application of modern technologies. The paper outlines key NLP directions such as text analysis, sentiment detection, and entity extraction.

Web applications accumulate and process significant volumes of user data, which may include confidential or personal information such as names, email addresses, passwords, and credit card details. As the popularity of various electronic services, including medical and banking platforms, continues to grow, so does the volume of collected private information. This attracts the attention of malicious actors seeking access to such data.

The development of the Internet has significantly simplified many aspects of life. As of today, approximately 62.5% of the world's population actively uses the Internet, and the number of users has doubled over the past ten years. In early 2024, the global Internet audience reached 4.95 billion people. The number of social media users also increased by more than 10%, totaling 4.62 billion, which corresponds to 58.4% of the total global population.

Email remains the most vulnerable component of any organization and serves as the entry point for 91% of cyberattacks. A single malicious message can result in significant financial losses and harm to a company. Such crimes are typically based on principles of social engineering, where attackers impersonate a trusted entity in order to gain access to personal information. Awareness of the principles behind these constantly evolving attacks and understanding the tactics employed are key factors in staying ahead of cybercriminals [1].

Problem Statement. One of the most serious threats faced by users of email and social networks is phishing attacks. Phishing is a cyberattack method in which attackers contact the victim via email or social media platforms, often posing as legitimate organizations such as banks or universities. The purpose of such actions is to prompt individuals to disclose their confidential information, including logins, passwords, and bank card details.

Victims are deceived into clicking malicious links or entering personal data, which can lead to the installation of malware or the leakage of sensitive information. Phishing attacks on large companies often involve highly technological and complex schemes used to penetrate corporate networks as part of larger-scale cyberattacks [2].

The phishing problem remains highly relevant in the context of social media. Despite significant efforts aimed at countering this threat over the years, no definitive solution has yet been found. Since phishing largely relies on social engineering methods, users must exercise particular caution online and stay informed about possible fraudulent schemes. Interestingly, studies show that individuals with a high level of education are most susceptible to phishing attacks. They are also more likely to become targets of such fraud, as they tend to maintain substantial funds in their accounts [3].

There are several technologies that can be used to carry out phishing attacks:

1. **Email spoofing (masquerading):** The attacker sends an email pretending to be a known sender, allegedly requesting confidential information.

2. **Phishing websites:** The attacker creates a webpage that visually mimics the official site of a company or service, prompting users to enter their personal data.

3. **Social networks:** Attackers utilize social media platforms to gather users' personal information, which is then used to generate fake emails or phishing websites.

4. **Malicious software:** Attackers may distribute malware through email that installs itself on the victim's computer and collects confidential data.

5. **Smishing (SMS phishing):** Attackers send text messages to mobile devices requesting users to follow a link or input personal information.

These methods highlight the diversity of approaches employed by cybercriminals to execute phishing attacks and the importance of increased vigilance on the part of users.

Let us suppose that the attack is carried out via email. In this case, the life cycle of a phishing attack can be divided into several key stages:

1. **Planning:** At the initial stage, the attacker identifies the target audience, selects vulnerabilities and attack methods, and determines on behalf of which organization the phishing messages will be sent. It is also important to figure out how to obtain the email addresses of potential victims.

2. **Preparation:** After selecting the target, attackers develop strategies for delivering messages and collecting data. Email addresses are typically used for distribution, and phishing web pages are created to collect information.

3. **Attack:** At this stage, attackers begin sending phishing messages or links to fake websites. The primary goal is to capture the user's attention and trick them into providing confidential information.

4. **Data collection:** Attackers gather the information entered by victims on phishing pages. During this stage, victims may realize they have been attacked and begin taking action to protect their data. Detection may occur either by the victims themselves or by companies that warn their clients of potential threats. Victims may change passwords, block credit cards, contact support services, or notify law enforcement authorities.

5. **Use of the collected information:** Attackers use the acquired data to carry out unlawful activities, such as making purchases on behalf of the victim or executing other fraudulent schemes.

Conclusion. Thus, cybercriminals distribute emails with the aim of compelling victims to disclose personal information, which is subsequently used to steal their data. The email redirects the victim to a website where they are asked to update their personal credentials (logins, passwords, bank card numbers, etc.). These data are later used by attackers to commit fraudulent activities.

Let us examine the sectors that are most vulnerable to such attacks.

Results and Discussion: The number of phishing attacks continues to rise: in 2024, compared to 2023, their volume increased by 33%, and by 72% compared to 2022. These data were presented in a study conducted by experts from Positive Technologies at the Positive Hack Days cyberfestival. In cooperation with specialists from SDM Bank, they analyzed the tools and topics used by attackers [4].

Last year, the largest number of attacks targeted government institutions (15%), industrial enterprises (10%), and IT companies (9%). Hackers' actions can result in various consequences, including theft of confidential information (63%), disruption of organizational operations (28%), harm to state interests (6%), and direct financial losses (5%).

Experts note that targeted attacks are aimed at specific groups of individuals. This approach requires more time and resources from attackers but significantly increases the likelihood of success. Methods used by APT (Advanced Persistent Threat) groups are often employed in such cases. At the same time, the majority of attacks are mass phishing campaigns in which attackers send messages to large numbers of people, hoping that at least a small percentage of them

will take the desired action. In these cases, attackers often disguise themselves as well-known brands.

Experts predict that the distinction between mass and targeted phishing will gradually diminish. It is also expected that artificial intelligence (AI) will become an integral part of the attackers' arsenal. Currently, hackers are using AI to generate phishing content, allowing them to make attacks more personalized.

Analysts note that chatbots significantly increase phishing adaptability by modifying language and communication tactics depending on the user's response. According to Positive Technologies, messages from "employers" accounted for 10% of all incidents in 2022–2023, and a similar trend was observed in 2024. In addition, there is a growing use of deepvoices and deepfakes.

According to information from Positive Technologies, 84% of all phishing attacks are conducted via email, far surpassing other channels such as websites (23%) and social networks and messengers (4%). Experts emphasize that effective protection of mail servers requires the implementation of comprehensive information security solutions.

The application of natural language processing (NLP) for detecting insurance fraud involves the analysis of a wide range of unstructured data, such as claims forms, insurance documents, and client correspondence. By leveraging powerful algorithms to process large volumes of information, NLP technologies assist insurance companies in identifying patterns, inconsistencies, and anomalies that may indicate potential fraud.

Natural language processing (NLP) is an advanced artificial intelligence technology that enables machines to understand, interpret, and process human language. It underpins everything from chatbots to search engines and voice assistants [5].

One of the key advantages of NLP lies in its ability to interpret and account for context, making it more effective than traditional rule-based programming methods. Furthermore, NLP can detect subtle nuances and identify implicit inconsistencies. It is also capable of analyzing the sentiment of text, which may serve as an indicator of deception in communication.

NLP enables deeper and more consistent analysis of large data volumes than a human could achieve, significantly reducing the likelihood of overlooking fraudulent activities. This leads to process automation, which in turn accelerates fraud detection and facilitates faster decisions on legitimate claims.

Machine learning (as applied to NLP) can be used to analyze user behavior and detect anomalies or

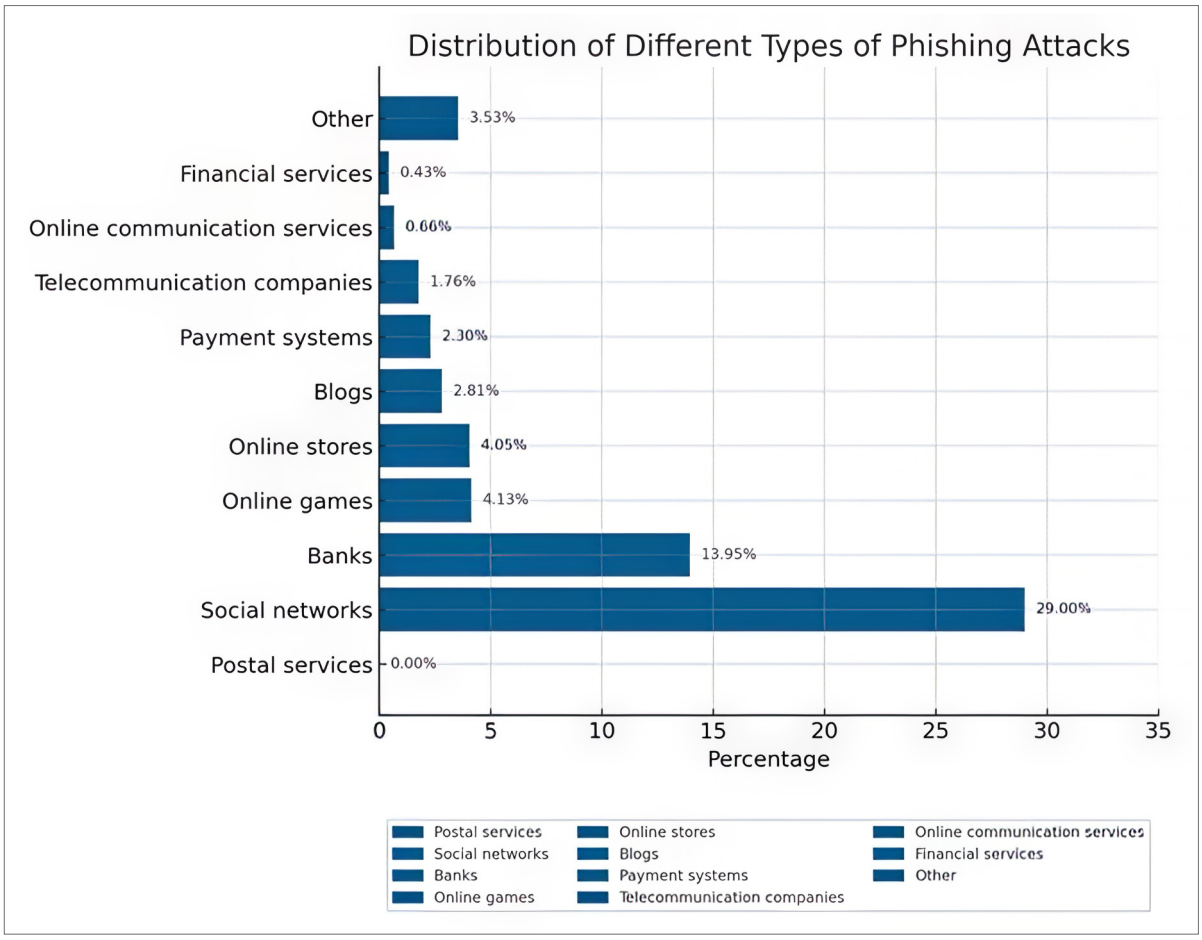


Fig. 1. Distribution of Various Types of Phishing Attacks

suspicious activity. For example, one can study how a user interacts with a website — their clicks, data entry, and navigation patterns. Based on this data, a profile of normal behavior is constructed, and any deviations from it may signal a potential phishing attack.

Natural language processing (NLP) is a scientific field situated at the intersection of computational linguistics and machine learning technologies. With NLP, computers are trained to engage in dialogues, answer questions, translate texts into various languages, and even generate them from scratch. This technology enables the automation of routine tasks, such as classifying customer support requests by topic or language, greatly simplifying the work of support staff.

One of the key areas of NLP is speech recognition, which enables computers to convert spoken commands into text. This is essential for applications that interact with users through voice, such as smart speakers with voice assistants like Alice.

Natural language generation involves converting structured data — such as tables — into natural language text. This task is the inverse of speech recognition and allows the creation of understandable texts based on numerical or categorical information [6].

Another important task is word sense disambiguation. NLP enables computers to accurately interpret the meaning of words in context. For example, the word "замок" in Russian can refer to either a "lock" (a mechanical device) or a "castle" (a fortified building). The role of NLP is to determine which meaning is intended in a given sentence.

Sentiment analysis is another area where NLP proves its effectiveness. Algorithms can extract subjective characteristics from text, such as emotions, which is useful for marketing and public opinion research.

In addition, machine learning can be applied to analyze the content of phishing emails, web pages, and other online resources. This makes it possible to detect counterfeit logos, spelling and grammatical errors, suspicious links, and other indicators of phishing.

Successful training of machine learning models requires large datasets, including information on known phishing websites and emails. It is also essential to capture typical user behavior so that this data can be used to train models capable of identifying phishing resources [7].

One of the key advantages of machine learning in the context of phishing detection is the ability of models to update automatically based on new data. This enables them to adapt to constantly evolving attacker techniques and effectively identify new phishing attacks.

Before applying machine learning algorithms, it is necessary to perform data preprocessing. This stage includes cleaning and normalizing the data, as well as removing outliers and irrelevant features, which is essential for improving the accuracy and efficiency of the models.

References

1. A. Mandadi, S. Boppana, V. Ravella, and R. Kavita, "Detection of phishing websites using machine learning", *2022 IEEE 7th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, Mumbai, India, pp. 1–4, 2022.

2. S. Kuraku and D. Kalla, "Emotet Malware — A Banking Data Stealing Program", *IOSR Journal of Computer Engineering*, vol. 22, pp. 31–41, 2020. [Google Scholar]

3. A. Kulkarni and L. L. Brown, "Detection of phishing websites using machine learning", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 10, 2019. https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100702

4. D. Kalla and A. Chandrasekaran, "Heart disease prediction using machine and deep learning", *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process (IJDKP)*, vol. 13, no. 3, 2023.

5. A. Safi and S. Singh, "A systematic literature review on phishing website detection techniques", *Journal of King Saud University — Computer and Information Sciences*, 2023.

6. S. Das Gupta, K. T. Shahriar, H. Al-Qahtani, D. Al-Salman, and I. H. Sarker, "Hybrid feature modeling for phishing website detection using machine learning techniques", *Annals of Data Science*, 2022.

7. D. Kalla, F. Samaa, S. Kuraku, and N. Smith, "Implementing phishing detection using Databricks and artificial intelligence", *International Journal of Computer Applications*, vol. 185, no. 11, pp. 1–11, 2023.

8. P. Gupta and A. Mahajan, "Detection and prevention of phishing attacks using logistic regression", *International Journal of Creative Research Thoughts*, vol. 10, pp. 2320–2882, 2022.

9. T. A. Assegie, "K-nearest neighbors based URL identification model for phishing attack detection", *Indian Journal of Artificial Intelligence and Neural Networking*, vol. 1, no. 2, pp. 18–21, 2021.

10. D. Ahmed, K. Hussein, H. Abed, and A. Abed, "Phishing website detection model using decision tree algorithm and optimal feature selection method", *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, vol. 13, no. 1, pp. 100–107, 2022.

UDC 004.056.5:004.89

Dashevskyi Artem
Independent Researcher
(Ukraine, Kryvyi Rih)
Дашевський Артем
незалежний дослідник
(м. Кривий Ріг, Україна)

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11305

UEBA AND AI IN BUILDING ADAPTIVE CYBERSECURITY

UEBA ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПОБУДОВІ АДАПТИВНОЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ

Summary. *This article explores the application of artificial intelligence and user and entity behavior analytics (UEBA) in building adaptive cybersecurity strategies. It outlines the core components of UEBA systems, including data collection, behavioral modeling, anomaly detection, and automated response mechanisms. Particular attention is given to the role of AI in reducing false positives and detecting novel, non-obvious threats. Practical use cases are discussed, such as compromised account detection, risk scoring, and adaptive authentication. The article also addresses implementation challenges related to data integration, privacy, and cross-functional collaboration. UEBA is presented as a shift from reactive to proactive cybersecurity enabled by intelligent automation.*

Key words: *UEBA, artificial intelligence, user behavior, cyberattack, cybersecurity, threat detection, adaptive defense systems, vulnerability.*

Анотація. *У статті розглянуто застосування штучного інтелекту та аналітики поведінки користувачів (UEBA) для побудови адаптивної стратегії кіберзахисту. Визначено ключові компоненти систем UEBA, включаючи збір даних, створення моделей поведінки, виявлення аномалій та механізми реагування. Особливу увагу приділено ролі ІІ у зменшенні кількості хибних спрацювань та виявленні нових, нетипових загроз. Наведено приклади використання UEBA для захисту облікових записів, оцінки ризиків та адаптивної автентифікації. Також проаналізовано виклики впровадження, зокрема питання конфіденційності, інтеграції даних та потребу в міжфункціональній взаємодії. UEBA представлено як перехід від реактивного до проактивного кіберзахисту.*

Ключові слова: *UEBA, штучний інтелект, поведінка користувачів, кібератака, кібербезпека, виявлення загроз, адаптивні системи захисту, вразливість.*

Introduction. With the advancement of artificial intelligence, cyberattacks have become more sophisticated, frequent, and destructive — especially considering that threats such as insider attacks and credential theft often bypass traditional security measures. To stay ahead of these threats, innovative approaches to cybersecurity are required, capable of detecting subtle and complex behavioral patterns. This is where User and Entity Behavior Analytics (UEBA) plays a crucial role. UEBA leverages the power of artificial intelligence (AI) to monitor user activities, detect anomalies, and identify potential insider threats. AI has transformed UEBA into an adaptive security strategy, enabling organizations to proactively detect unusual behavior and strengthen their cybersecurity posture.

Threat Landscape and Limitations of Traditional Detection Methods

Cybercriminals are increasingly employing artificial intelligence and machine learning to automate and enhance the effectiveness of their attacks, including AI-powered phishing campaigns and malware that adapts to evade detection. AI enables the scaling and sophistication of attacks, while AI-based tools assist in reconnaissance, target selection, and execution of cyber operations.

Traditionally, conducting cyberattacks required significant technical expertise. Now, generative AI tools can create exploit scripts, phishing emails, and variants of malicious software with the click of a button [3]. This means that even less-skilled individuals can

launch highly effective attacks, increasing both the frequency and complexity of cyber threats.

For instance, AI-powered tools can generate highly convincing targeted phishing emails directed at specific individuals, making detection significantly more difficult. Attackers can also create malware that constantly evolves to avoid signature-based detection.

Unlike static, pre-programmed attacks, AI-driven cyber threats can dynamically change tactics. For example, malware may rewrite its own code to evade detection by antivirus software.

Historically, security systems have relied on predefined rules and pattern matching to detect threats. While effective against known threats, these approaches struggle to detect new or well-camouflaged attacks. For example, signature-based systems such as traditional intrusion detection systems (IDS) may fail to identify low-and-slow behavioral threats or attacks utilizing modern AI-driven techniques [7].

Behavior-Based Security and UEBA Foundations

For many years, security teams have relied on threat intelligence feeds and correlation rules to identify cyber threats. However, these traditional methods have proven insufficient in preventing attacks powered by artificial intelligence.

Threat intelligence gathers information on known indicators of compromise (IOCs), such as malware signatures, suspicious IP addresses, and attack patterns, and alerts security teams when matches are detected [2]. However, this method has a major limitation: AI-generated attacks often lack recognizable IOCs.

Since AI can generate unique, tailored variations of attacks for each target, conventional threat intelligence channels struggle to keep up. Attackers can easily modify code structure, execution methods, and attack mechanisms, making detection through signature-based defenses nearly impossible.

As a result, traditional defense mechanisms lag behind AI's ability to adapt and generate attacks that do not match any known patterns.

In response, security teams are increasingly turning to behavior-based detection methods, such as User and Entity Behavior Analytics (UEBA), which uses machine learning to detect anomalies in user behavior that may indicate account compromise or other threats [1].

The integration of artificial intelligence and machine learning into security systems has significantly enhanced the effectiveness of UEBA. Techniques such as clustering, classification, and anomaly detection enable UEBA systems to process vast amounts of data and identify subtle behavioral changes that would otherwise go unnoticed by humans or static rules.

Core Components of UEBA Systems

UEBA solutions typically consist of four key components that work together to detect and respond to threats:

1. **Data collection** involves gathering information from various sources, including identity and access management (IAM) systems, security information and event management (SIEM) tools, Active Directory logs, VPN access records, endpoint detection and response (EDR) platforms, cloud service logs, and application or database access logs [10].

2. After collecting data, the system builds baseline models to analyze typical behavior of users and entities, including login habits, application usage, network activity, and device interactions.

3. **Anomaly detection** compares current activity against the baselines using methods such as statistical thresholding, peer group analysis, time-series analysis, and machine learning techniques [4].

4. Finally, **alerting and response mechanisms** correlate anomalies and prioritize them to reduce false positives. These mechanisms are often integrated with Security Orchestration, Automation, and Response (SOAR) platforms to trigger automated actions such as account lockout, network isolation, or step-up authentication.

The Role of Artificial Intelligence in UEBA:

1. One of AI's key strengths lies in its ability to analyze massive volumes of data and detect patterns that may go unnoticed by human analysts. With UEBA, AI-based systems can establish baselines of normal behavior for users and organizations [6]. Any deviation from these baselines is flagged as an anomaly, indicating potential security risks.

2. AI-powered UEBA systems consider various contextual factors when analyzing behavior. These include the user's role, job responsibilities, location, time of day, and device used — all to determine whether behavior is legitimate or suspicious.

3. AI leverages machine learning models that continuously improve and adapt based on new data. Over time, these models become more accurate, leading to better detection of anomalies and more effective threat identification.

4. AI assigns **risk scores** to various actions based on their severity and the likelihood that they are malicious. This enables security teams to prioritize responses and focus on high-risk behaviors requiring immediate attention.

5. AI creates **behavioral profiles** for each user and entity by learning their typical activity patterns. When an action significantly deviates from these baselines, the AI system generates alerts to assist security teams in investigations.

6. AI's analytical capabilities help **reduce false positives**, allowing security personnel to concentrate on actual threats instead of being overwhelmed by benign anomalies.

By establishing baseline indicators of normal activity and applying machine learning to detect deviations, UEBA enhances detection efficiency compared to traditional rule-based systems and enables faster and more accurate incident response.

Table 1

Evaluation of Cyberattack Threat Detection Strategies

Feature	UEBA (User and Entity Behavior Analytics)	Correlation Rules (Logic Trees)	Threat Intelligence Feeds
Detection of unknown threats	Uses machine learning to detect behavioral anomalies and identify previously unknown attack patterns.	Uses predefined templates and signatures; cannot detect new, unknown attack vectors.	Can only detect threats that have already been identified and published in the threat intelligence community.
Adaptation to AI-driven attacks	Continuously learns and adapts to new behavior patterns, making it ideal for combating evolving AI-driven threats.	Rules must be manually updated; cannot keep up with the rapid evolution of AI-driven attacks.	Relies on detection and dissemination of known threats; does not provide protection against novel AI-based threats.
False positive rate	Context-aware understanding of normal behavior reduces the number of false alerts.	Rigid rules can generate many false positives, overwhelming security teams.	Depends on the accuracy and relevance of aggregated intelligence.
Detection speed	Quickly detects deviations from normal behavior, enabling faster response.	Detection is as fast as the comprehensiveness of the rules; new threats may go unnoticed.	Dependent on external updates, which may delay detection of emerging threats.
Resource efficiency	Automates detection processes, reducing the need for constant manual oversight.	Requires constant rule creation and tuning, which is resource-intensive.	Easy to collect information, but lacks autonomous threat detection capabilities.
Detection of complex attacks	Detects subtle, sophisticated attacks that mimic normal behavior.	Cannot detect complex attacks that fall outside existing rule logic.	Can only identify known complex threats; fails to detect zero-day or novel attacks.
Scalability	Effectively handles large datasets and diverse environments.	Becomes unmanageable as rule complexity increases.	Scales with volume of shared intelligence but lacks proactive detection capabilities.
Resistance to AI evasion tactics	Difficult for attackers to accurately mimic normal behavior to evade detection.	AI-driven attacks can easily bypass rigid rules by exploiting their inflexibility.	Attackers can change tactics faster than threat data can be updated.

Use Cases and Practical Applications

Thanks to its ability to detect behavioral anomalies in real-time, UEBA supports a wide range of cybersecurity applications.

One of the most critical functions of UEBA is **data protection and identity management**. It can detect unusual data transfers, unauthorized access attempts, and suspicious activities — including covert channels and tunneling [8].

When integrated with Identity and Access Management (IAM), UEBA and AI can provide **real-time behavioral analytics** [10]. By analyzing login data, device usage, and user behavior, the system can tailor authentication responses — enabling seamless access for low-risk users, prompting multi-factor authentication for medium-risk users, or blocking access for high-risk profiles.

Most importantly, UEBA assists in detecting **compromised accounts** in real time through anomalies such as logins from unusual locations or **impossible travel scenarios**. Combined with threat intelligence, this helps organizations identify known attack tactics.

For example, UEBA can detect when:

- A user logs in from an unusual location at an atypical time.
- A privileged account accesses sensitive files it has not previously interacted with.
- A system begins transmitting unusually large volumes of data to an external service.

By analyzing behavior patterns rather than relying on predefined rules, UEBA can identify **subtle, emerging threats** that other tools may overlook.

Advanced AI Techniques in Cybersecurity

Machine Learning (ML) is a branch of artificial intelligence that enables systems to learn from data and improve their performance without being explicitly programmed [5]. In the field of cybersecurity, a common application of ML is **User and Entity Behavior Analytics (UEBA)**, which detects threats by analyzing patterns and behaviors. Machine learning excels at tasks such as identifying anomalies in network traffic and preventing attacks by recognizing abnormal behavior before it escalates.

Deep learning, a subtype of machine learning, uses neural networks to analyze complex datasets and is particularly effective at identifying sophisticated cybersecurity threats, such as emerging strains of malware [7]. In cybersecurity, deep learning is applied to detect **polymorphic malware**, which continuously alters its code to evade traditional detection techniques.

Deep learning models are capable of processing massive amounts of data and detecting behavioral patterns in malware — even when the code differs. For instance,

deep learning can identify anomalies in how files interact with a system and signal malicious intent, even if the malware has not been previously encountered [1].

This ability to learn from subtle behavioral patterns significantly reduces detection and response times to previously unknown threats, making deep learning essential for staying ahead of sophisticated cyberattacks.

Neural networks are AI models inspired by the human brain. Within these networks, nodes process data using weighted inputs. Each node evaluates the input and adjusts the weights to improve accuracy. The final output is based on the sum of these evaluations. In cybersecurity, neural networks help analyze vast datasets — such as firewall logs — to identify patterns and predict potential threats, making them a powerful tool for threat detection.

Large language models such as GPT-4 represent another significant AI technology in the field of cybersecurity. These models specialize in processing and understanding human language, making them highly useful for automating threat analysis and improving the effectiveness of security measures [8]. They can analyze vast volumes of textual data — such as threat reports, logs, and documentation — to identify potential risks and patterns that may indicate an attack.

Language models also assist with tasks such as phishing detection, generating human-readable threat reports, and automating incident response. By understanding context, they enhance cybersecurity tools, enabling faster and more accurate decision-making.

While the implementation of UEBA enables effective threat detection, it also presents several challenges.

Organizations may face data integration issues, as UEBA requires large volumes of data from diverse sources such as network logs, authentication systems, endpoints, and cloud services [2]. Consolidating and normalizing this data, especially in fragmented or legacy environments, can be complex and resource-intensive.

It is also important for organizations to establish baselines of normal behavior, since UEBA systems operate by recognizing deviations from typical user activity. This can be particularly difficult in dynamic environments where roles or behaviors frequently change. Limited historical data or inconsistent patterns may result in false positives or false negatives, undermining trust in alerts during the early stages of deployment.

Privacy concerns and regulatory compliance may also impact implementation. Detailed user monitoring via UEBA can raise privacy issues [5]. To ensure legal and ethical compliance, organizations must implement proper governance, data anonymization, and transparency.

Finally, effective use of UEBA requires expertise in machine learning, behavioral analytics, and cybersecurity — skills that small organizations often lack. The financial burden of acquiring, deploying, and maintaining UEBA tools, along with ongoing tuning and incident response, can be prohibitive.

To address these challenges, organizations need a strategic, phased approach that includes effective data management, cross-functional collaboration, and investment in skill development and technology [8].

Conclusion. AI has transformed UEBA from a reactive cybersecurity approach into a proactive and adaptive defense strategy. By leveraging AI's capabilities in data analysis, pattern recognition, and machine learning, organizations can detect unusual behavior, identify insider threats, and enhance overall cybersecurity. As UEBA continues to evolve, it is becoming a powerful tool that enables organizations to stay one step ahead of cybercriminals.

References

1. Abbasi, M., Shahraki, A., & Taherkordi, A. (2021). Deep Learning for Network Traffic Monitoring and Analysis (NTMA): A Review. *Computer Communications*, 170, 19–41.

2. Alotaibi, A., & Rassam, M.A. (2023). Adversarial Machine Learning Attacks on Intrusion Detection Systems: A Review of Strategies and Defenses. *Future Internet*, 15(62).

3. Gkinko, L., & Elbanna, A. (2023). Appropriation of Conversational AI in the Workplace: A Taxonomy of AI Chatbot Users. *International Journal of Information Management*, 69.

4. Dewis, M., & Viana, T. (2022). Phish Responder: A Hybrid Machine Learning Method for Detecting Phishing and Spam Emails. *Applied System Innovation*, 5(4), 73.

5. Kamara Amadou Sara. (2024). The Role of Cognitive-Information Technologies in Cybersecurity: Threat Detection and Adaptive Defense Systems. *Security Issues*, 1. Retrieved from https://cyberleninka.ru/article/n/the-role-of-cognitive-information-technologies-in-cybersecurity-threat-detection-and-adaptive-defense-systems (accessed: 04.07.2025).

6. Kandhro, I.A., Alanzi, S.M., Ali, F., et al. (2023). Real-Time Detection of Malicious Intrusions and Attacks in IoT-Enabled Cybersecure Infrastructures. *IEEE Access*, 11, 9136–9148.

7. Mughaid, A., AlZu'bi, S., Hnaif, A., et al. (2022). An Intelligent Phishing Detection System in Cybersecurity Using Deep Learning Techniques. *Cluster Computing*, 25, 3819–3828.

8. Rizvi, W. (2023). Strengthening Cybersecurity: The Power of Artificial Intelligence in Threat Detection and Prevention. *International Journal of Advanced Engineering and Research Science (IJAERS)*, 10(5).

9. Juanes-Martino, F., Alaiz-Rodriguez, R., Gonzalez-Castro, V., et al. (2023). Email Spam Detection: An Analysis of Spammer Strategies and Dataset Shift Challenges. *Artificial Intelligence Review*, 56, 1145–1173.

10. Chio, C., & Freeman, D. (2018). *Machine Learning and Security: Protecting Systems with Data and Algorithms*. 1st ed., O'Reilly Media, pp. 25–45.

UDC 621.036.7

Fialko Nataliia
Corresponding Member NAS of Ukraine, Doctor of Technical Sciences,
Professor, 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

Sbrodova Galyna
Candidate of Physic & Mathematic Sciences,
Associate Professor, 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: 10.25313/2520-2057-2025-8-11334

OPTIMIZATION OF HEAT EXCHANGE SURFACE GEOMETRIC PARAMETERS FOR THE WATER-TUBE PANEL HEAT RECOVERY EXCHANGER

Summary. *Based on the exergy approach, a complex methodology for optimizing a heat recovery system with a water-tube panel heat recovery exchanger has been developed. The methodology includes the canonical transformation method used in statistical theory of experiment planning. Using this technique, the heat exchange surface geometric parameters of the studied heat recovery exchanger, which is used in schemes for heating water in heating systems, were optimized.*

Key words: *waste heat recovery, exergy approach, complex methodology.*

Relevance. Comparative analysis of the different power installations efficiency is only possible for installations with optimal technological and design parameters. Exergy analysis is an important tool for studying the efficiency and optimization of energy installations various types. This is because exergy characteristics are highly sensitive to changes in plant parameters and can be used as their thermodynamic efficiency and target functions of optimization. In this regard, expanding research into energy installations, including heat recovery equipment, based on an exergy approach is important and relevant.

Literature review. Currently, when optimizing of various types power plants parameters, individual exergy characteristics are most often used as target optimization functions [1–3]. This does not allow taking into account the intended purpose of the process, establishing the localization of exergy losses, etc. The use of complex methods [4–8] allows assessing the installations efficiency, including heat recovery systems, from thermodynamic, thermal engineering, and technological perspectives. Therefore, it is advisable to optimize the parameters of heat recovery equipment using appropriate complex methods.

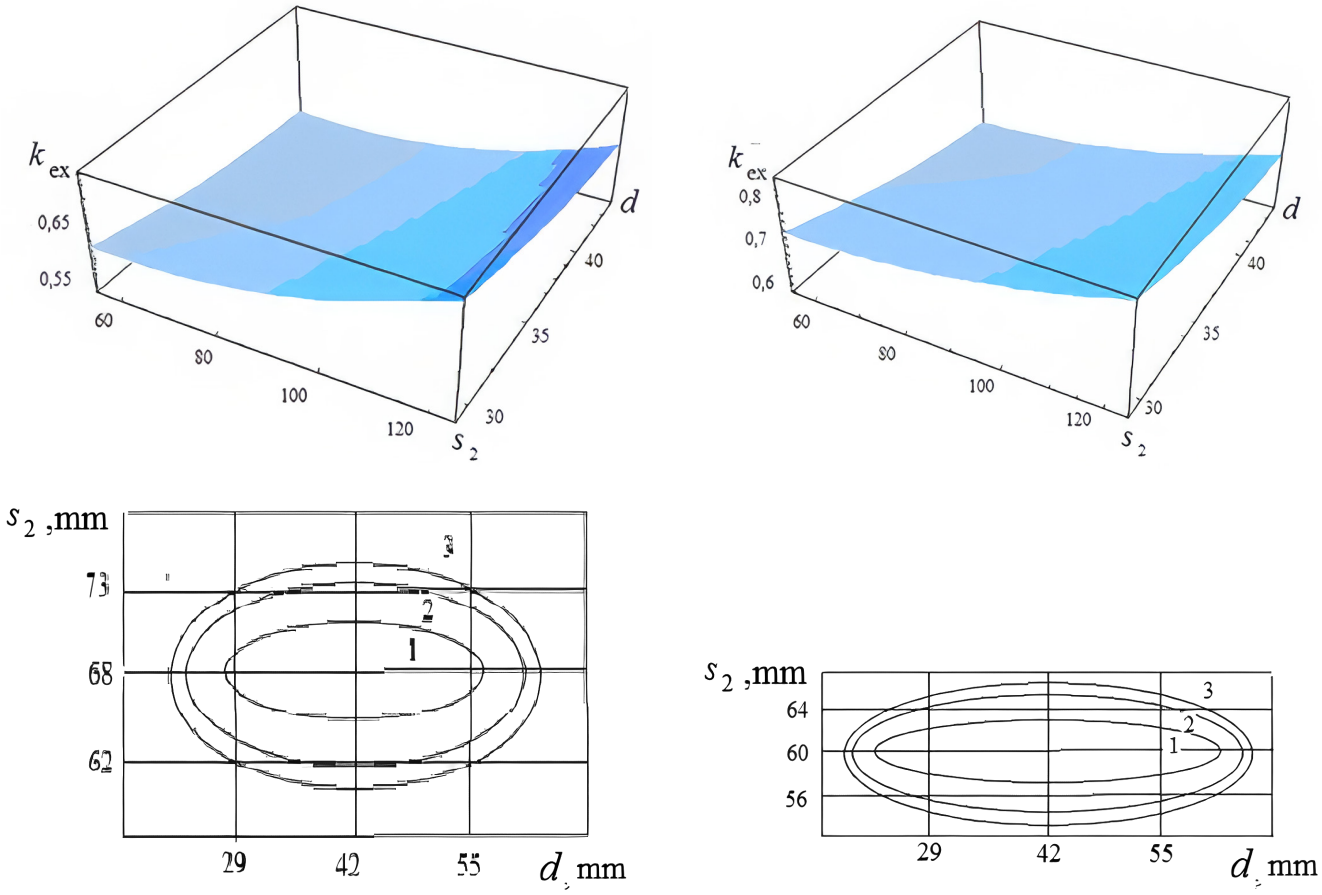
The purpose of the work is to optimize the geometric parameters of the heat exchange surface panel water-tube heat exchanger used in schemes for heating water in heating systems.

Research results. In the work, based on the exergy approach, a complex methodology has been developed that includes the canonical transformation method used in statistical theory of experiment planning. Using the developed methodology, the heat exchange surface geometric parameters of a panel water-tube heat recovery exchanger used in schemes for heating water in heating systems were optimized. The water-tube

heat recovery exchanger consists of three panel-type modules arranged vertically and connected to each other by gas and water paths. The heat exchange part of each heat recovery module is composed of sections in the form of panels with collectors formed by smooth pipes connected by external membranes. Pipe bundle arrangement: staggered and corridor. The exergy criterion for evaluating efficiency k_{ex}, which includes exergy losses in the heat recovery unit, its heating capacity, and mass, is used as the optimization target function. The geometric parameters of the heat exchange surface were used as independent factors: the distance between panels s_1 in the heat exchanger, the distance between pipes in the panel s_2, and the pipe diameter d. The canonical transformation method allows obtaining a graphical interpretation of the optimum region of functional dependencies in the form of a series of contour curves on a plane. For the studied heat recovery exchanger, the functional dependencies of the efficiency criterion on the geometric parameters of the optimum region are ellipsoidal depressions. There is a minimum at the center of the depressions, and the contour curves in the optimum region are ellipses. The following are graphs the dependence of the exergy efficiency criterion on the parameters of the heat exchange surface and the corresponding contour curves for a panel water-tube heat recovery exchanger with a staggered and corridor arrangement of pipes in the bundle (Fig. 1).

The study of response functions in the minimum region and corresponding contour curves made it possible to determine the optimal values and ranges of permissible values for the heat exchange surface geometric parameters of a water-tube heat recovery exchanger (Table 1).

When determining the permissible values of the heat exchange surface geometric parameters of the water-tube heat recovery exchanger, the real requirements for the operational and design features of heat recovery exchangers were taken into account. Thus, using a complex methodology including the canonical transformation method, the optimal values and ranges of permissible geometric values for the parameters of the heat exchange surface of panel water-tube heat recovery exchanger were determined.



a) *b)*

Fig. 1. Dependence of the exergy efficiency criterion on the heat exchanger surface geometric parameters of heat recovery exchanger at the optimal distance between panels s_1 = 60 mm, as well as the corresponding contour curves in the minimum region, as well as the corresponding contour curves in the minimum region:
a — for a staggered layout at 1 – k_{ex} = 0.545; 2 – k_{ex} = 0.550, 3 – k_{ex} = 0.555;
b — for a corridor layout at 1 – k_{ex} = 0.595; 2 – k_{ex} = 0.600; 3 – k_{ex} = 0.605

Table 1

Optimal values and ranges of permissible values of the heat exchange surface geometric parameters of a panel water-tube heat recovery exchanger

Parameter	Chess bundle		Corridor bundle	
	Optimal values	Ranges of permissible values	Optimal values	Ranges of permissible values
s_1, mm	60.5	59.5–61.5	60.0	59.0–61.0
s_2, mm	68.0	67.5–68.5	60.0	59.0–61.0
d, mm	42.0	41.0–43.0	42.0	41.5–42.,5

Conclusions and Prospects

1. To optimize of the heat exchange surface geometric parameters of a panel water-tube heat recovery exchanger, a complex methodology has been developed based on one of the statistical theory of experiment planning methods — the canonical transformation method.

2. Graphs of the dependence of the exergy efficiency criterion of heat recovery exchanger on the heat exchange surface geometric parameters for staggered and corridor pipe arrangements in a bundle were obtained, as well as graphical interpretations of the optimum regions in the form of a contour curves series on a plane.

3. The optimal values and ranges of permissible values of the heat exchanger surface geometric parameters have been determined, which allows for the development of highly efficient heat recovery systems.

References

1. Maatouk Ch., Slim R. Exergy and energy analysis of waste heat recovery options for cooling capacity production. *International Refrigeration and Air Conditioning Conference.* 2014. Paper 1450. URL: http://docs.lib.purdue.edu/iracc/1450 (date of access: 15.08.2025).

2. Bidi Naeimi M., Ahmadi M., Kumar R., Sadeghzadeh M., Nazari M. Design and exergy analysis of waste heat recovery system and gas engine for power generation in Tehran cement factory. *Thermal Science and Engineering Progress.* 2019. Vol. 9. P. 299–307.

3. Mohammadi M. Ali Ashjari, A. Sadreddini Exergy analysis and optimisation of waste heat recovery systems for cement plants. *International Journal of Sustainable Energy.* 2017. Vol. 37. P. 2.

4. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Meranova N., Sherenkovskii J. Efficiency of the air heater in a heat recovery system at different thermophysical parameters and operational modes of the boiler. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2018. 6/8 (96). P. 43–48. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.147526.

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: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.234026.

6. Fialko N., Stepanova A., Navrodska R., Gnedash G., Shevchuk S. Complex methods for analysis of efficiency and optimization of heat-recovery system. *Scientific and innovation.* 2021.17(4). P. 11–18. DOI: 10.15407/scine17.04.011.

7. Fialko N., Stepanova A., Navrodskaya R. Study of the efficiency of a combined heat utilization system using the graph theory methods. *International scientific journal "Internauka".* 2019. № 15(1). P. 61–63.

8. Fialko N., Stepanova A., Navrodskaya 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 622.279

Когут Назарій Сергійович
магістр нафтогазової інженерії
(Україна, Івано-Франківськ)
Kohut Nazarii
Master Degree in Oil and Gas Engineering
(Ukraine, Ivano-Frankivsk)

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11358

ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОТНИХ ОБРОБЛЕНЬ КЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ ПІСКОВИКІВ ГАЗОВИХ РОДОВИЩ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

POSSIBILITY OF ACID TREATMENTAPPLICATION IN THEPRODUCTION WELLS IN SANDSTONES OF CARPSTHIAN FOREDEEP

Анотація. *Вступ. Газові родовища Передкарпатського регіону розробляються переважно у складних геолого-технічних умовах, зокрема в пісковикових колекторах, які часто характеризуються низькою проникністю та ущільненим цементним складом. Одним із ефективних методів інтенсифікації припластової зони свердловин є кислотна обробка, що дозволяє покращити фільтраційно-ємнісні властивості породи. Для оптимізації такого впливу необхідне детальне вивчення реакції кернового матеріалу на різні кислотні композиції з урахуванням мінерального складу, структури та текстури пісковиків. У цьому контексті особливої актуальності набуває дослідження ефективності кислотних оброблень на керні, відібраному з продуктивних горизонтів газових родовищ Передкарпаття.*

Мета. Метою дослідження є розкриття визначенні ефективності впливу кислотних композицій на колекторські властивості пісковиків з метою покращення проникності та інтенсифікації при вибійної зони свердловин у газоносних пластах Передкарпатського регіону.

Матеріали і методи. У ході дослідження були використані зразки кернового матеріалу пісковиків, відібрані з продуктивних горизонтів газових родовищ Передкарпатського регіону. Керн характеризується різним ступенем ущільнення, наявністю глинистої складової та цементу переважно карбонатного і кременистого типу. Мінералогічний склад зразків досліджувався за допомогою рентгеноструктурного аналізу (РСА) та оптичної мікроскопії в поляризованому світлі. Петрографічні дослідження дозволили визначити текстурно-структурні особливості порід та ступінь їхньої пористості до обробки. Для моделювання кислотного впливу використовувалися стандартні лабораторні методики кислотної обробки із застосуванням різних кислотних систем, зокрема: 15% розчин HCl, суміш HCl: HF (12%:3%) для кременистих цементів, органічні кислоти (як альтернатива мінеральним у слабоактивних колекторах). Зразки занурювались у кислоту за сталої температури (кімнатної або до 60 °C – залежно від серії експериментів) на визначені проміжки часу (від 1 до 10 годин). Після обробки зразки промивалися дистильованою водою та сушилися. Колекторські властивості зразків до та після обробки оцінювалися шляхом вимірювання ефективної пористості, проникності та питомої поверхні з використанням: порометрії методом газового проникнення, вагового аналізу для визначення втрати маси після обробки. Також застосовувалися скануюча електронна мікроскопія (СЕМ).

Отримані результати дозволили проаналізувати ефективність різних кислотних складів у покращенні фільтраційно-ємнісних властивостей порід, а також встановити оптимальні умови для проведення кислотної обробки в умовах реальних родовищ.

Результати. У результаті кислотних оброблень кернового матеріалу пісковиків Передкарпатського регіону було встановлено такі основні закономірності:

Після обробки 15% HCl спостерігалося збільшення ефективної пористості на 8–15% та підвищення проникності у 2–5 разів (залежно від типу цементу). Найбільше зростання проникності зафіксовано в зразках із карбонатним цементом, де кислота ефективно розчиняла кальцитові включення. У пісковиках із кременистим цементом кислотна обробка HCl була малоефективною; натомість суміш HCl: HF забезпечила зростання проникності до 3 разів. Тобто відбувалась зміна колекторських властивостей.

Відбулися мінералогічні зміни, а саме зменшився вміст карбонатів відзначено часткове розчинення кварцу та польових шпатів, що призвело до утворення нових порових просторових елементів. СЕМ-дослідження виявили розширення пор та мікротріщин у зонах контакту зерен після обробки.

Встановлені масові втрати зразків після кислотної обробки, вони склали від 6,6% до 10,18%, залежно від мінерального складу та тривалості експозиції, при чому найбільші втрати маси відбувалися в зразках з високим вмістом кальциту.

Кислотна обробка є дієвим методом покращення колекторських властивостей пісковиків газових родовищ Передкарпатського регіону, особливо для порід із карбонатним цементом. Для кременистих порід доцільне застосування комбінованих кислотних систем. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технічних параметрів кислотних обробок у конкретних свердловинах.

Перспективи Отримані результати лабораторних досліджень відкривають низку перспектив для подальшого удосконалення технологій інтенсифікації видобутку газу в Передкарпатському регіоні:

Враховуючи різноманітність мінерального складу пісковиків, перспективним є розроблення селективних кислотних композицій, адаптованих до карбонатно-кременистих та глинистих порід.

На основі лабораторних даних доцільно провести пілотні випробування кислотних оброблень на діючих свердловинах для оцінки реального ефекту за пластових умов.

Подальший розвиток досліджень може включати цифрове моделювання впливу кислот на поровий простір і розробку прогнозних моделей зміни колекторських властивостей після обробки.

Актуальним залишається вивчення екологічних аспектів використання кислотних реагентів, а також пошук більш безпечних та економічно вигідних альтернатив мінеральним кислотам.

***Ключові** слова: пісковики, кислотне оброблення, петрографічний аналіз, інтенсифікація припливу.*

***Summary.** Introduction. Gas fields in the Carpathian Foredeep region are developed mainly in difficult geological and technical conditions, in particular in sandstone reservoirs, which are often characterized by low permeability and compacted cement composition. One of the effective methods of intensification of the near-bed zone of wells is acid treatment, which allows to improve the filtration and capacity properties of the rock. To optimize such an effect, it is necessary to study in detail the reaction of the core material to various acid compositions, taking into account the mineral composition, structure and texture of sandstones. The purpose of the study is to reveal the effectiveness of the influence of acid compositions on the reservoir properties of sandstones in order to improve the permeability and intensification of the near-surface space of wells in gas-bearing strata of the Carpathian Foredeep.*

Purpose. The purpose of the study is to reveal the effectiveness of the influence of acid compositions on the reservoir properties of sandstones in order to improve the permeability and intensification of the near-surface space of wells in gas-bearing strata of the Carpathian Foredeep region.

Materials and methods The study used samples of sandstone core material taken from productive horizons of gas fields in the Carpathian Foredeep region. The core is characterized by varying degrees of compaction, the presence of a clay component and cement of predominantly carbonate and siliceous type. The mineralogical composition of the samples was studied using X-ray diffraction (XRD) and optical microscopy in polarized light. Petrographic studies allowed us to determine the textural and structural features of the rocks and the degree of their porosity before processing. Standard laboratory methods of acid treatment using various acid systems were used to simulate acid exposure, in particular: 15% HCl solution, HCl: HF mixture (12%:3%) for siliceous cements, organic acids (as an alternative to mineral acids in weakly active reservoirs). The samples were immersed in acid at a constant temperature (room temperature or up to 60 ^{o}C, depending on the series of experiments) for specified periods of time (from 1 to 10 hours). After treatment, the samples were washed with distilled water and dried. The collector properties of the samples before and after treatment were evaluated by measuring the effective porosity, permeability and specific surface area using: gravimetric analysis to determine the mass loss after treatment. Scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive analysis (EDS) were also used to assess changes in the rock microstructure and residual mineral matrix. The results obtained allowed us to analyze the effectiveness of different acid compositions in improving the filtration and capacity properties of rocks, as well as to establish optimal conditions for acid treatment in real field conditions.

Results. As a result of acid treatments of core material of sandstones of the Precarpathian region, the following main patterns were established:

After treatment with 15% HCl, an increase in effective porosity by 8–15% and an increase in permeability by 2–4 times (depending on the type of cement) was observed. The greatest increase in permeability was recorded in samples with carbonate cement, where the acid effectively dissolved calcite inclusions. In sandstones with siliceous cement, acid treatment with HCl was ineffective; instead, the HCl: HF mixture provided an increase in permeability by up to 3 times. That is, a change in collector properties occurred.

The mass losses of samples after acid treatment were determined to be from 6.6% to 10.18%, depending on the mineral composition and duration of exposure, with the largest mass losses occurring in samples with a high content of calcite.

Acid treatment is an effective method of improving the reservoir properties of sandstones of gas fields in the Carpathian Foredeep region, especially for rocks with carbonate cement. For siliceous rocks, it is advisable to use combined acid systems. The results obtained can be used to optimize the technical parameters of acid treatments in specific wells.

Discussion. The obtained laboratory research results open up a number of prospects for further improvement of gas production intensification technologies in the Carpathian Foredeep:

Considering the diversity of the mineral composition of sandstones, the development of selective acid compositions adapted to carbonate-silica and clay cements is promising.

Based on laboratory data, it is advisable to conduct pilot tests of acid treatments on operating wells to assess the real effect under reservoir conditions.

Further development of research may include digital modeling of the effect of acids on the pore space and the development of predictive models of changes in reservoir properties after treatment.

The study of environmental aspects of the use of acid reagents, as well as the search for safer and more economically advantageous alternatives to mineral acids, remains relevant.

Key words: *sandstones, acidtreatment, petrographic analysis, production intensification.*

Актуальність теми. Кислотні оброблення свердловин на сьогодні є одним із найбільш розповсюджених методів інтенсифікації припливу до свердловини, що застосовується нафтогазовидобувними компаніями більше ста років. Вони застосовуються для очищення привибійної зони пласта від тріщин, засмічених буровим шламом, глиною або іншими домішками, що суттєво знижують проникність. Це дозволяє відновити потік вуглеводнів, суттєво збільшити нафтовидобуток або газовіддачу і як наслідок — підвищити продуктивність свердловин.

Пісковики Передкарпатського регіону у теригенних колекторах мають специфіку: литотипи з тонкошаруватою петрографічною структурою, нерівномірною проникністю, часто з присутністю застійних глинистих або аргілітових прошарків. Це потребує адаптації кислотних складів та індивідуального підходу до технології обробки.

Складна геологія, зокрема, часті тектонічні порушення, неоднорідність колекторів, водонасичення пластів, ускладнює розвідку й експлуатацію газоконденсатних родовищ. Тому дослідження кислотних обробок допомагає покращити проникність і пристосуватись до реальних умов.

Використання інноваційних методологічних підходів, дослідження сучасних кислотних технологій (солянокислотні та глинокислотні розчини, інгібітори корозії, нові рецептури) дозволяє адаптувати методику для теригенних умов, підвищити ефективність і безпеку операцій.

Вивчення керну, як фізичного зразка породи з пласта дозволить провести лабораторні кислотні обробки та виміряти зміни пористості, проникності, оптимізувати формули кислот і режими ін'єкцій, передбачати ефективність у реальних умовах.

І насамкінець не дивлячись на те, що тема хімічної інтенсифікації продуктивності свердловин — класика галузі, що впроваджується у світі з кінця 19 ст. для специфічних умов України (теригенні колектори, регіональні відмінності) ця тема є інноваційною, регіонально релевантною і стратегічно важливою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тема є глобальною та активною — охоплює як фундаментальні лабораторні дослідження, так і технологічні інновації в індустрії і різні її аспекти досліджують в провідних технічних університетах. Шафик М.У., Махмуд ХКБ [5], досліджують комбінації оцтової та соляної кислот. Для обробки кернів пісковика з детальним аналізом проникності та пористості Ахмед М. Гомаа, Дженніфер Катлер та ін. розроблено систему одноетапного кислотного оброблення (OSSA) для пісковиків — без необхідності попереднього чи постового промиву, що спрощує технологію й знижує корозію. У Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу особливості розкриття та випробування малопроникних газонасичених відкладів, серед яких тонкошарові пісковики вивчають В. Хомин, Н. Гоптарьова, Н. Броніцька.

У 1983 році американський вчений Гаррі О. МкЛеод спільно з SPE створив оригінальні рекомендації по застосуванню кислот та їх концентрацій, що базуються на мінералогічному складі породи та її проникності (таблиця 1). і які потрібно застосовувати тільки при комплексному дослідженні., а не як всеохоплюючий метод.

У пропонованій статті петрографічний аналіз зразків міоценських пісковиків з Передкарпатського прогину здійснювався за допомогою СЕМ (растровий електронний мікроскоп) та аналізу шліфу породи, що дозволило оцінити вплив деяких кислотних розчинів на кернові зразки.

Для аналізу використовувались зразки відібрані при бурінні розвідувальних свердловин на газовому родовищі Гура Ропчицька (Польща), які були передані до Гірничо-металургійної академії імені С. Сташиця, м. Краків. Петрографічний аналіз шліфів (рис. 1) із зразків проводився із застосуванням мікроскопів, що дозволило визначити параметри, тип, пропорції, зернистість, форму і стан породи, природу цементації, включаючи мінеральні добавки та ступінь гідратації, карбонатність породи та ін.

Пісковик (сублітичний ареніт) із міоценських відкладів, забарвлення зміюється від світло-сірого до сірого із темними пропластками (рис. 2). і має вигляд добре зцементованої та міцної породи.

Структура шліфу взірця породи складається із дрібно- та середньозернистого кварцу (0.05–0.5 мм). Здебільшого проявляється добре упакована та посортована матриця складена моно та полікристалічними частинками. Місцями з'являються тонкі малопористі пропластки. Округлість зерен коливається від кутастих до напівокатаних,

Таблиця 1

Оригінальні рекомендації МкЛеода

Ситуація	Концентрація
Карбонатні породи	
Перфораційний розчин	5% оцтова
Пошкоджені перфораційні канали	9% HCOOH
	10% оцтова
	15% HCl
Глибоке пошкодження гірської породи	15% HCl
	28% HCl
	Кислотна емульсія HCl
Пісковики	
Розчинність в HCl>20%	Тільки HCl
Висока проникність (100 мД і вище)	
Кварц 80% і більше; глини < 5%	12.0% HCl/3.0% HF(1)
Польовий шпат > 20%	13.5% HCl/1.5% HF(1)
Заглинизованість > 10%	6.5% HCl/1.0% HF(2)
Високий вміст хлоритів	3.0% HCl/0.5% HF(2)
Низька проникність (10 мД і нижче)	
Заглинізованість < 5%	6.0% HCl/1.5% HF(3)
Високий вміст хлоритів	3.0% HCl/0.5% HF(4)

Пояснення:(1)промивка 15%HCl.(2)промивка стабілізованим 5% HCl. (3)промивка 7.5%HCl або 10%оцтової кислоти.(4)промивка 5% оцтовою

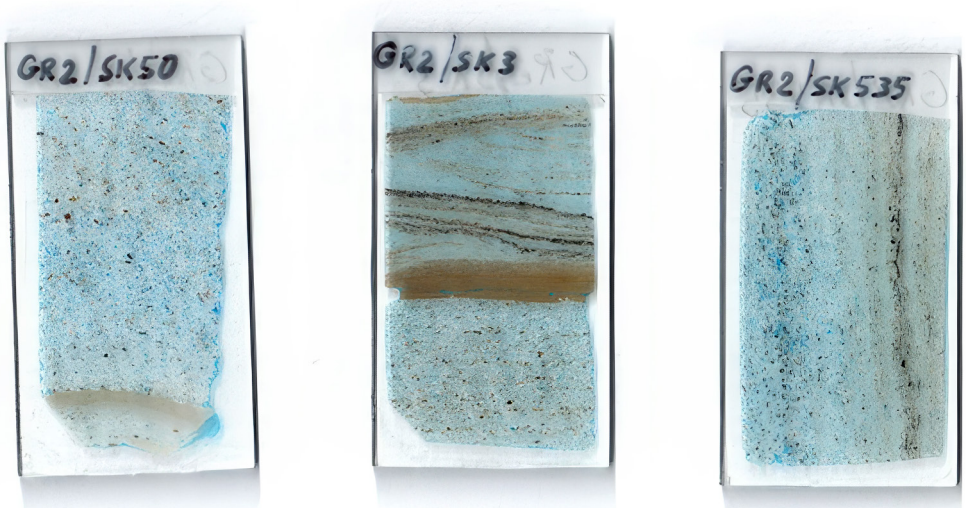


Рис. 1. Шліфи зразків породи із продуктивних покладів
де GR2/sk50 та GR2/sk3 Горизонт — III; GR2/sk535 — Горизонт I

Рис. 2. Передній вигляд зразка породи

здебільшого напівкутаста. В складі породи домінують зерна кварцу в різному степені регенерації, багато з них мають темний колір, що зумовлено магматичними змінами під час яких мінерали заліза надали їм темного забарвлення (рис. 3).

Цементація може бути описана як нерівномірна, контактно-плівочного типу (цемент знаходиться у зоні контакту зерен а також формує плівку наколо деяких із частинок породи).

Знімок включає частки монокристалічного кварцу — Q_m; і полікристалічного — Q_p; пористість — P, карбонати — C; глауконіт — Gl, мусковіт — Ms, представник макрофауни — B. Поява глауконіту свідчить про те, що порода формувалась у морі (Рис. 4).

Рис. 5 та 6 дозволяють показати неоднорідність породи за колекторськими властивостями, що спричинена наявністю мало пористих пропластків.

Текстура таких прошарків — коливається від мікрозернистої (дрібніше 0,01 мм) до тонкозернистої (0,01–0,05 мм). Також певне зниження проникності пов'язане із наявністю карбонатно-глинистої цементації.

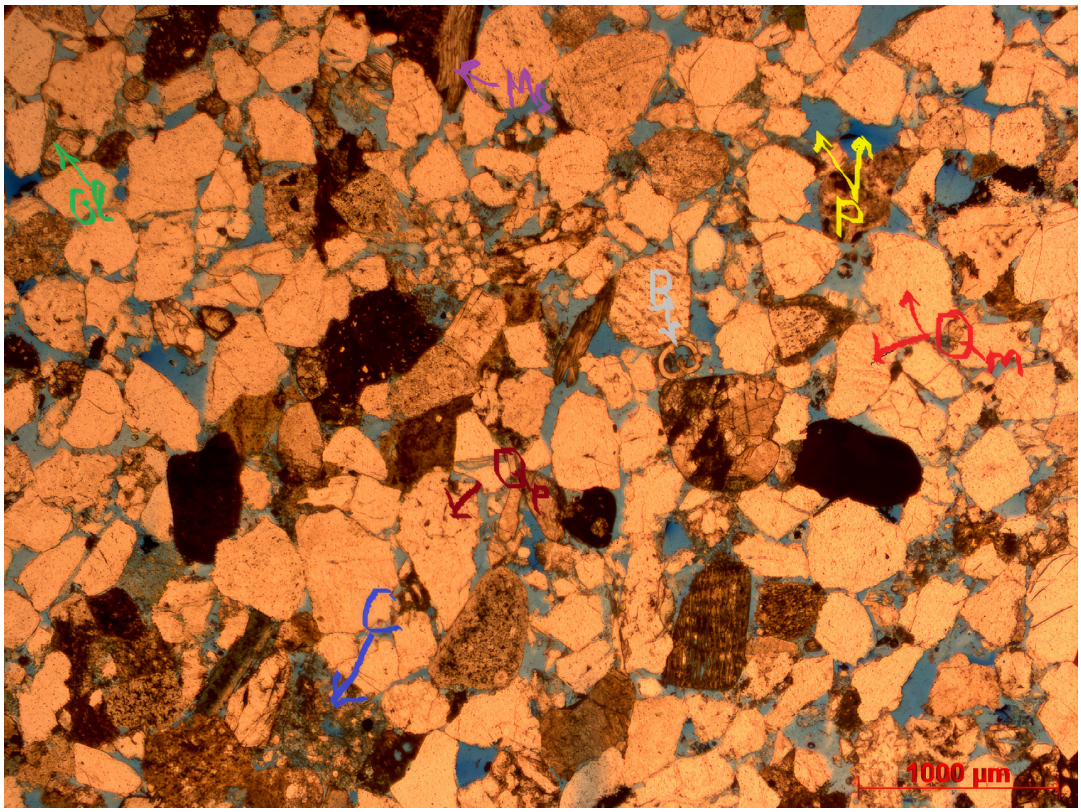


Рис. 3. Петрографічний знімок зразка GR2/sk50, Ніколь II

Рис. 4. Петрографічний знімок зразка GR2/sk50, Ніколь X

На даному рисунку видно нерівномірність цементації та її природу — регенерований кварц у формі плівки. Нижче наведений рис. 8 показує наявність карбонатно-глинистого цементу у низькопроникних зонах.

Глинисті частинки розпізнаються під мікроскопом завдяки більшому приближенню. Вони мають вигляд маленьких пластинок рис. 9.

Загалом колекторські властивості породи нерівномірно змінюються: високі в зонах де виступають численні канали з доброю міжпоровою комунікацією (рис. 3, 7) та низькі у слабо поруватих зацементованих частинах породи (рис. 5, 8). Варто зазначити, що порода підходить під кислотне оброблення, зважаючи на доволі високий вміст карбонатів та високу проникність (хоча і неоднорідну). Перешкодою у досягненні найбільш ефективних результатів операції можуть стати хибні проектні рішення щодо складу кислоти та технології оброблення.

Для приблизної оцінки кількісного складу породи і подальшого підбору кислотних розчинів, користуючись рекомендаціями МкЛеода та ін., проведено планіметричний аналіз шліфів породи за допомогою мікроскопу CarlZeiss.

Після проведення досліду розпізнано 300 позицій і обраховано відсотковий склад зразка GR2/sk50: Кварц — 216 позицій (65,6%); карбонатні частинки — 41 позиція (12,46%); Пори — 67 позицій (20,36%); Мусковіт — 2 позиції (0,6%); польовий шпат — 1 позиція (0,3%); глауконіт — 2 позиції (0,6%), результати якого наведені у таблиці 2.

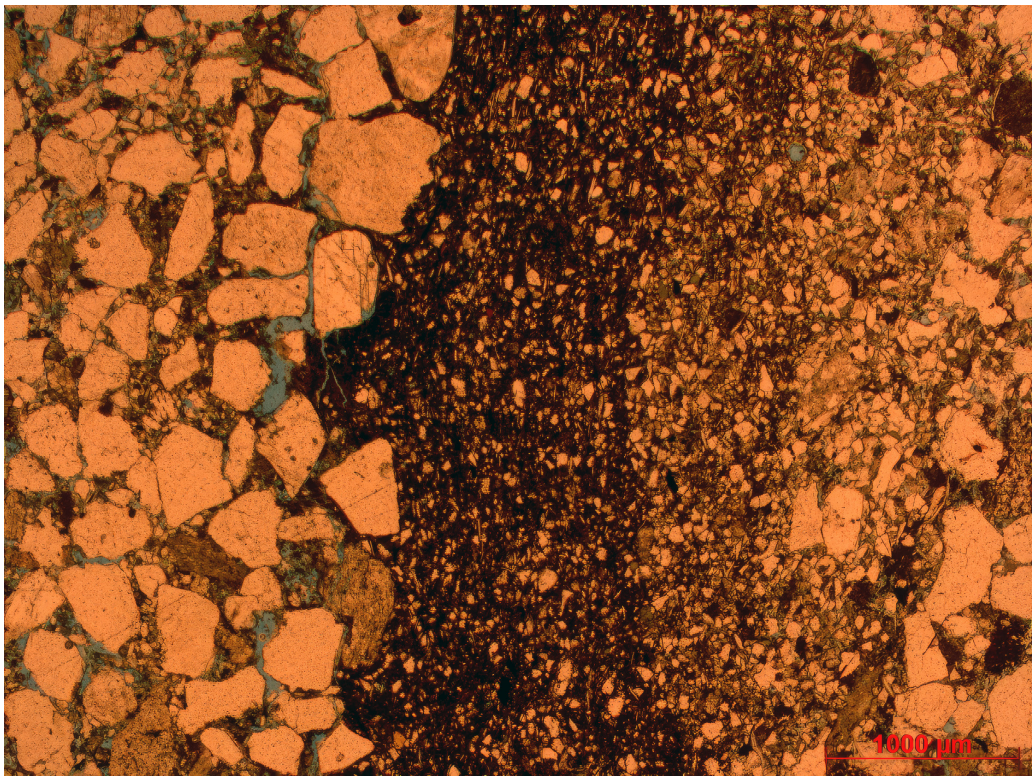


Рис. 5. Петрографічний знімок зразка GR2/sk50, Ніколь II

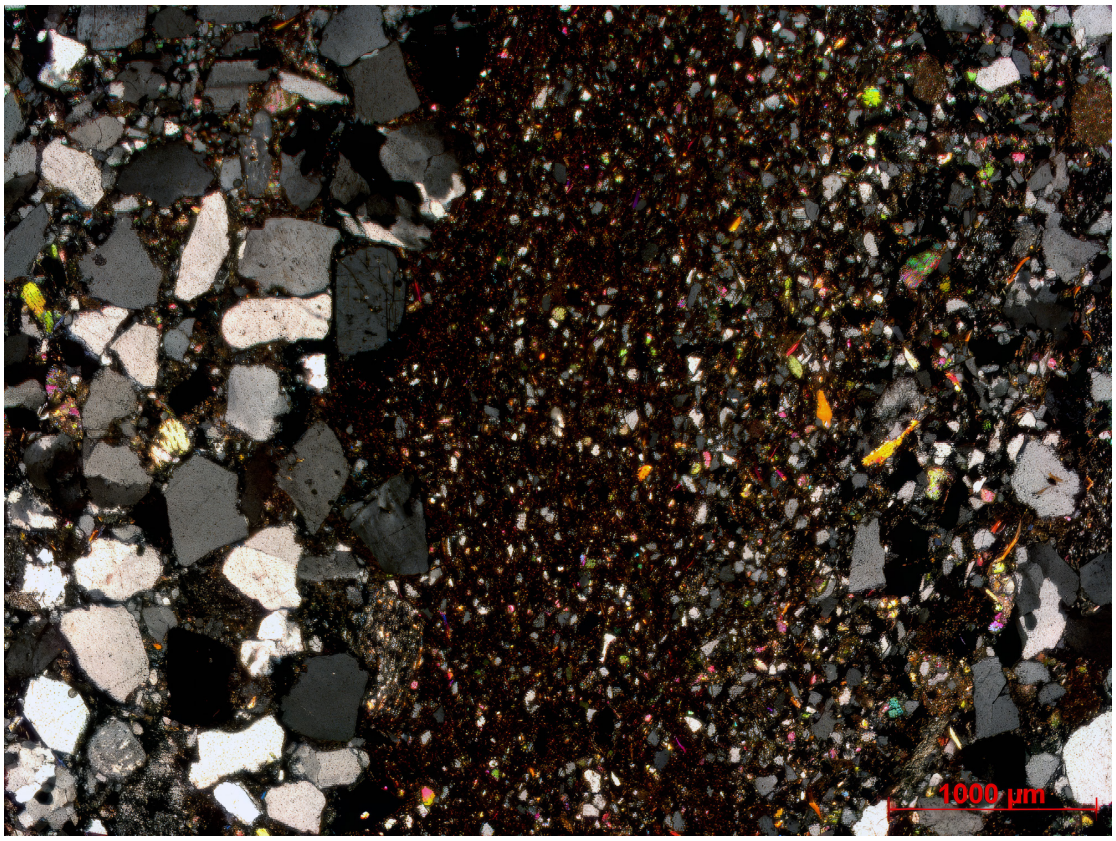


Рис. 6. Петрографічний знімок зразка GR2/sk50, Ніколь X

Точність даного методу обмежується кількістю розпізнаних позицій, а також складністю розпізнавання дрібних мінералів та цементації. Проте дає чітке уявлення щодо усередненого процентного складу мінералів породи-колектора.

Отже, врахувавши проведений аналіз гірської породи та теоретичні знання, для проведення лабораторних досліджень із впливу кислот на зразки кернового матеріалу було обрано наступні кислотні розчини: 15%HCl та 10% HCl для оцінки попередньої промивки;

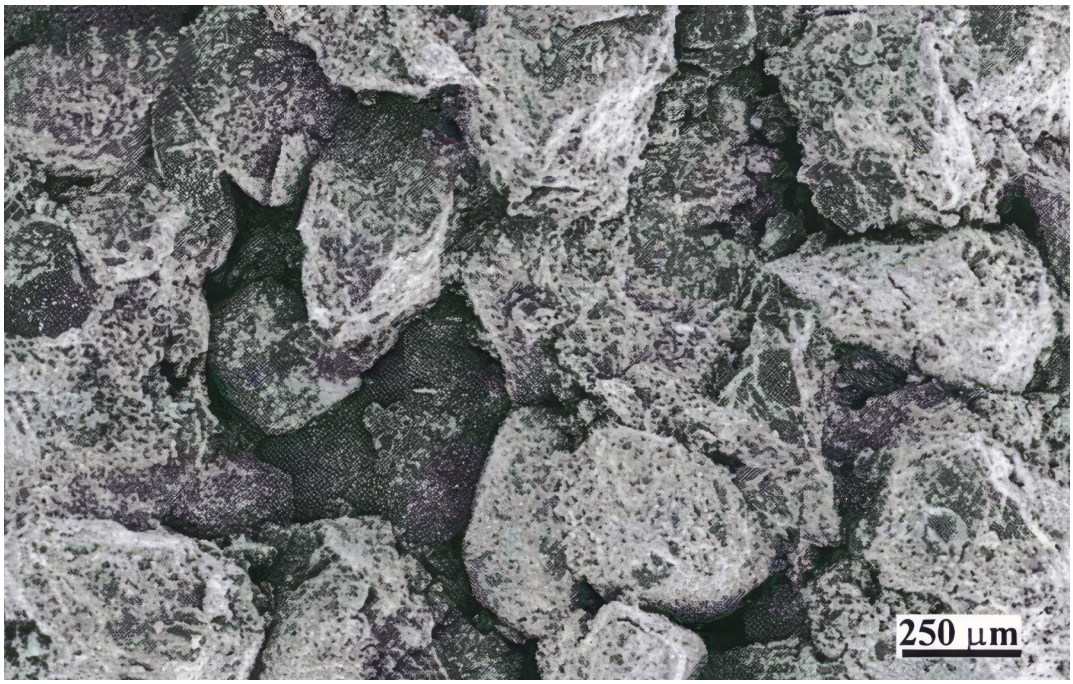


Рис. 7. СЕМ знімок зразка керну (регенерований кварц)

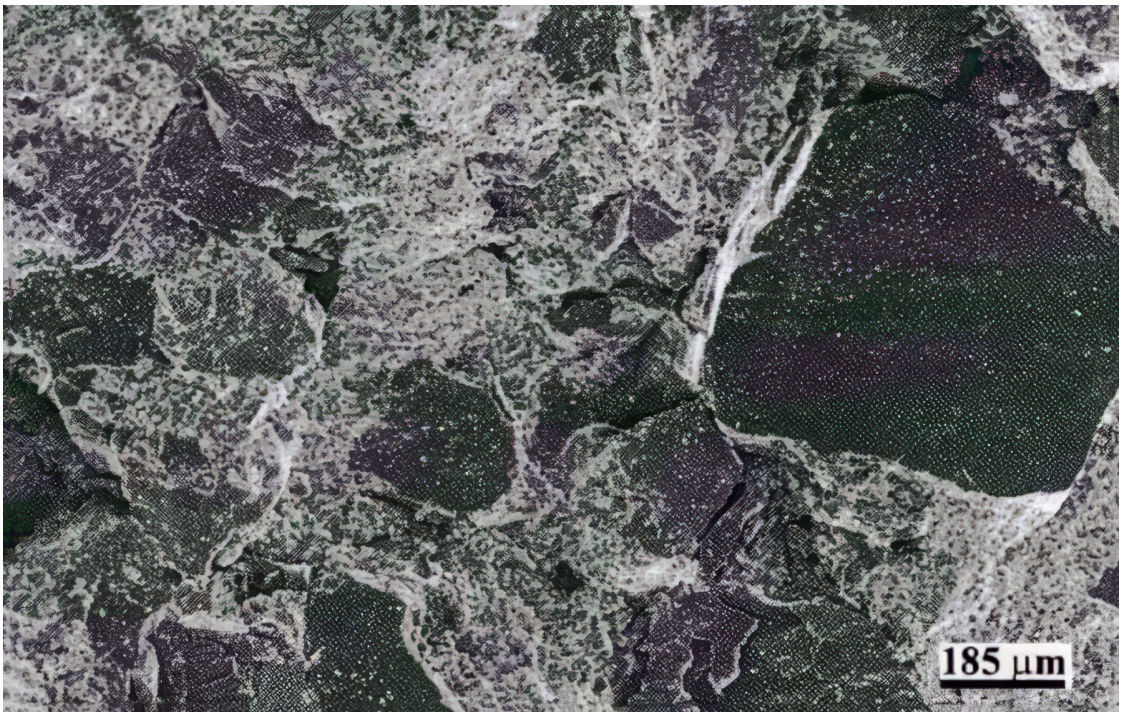


Рис. 8. СЕМ знімок зразка керну (карбонатно-глинистий цемент)

глинокислота (12%HCl+3%HF), 12%HCl+1.5HF та 7.5%HCl+1.5HF для основного етапу.

Для обробки піщаних колекторів велику роль відіграє вміст карбонатних порід, які є легко розчинними у соляній кислоті при цьому виділяється вуглекислий газ. Саме на принципі виділення CO_2 засноване застосування приладу Шайблера.

Після проведення заміру температури та атмосферного тиску; змащення вентилів для уникнення витоку CO_2, подрібнення та відваження 1 г породи поміщається у заздалегідь помиту та висушену колбу та заливається 20 мл кислоти. врівноважуються меніски рідини. Ємність з кислотою виливається на породу і одночасно натискається на секундомір.

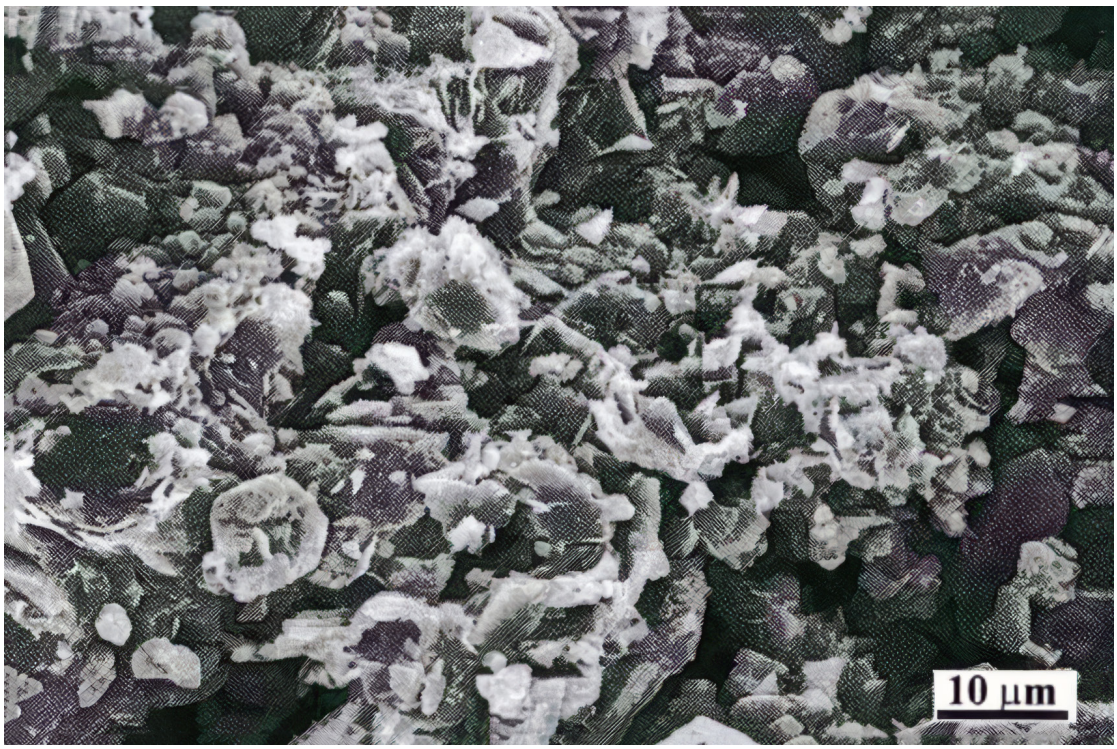


Рис. 9. СЕМ знімок зразка керну (глинисті частинки)

Таблиця 2

Результати планіметричного аналізу зразків породи

Назва зразка (інтервалзалягання)	Мінерал	Нараховані позиції	Відсотковий склад, [%]	Відсотковий склад, [%] (без пор)
Горизонт III GR2/sk50 (1848–1857 м)	Кварц	216	65.6	82.44
	Доломіт/кальцит	41	12.46	15.65
	Пори	67	20.36	-
	Мусковіт	2	0.6	0.76
	Польовий шпат	1	0.3	0.38
	Глауконіт	2	0.6	0.76
Горизонт I GR2/sk535 (1634–1633 м)	Кварц	187	59.75	73
	Доломіт/кальцит	67	21.4	26.2
	Пори	57	18.2	-
	Мусковіт	1	0.3	0.4
	Польовий шпат	1	0.3	0.4
	Глауконіт	0	0	0

Вуглекислий газ, що виділяється, витісняє воду з мірного циліндра. Таким чином за допомогою зміни рівня рідини можна визначити об'єм виділеного CO_2.

Рівняння, що використовується для розрахунку карбонатності породи:

$$y = \frac{b \cdot K}{a} \quad (1)$$

b — об'єм CO_2, см^3; a — маса породи, г;

K — коефіцієнт, що враховує атмосферний тиск та температуру.

Виділення CO_2 під час проходження реакції 10% HCl зі зразком GR2/sk50: 10 сек — 7см^3; 30 сек — 12 см^3; 1 хв — 15см^3; 3 хв — 20 см^3; 5 хв — 23 см^3; 10 хв — 25 см^3; 15 хв — 27 см^3. Загальний вміст CO_2 V_{CO2} = 27см^3.

Для більш достовірних результатів та можливості усереднення дослід проведено тричі для кожного зразка і кислоти. Результати — V_{CO2} = 26 см^3 та 27 см^3.

Середній об'єм CO_2, що виділився

$$V = \frac{V1 + V2 + V3}{3} = \frac{27 + 26 + 27}{3} = 26.83 \text{ см}^3$$

$K = f(P,T) = 0{,}39504$ (для P = 734 мм.рт.ст. t = 21 °C)

Розрахунок карбонатності породи:

$$y = \frac{b \cdot K}{a} = \frac{26.83 \cdot 0.39504}{1} = 10.6\% .$$

Ідентична процедура була проведена для зразка GR2/sk50 із застосуванням 15% HCl кислоти.

Виділення CO_2 під час проходження реакції 15% HCl зі зразком GR2/sk50:

10 сек — 15 см^3; 30 сек — 18 см^3; 1 хв — 20 см^3; 3 хв — 22 см^3; 5 хв — 24 см ^{3}; 10 хв — 26 см^3; 15 хв — 28 см^3. Загальний вміст CO_2 V_{CO2} = 28 см^3

Наступні два експерименти зі зразком GR2/sk50 показали схожі результати V_{CO2} = 26,5 см^3 та 27 см^3.

Середній об'єм CO_2, що виділився

$$V = \frac{V1 + V2 + V3}{3} = \frac{28 + 28 + 27}{3} = 27.67 \text{ см}^3.$$

$K = f(P,T) = 0{,}39462$ (для P = 740 мм.рт.ст. t = 23 °C)

Розрахунок карбонатності породи:

$$y = \frac{b \cdot K}{a} = \frac{27.67 \cdot 0.39462}{1} = 10.92\%$$

Залежність об'єму виділеного CO_2 при обробленні породи 10% та 15% соляною кислотою від часу проходження реакції відображена на рис. 10 та 11.

Загалом реакція 10% розчину проходить швидко, — половина об'єму CO_2 виділилася протягом 1 хвилини реакції. Як видно із рис. 10 та 11, 15% розчин HCl реагує ще швидше, тут половина вуглекислого газу виділилася протягом перших 10 секунд. Кінцевий об'єм газу що виділився при взаємодії породи із різними кислотами має порівнювані значення, з незначною перевагою для 15%-го соляного розчину.

Отже, у обох випадках карбонатність породи перевищила 10%, при цьому визначена за петрографічним аналізом карбонатність склала 12,46%. З цього випливає, що як 10%-ва так і 15%-ва соляні кислоти розчинили більше 80-ти процентів карбонатних компонентів і можуть бути застосовані на етапі промивки.

Проте варто зазначити, що у даний метод не є вичерпним і має ряд недоліків. Перш за все, така мала кількість пісковика (1г) не може повністю відтворити реальний компонентний склад. По-друге, не варто переносити кількість розчиненого $CaCO_3$ на реальні умови — оскільки порода попередньо змелена, що значно полегшує розчинення карбонатних мінералів. По-третє, відношення кислота: порода у даному досліді рівна 20:1, що не відповідає реальним умовам.

При дослідженні кислотної дії на зразок керну двома запропонованими розчинами та оцінка

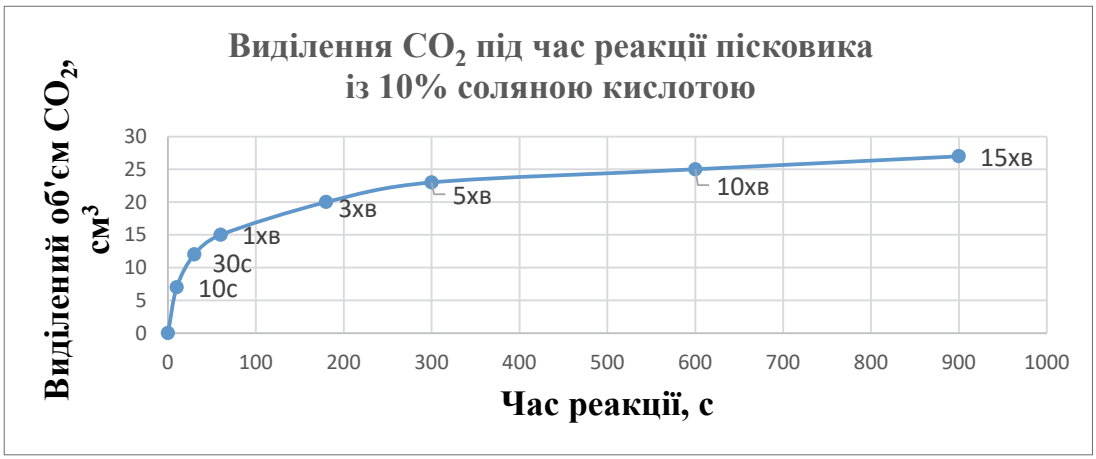


Рис. 10. Залежність об'єму виділеного CO_2 від часу реакції (10% HCl)

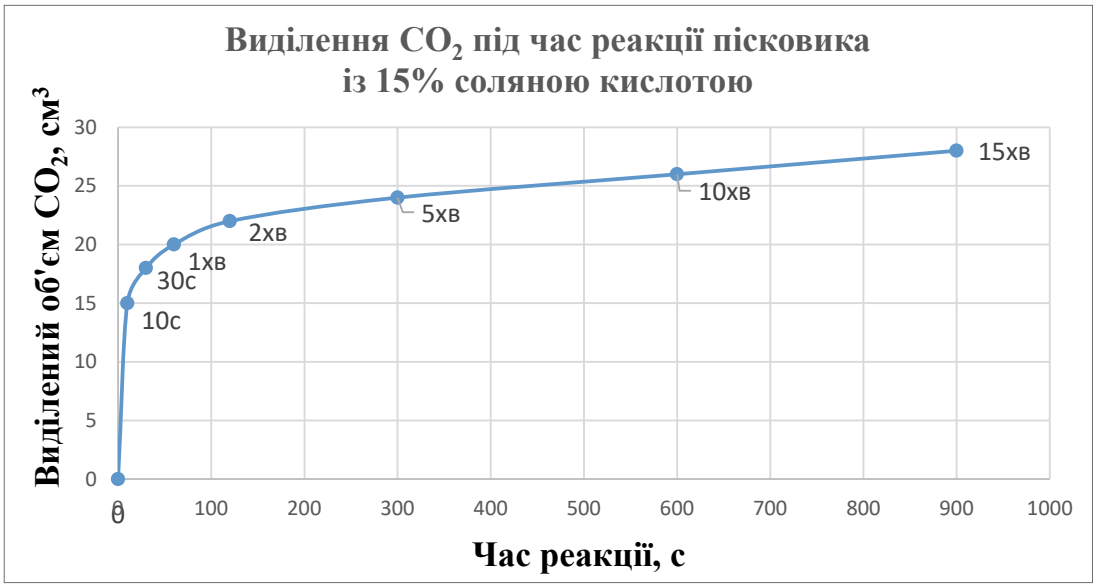


Рис. 11. Залежність об'єму виділеного CO_2 від часу реакції (15%HCl)

ефективності розчинення ними карбонатних компонентів і встановлено, що перевага надається 15% соляній кислоті, незважаючи на вищу корозійність та швидкість реакції. Дана кислота є більш ефективною, що у реальних умовах (при наявності забрудненої ПЗП та складнішого проходження реакції) може принести кращий результат. А беручи до уваги неглибоке залягання продуктивних пластів з температурою не вище 60 °С, корозійну активність можна з легкістю знизити за допомогою інгібіторів корозії. Швидкість реакції не відіграє ключову роль на етапі промивки.

При дослідженні зміни проникності породи під впливом кислотного розчину проникність для порід із газових родовищ вимірювалась з допомогою рідини.

Врахувавши всі недоліки, вирішено, що використання 500 г зразка породи для подібного експерименту є втратою цінного матеріалу для досліджень. Оскільки, залишки подрібленої породи з попереднього досліду склали 80г, постановлено їх використати для пробного експерименту. Щоб заповнити пористе середовище зразок було змішано із лабораторним піском (мінералогічний склад невідомий). Результати проведеного досліду, що базується на оцінці зміни проникності через зміну витрати після обробки глинокислотою наведені у таблиці 3.

Для обрахунку ефективних змін проникності можна застосувати рівняння

$$k = \frac{Q \cdot \mu \cdot L}{\Delta p \cdot F} = \frac{\frac{м^3}{с} \cdot Па \cdot с \cdot м}{Па \cdot м^2} = м^2. \qquad (2)$$

k — проникність [м²]; Q — витрата[м³/с]; μ — динамічна в'язкість [Па·с]; L — довжина порового середовища [м]; Δp — різниця тисків [Па]; F — площа поперечного січення порового середовища [м²]. (2), зміна проникності виражається:

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot 100\% = \frac{0.1063}{0.166} \cdot 100\% = 64\% . \qquad (3)$$

Таблиця 3

Експериментальні заміри витрати води

Замір	Об'єм води, [мл]	Час, [с]	Витрата, [мл/с]	Середня витрата
Перед обробкою	50	310	0.161	0.166 [мл/с]
	100	590	0.169	
	150	888	0.169	
Післяобробки	50	472	0.106	0.1063 [мл/с]
	100	934	0.107	
	150	1414	0.106	

В результаті досліду встановлено, що після кислотного оброблення наступило погіршення проникності пористого середовища. Це спричинене багатьма факторами, наприклад, некоректним заповненням пористого середовища, утворенням непроникних осадів (неможливо оцінити, оскільки не відомий склад лабораторного піску), та ін. Було прийняте рішення провести експериментальне дослідження впливу різних кислотних розчинів на теригенну породу-колектор на основі оцінки втрати маси зразка при взаємодії з кислотою.

Для визначення ефективності запропонованих кислот при взаємодії із керновим матеріалом було запропоновано провести експеримент, що полягає на обсервації реакції та подальшій оцінці кількості розчиненої породи. З огляду на те, що важливу роль під час кислотного оброблення відіграє температура, кислотна дія на зразки проводилася у електричній печі.

Перш за все, проводимо підготовку до процесу оброблення: приготування кислотних розчинів, встановлення температури в печі, дроблення породи на частинки (5–15 г) їх зважування та підготовки обладнання сформовано 4 групи дослідів по три зразки

Всі значення отримані під час процесу зважування (до реакції) наведені у таблиці 4.

Час взаємодії кислот і породи становив 10 годин.

Втрати маси породи протягом реакції із наведеними розчинами та їх графічне зображення наведені в таблиці 5. Всі вони включають і випаровування кислоти.

Оскільки побудовані криві на рис. 12 носять прямолінійний характер, можна сказати, що основна частина втрат маси пов'язана із випаровуванням кислоти.Слабковиражений гіперболічний характер має тільки відрізок, що відповідає першим 15 хвилинам, на жаль, на графічних залежностях цього не видно.

Дослід стосовно12%HCl+1.5%HF кислотного розчину, що за рекомендаціями повинна застосовуватись у породах-колекторах із низьким вмістом глин та середньою проникністю (10–100 мД). Дана кислота вибрана через наявність неоднорідності петрофізичних характеристик у оброблюваної породи. Результати кислотного діяння наведені нижче (таблиця 6).

Як і у попередньому випадку, лінії мають прямолінійний характер, що підтверджує домінуючий характер випаровування кислоти.

Досліджуючи глинокислоту із попереднім застосуванням 15%HCl отримано наступні результати, що наведені в таблиці 7.

Різке падіння лінії на графічній залежності відповідає часу заміни 15%HCl на глинокислоту. Дана

Таблиця 4

Дані отримані при зважуванні (до кислотного діяння)

Тип кислоти	Назва зразка породи	Маса, г			
		порода	посуд	кислота	кислота + посуд
глинокислота	GR2/sk50 (1)	9.514	20.817	28.124	58.455
	GR2/sk50 (2)	10.915	20.686	27.934	59.535
	GR2/sk50 (3)	9.757	20.283	36.209	66.249
7.5%HCl + 1.5%HF	GR2/sk50 (4)	9.297	20.883	30.248	60.428
	GR2/sk50 (5)	7.383	20.559	30.758	58.7
	GR2/sk50 (6)	9.311	20.801	26.616	56.728
2 год 15%HCглинокислота	GR2/sk50 (7)	19.669	32.234	42.07	93.973
	GR2/sk50 (8)	13.283	32.48	32.656	78.419
	GR2/sk50 (9)	10.065	20.864	32.869	63.798
12.5%HCl + 1.5HF	GR2/sk535 (1)	22.065	32.806	53.122	107.993
	GR2/sk535 (2)	15.518	20.971	32.266	68.755
	GR2/sk535 (3)	12.173	14.897	29.696	56.766

Таблиця 5

Втрати маси зразків при реакції із глинокислотоюпри *t* = 61 °C (включно із випаровуванням кислоти)

Зразок	Маса, г				
	початкова	через 15 хв	через 1 год	через 2 год	кінцева (~12 год)
GR2/sk50 (1	58.455	57.972	56.885	55.27	44.272
GR2/sk50 (2)	59.535	59.238	58.361	57.26	46.324
GR2/sk50 (3)	66.249	66.051	65.047	63.764	51.026

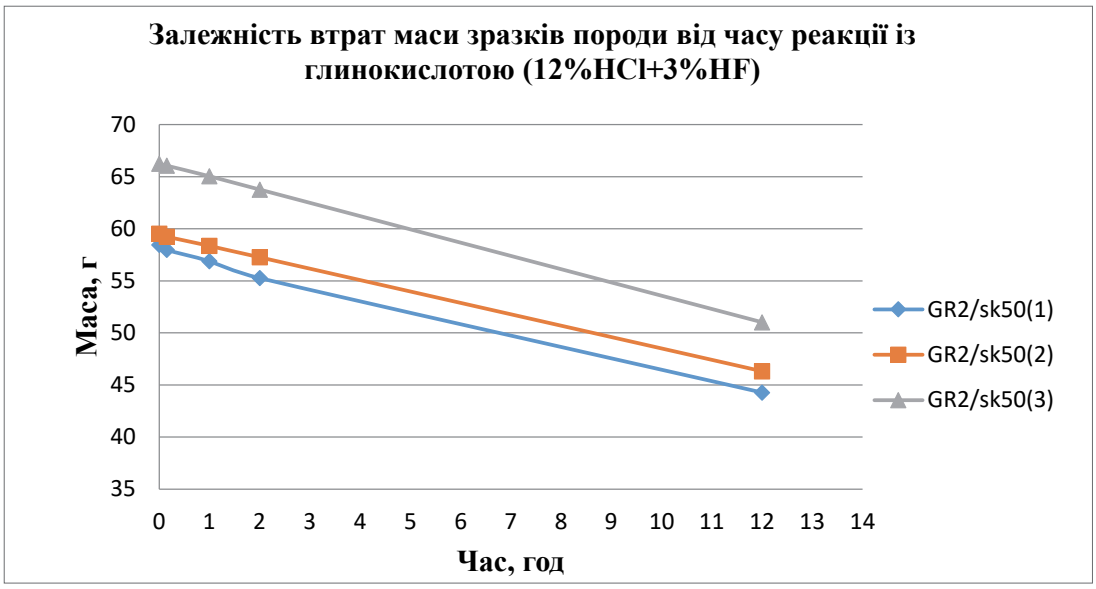


Рис. 12. Графічна залежність втрат маси від часу проходження реакції (із врахуванням випаровування кислотного розчину)

залежність має найбільш виражений із всіх наведених характер, тут можна виділити дві важливі ділянки: 0–15 хв та 2 год — 2 год 15 хв. На першій ділянці — прослідковується більш різке падіння лінії(початок реакції), з невеликим впливом випаровування, а на другій — низьке падіння лінії, що характеризує період нагрівання кислоти перед подальшим випаровуванням та повільної реакції свіжого кислотного розчину із уже прореагованою породою.

Аналіз реакції даного зразка із глинокислотним розчином показує утворення відкладів, природу яких необхідно вивчити, можливо вони мають кольматуючий характер, а отже можуть знизити ефективність обробки.

Останнім із досліджених кислотних розчинів став 7.5%HCl+1.5%HF. Даний розчин рекомендований до застосування у проникних олігоміктових пісковиках де частка кварцу перевищує 80%, а вміст глин — нижче 5%. Результати отримані під час проведення досліду наведені у таблиці 8.

Основною метою даного експерименту було проаналізувати втрати виключно маси породи. Тому, щоб робити будь-які висновки щодо ефективності застосованих кислотних розчинів, після завершення дослідів оброблені зразки були добре висушені та знову зважені. Результати проведених дослідів наведені у таблиці 9.

На рис. 17 та 18 нижче, показано результати дослідів згідно із таблиці 9.

Таблиця 6

Втрати маси зразків при реакції із 12%HCl + 1.5%HF кислотним розчином при *t* = 61 °C (включно із випаровуванням кислоти)

Зразок	Маса, г			
	початкова	15 хв	2 год	12 год
Sk50 (4)	60.428	60.126	58.151	47.531
Sk50 (5)	58.7	58.481	56.53	45.62
Sk50 (6)	56.728	56.463	54.438	44.232

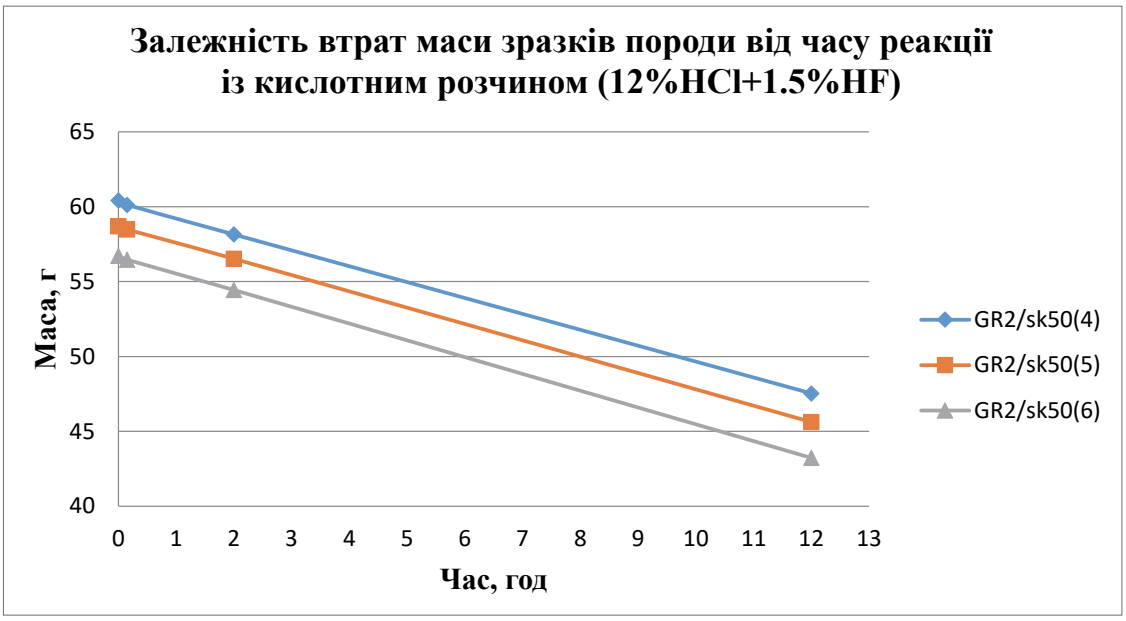


Рис. 13. Графічна залежність втрат маси від часу проходження реакції (із врахуванням випаровування кислотного розчину)

Таблиця 7

Втрати маси зразків при реакції із 15% HCliз подальшим впливом глинокислотним розчином (включно із випаровуванням кислоти)

Зразок	Маса, г						
	початко-ва	15 хв 15%HCl	1 год 15%HCl	2 год 15%HCl	початкова (глинокислота)	15 хв глинокислота	Кінцева 9 год глино-кислота
GR2/sk50 (7)	93.973	93.493	92.391	90.758	86.244	86.045	70.021
GR2/sk50 (8)	78.419	78.11	77.312	75.824	70.386	70.25	56.695
GR2/sk50 (9)	63.798	63.486	62.698	61.48	52.674	52.66	43.161

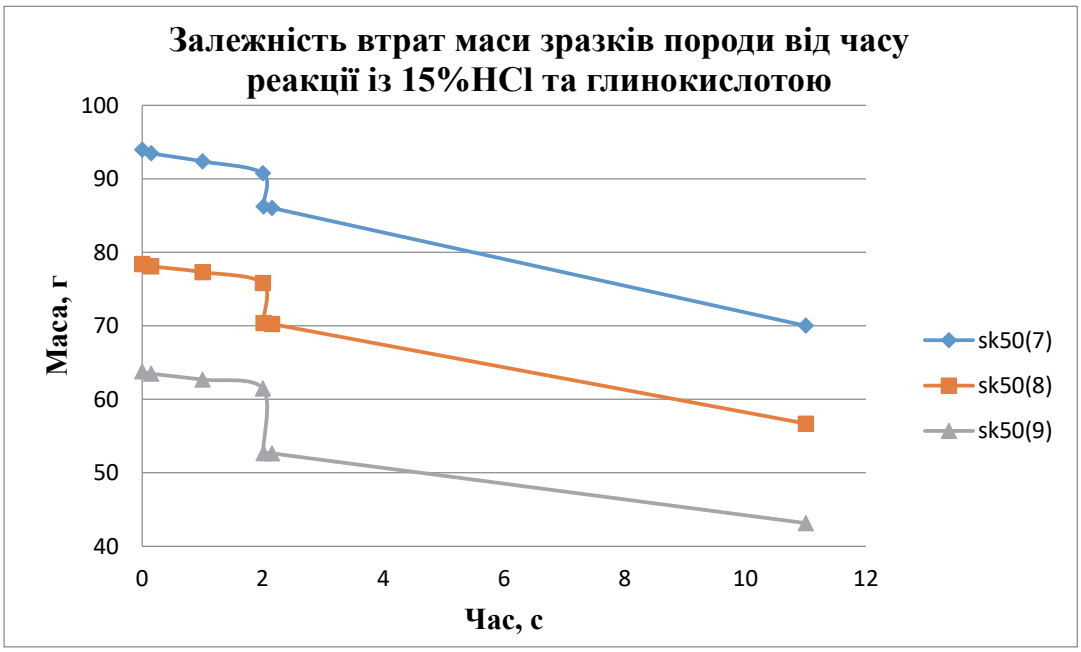


Рис. 14. Графічна залежність втрат маси від часу проходження реакції (із врахуванням випаровування кислотного розчину)

Таблиця 8

Втрати маси зразків при реакції із 7.5%HCl+1.5%HF кислотним розчином при *t* = 61 °C (включно із випаровуванням кислоти)

Зразок	Маса, г				
	початкова	15 хв	1 год	2 год	кінцева (11 год)
GR2/Sk50 (10)	107.993	107.577	106.301	104.201	88.381
GR2/Sk50 (11)	68.755	68.451	67.293	65.658	53.938
GR2/Sk50 (12)	56.766	56.45	55.593	54.35	44.389

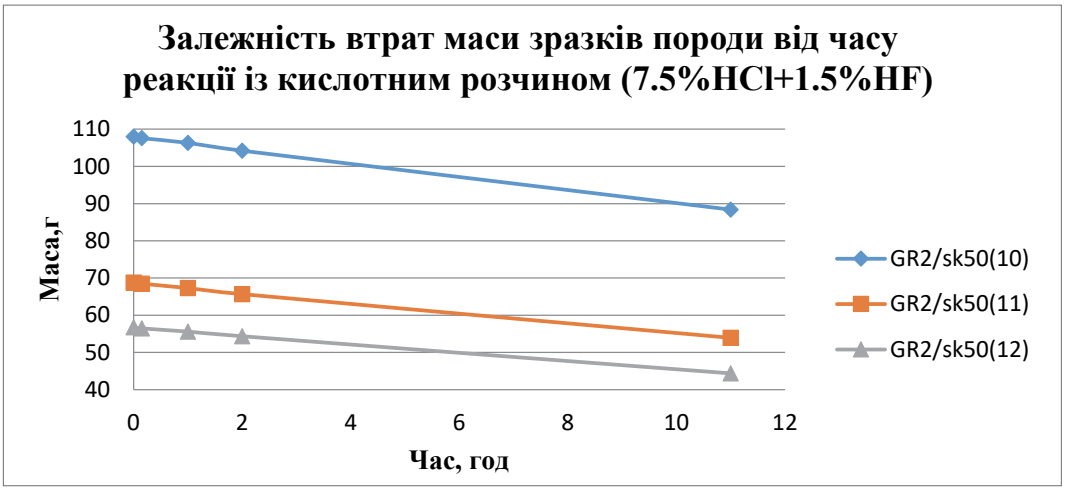


Рис. 15. Графічна залежність втрат маси від часу проходження реакції (із врахуванням випаровування кислотного розчину)

Аналіз таблиць 9 та рис. 16–17, показує, що результати застосованих кислотних розчинів є порівнюваними, хоча найефективнішою із випробуваних стала глинокислота. Найвищого розчинення породи досягнуто при застосуванні 15% HCl із подальшим діянням глинокислотою. Також можна побачити деяку закономірність, що стосується відношення об'єму кислоти до кількості породи. Так, зразки з меншою масою при застосуванні ідентичного кислотного розчину показали дещо вищий результат по втраті маси.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Враховуючи результати проведених досліджень, рекомендовані до застосування кислотні розчини: ГураРопчицька 15% HCl із подальшим обробленням глинокислотою; або промивкою 10%HCl із подальшим обробленням 7.5HCl+1.5%HF. Обидві кислоти показали схожі результати із невеликою перевагою першого. Проте на даному родовищі ще не проводились кислотні оброблення, тому можна обробити продуктивний горизонт менш активною

Таблиця 9

Результати проведених досліджень

Зразок	Тип кислотного розчину	Початкова маса, [г]	Кінцева маса, [г]	Втрата маси, [%]	Середній результат
GR2/sk50 (1)	глинокислота	9.514	8.627	9.32	8.78 [%]
GR2/sk50 (2)	глинокислота	10.915	10.085	7,6	
GR2/sk50 (3)	глинокислота	9.757	8.837	9.43	
GR2/sk50 (4)	12%HCl+1.5HF	9.297	8.68	6.64	7.14 [%]
GR2/sk50 (5)	12%HCl+1.5HF	7.383	6.798	7,92	
GR2/sk50 (6)	12%HCl+1.5HF	9.311	8.672	6.86	
GR2/sk50 (7)	2год 15%HCl + глинокислота	19.669	17.798	9.51	9.82 [%]
GR2/sk50 (8)	2год 15%HCl + глинокислота	13.283	11.985	9.77	
GR2/sk50 (9)	2год 15%HCl + глинокислота	10.065	9.04	10.18	
GR2/sk50 (10)	7.5%HCl+1.5HF	22.065	20.374	7.66	7.94 [%]
GR2/sk50 (11)	7.5%HCl+1.5HF	15.518	14.285	7.95	
GR2/sk50 (12)	7.5%HCl+1.5HF	12.173	11.174	8.21	

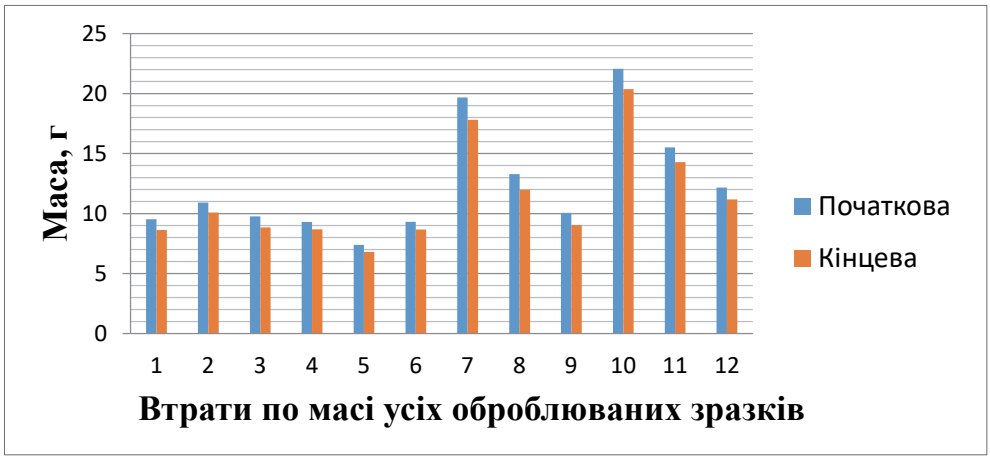


Рис. 16. Різниця між масами зрізків до та після кислотного оброблення

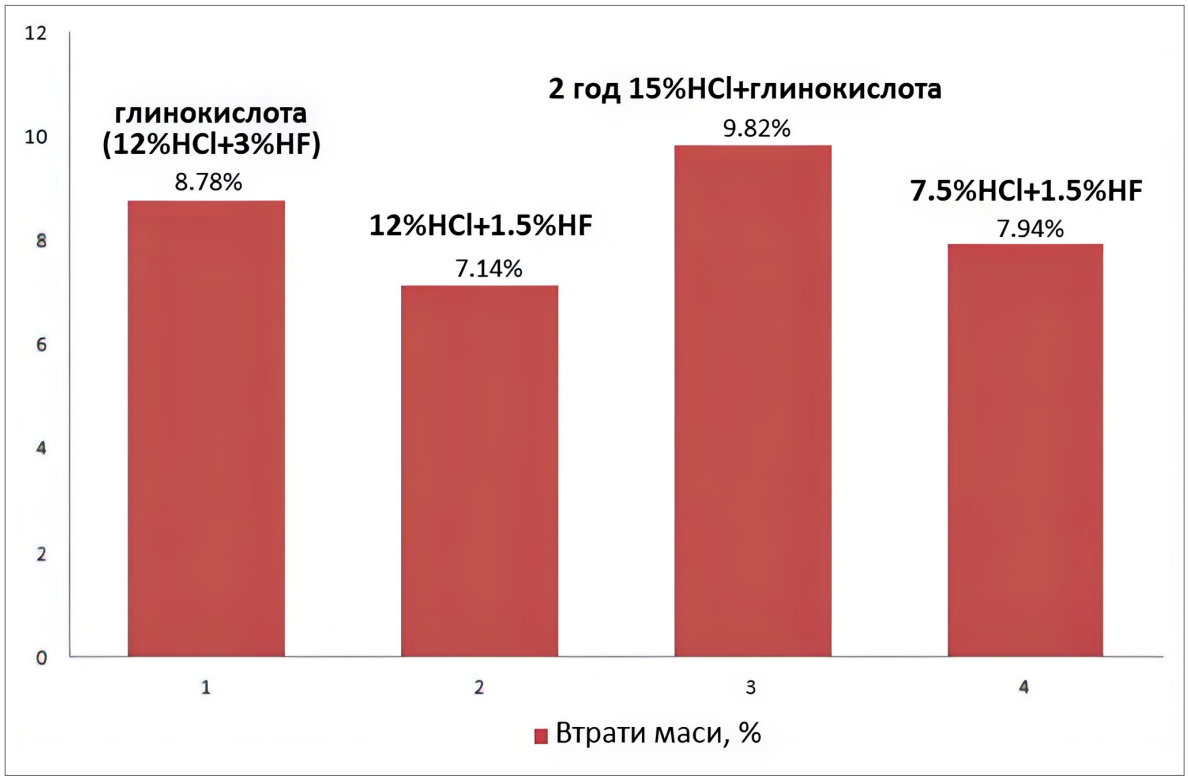


Рис. 17. Ефективність розчинення зразків породи різними кислотами

кислотою, а при успішності операції, для повторих обробок застосовувати глинокислоту. Таке рішення можна пояснити так званим «привиканням» покладу до кислотного розчину, про яке у своїй праці описали Рудий [7]. Петрографічний аналіз — це один із найважливіших методів дослідження гірських порід, особливо при підборі технологій кислотної обробки. З допомогою петрографічного аналізу можна виявити не тільки основні мінерали (кварц, польовішпати), але й чутливі до кислот компоненти (карбонати, глини, опал, сидерит). Він дозволяє встановити: тип цементації (карбонатний, силікатний глинистий чи сульфатний)., а це допомагає визначити, чи розчиниться цемент при кислотній обробці, або навпаки — може заблокувати пори. Метод показує, де розташований цемент — у поровому просторі чи на межах зерен та дає змогу передбачити реакції між мінералами і кислотами, щоб уникнути утворення шкідливих осадів. Недоліками петрографічного аналізу є те, що не завжди відображається повна гетерогенність пласта, так як аналіз проводиться на шліфах. Він не визначає точну реакційну здатність мінералів та не дає кількісної інформації про кислотну реакцію. Тому його доцільно використовувати при первинній оцінці мінерального складу, для виявлення цементації, для візуального аналізу порової структури, на етапі підбору кислотного складу.

Подальші дослідження у напрямку кислотної обробки пісковиків повинні бути спрямовані на комплексне вивчення геолого-технологічних особливостей колекторів, адаптацію методик до пластових умов і пошук інноваційних підходів для підвищення ефективності розробки газових родовищ Передкарпаття.

Література

1. Kalfayan, L. J., Production Enhancement with Acid Stimulation (Second Edition), 2008, Penn Well.
2. Khamis M. A., Sandstone acidizing, 2016.
3. Kalfayan L. J., Metcalf A. S., Successful sandstone acid design case histories: Exceptions to conventional wisdom., SPE, 2000.
4. McLeod H. O. Jr., Matrix Acidizing. 1984.
5. Shafiq M. U., Mahmud H. B., Sandstone matrix acidizing knowledge and future development, 2017.
6. Качмар Ю. Д. Інтесифікація припливу вуглеводнів у свердловину. Львів : Центр Європи, 2004. 352 с.
7. Рудий Р. М. Удосконалення технологій оброблень присвердловинної зони пласта з використанням борфтористоводневої кислоти. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. 21 с.

УДК 621.1.016:621.184

Фіалко Наталія Михайлівна
доктор технічнфх 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

Прокопов Віктор Григорович
доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Prokopov Viktor
Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading 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

Кліщ Андрій Володимирович
молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Klishch Andrii
Junior Senior 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

Юрчук Володимир Леонідович
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Yurchuk Volodymyr
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Місюра Тимофій Олексійович
доктор філософії, науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Tymofii Misiura
PhD, Scientific Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Абдулін Михайло Загретдинович
доктор технічних наук, професор,
старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України

Abdulin Michael
Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11278

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ЗОНИ ГОРІННЯ МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКІВ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИ ЗМІННИХ ЗНАЧЕННЯХ КОЕФІЦІЄНТА НАДЛИШКУ ПОВІТРЯ

FEATURES OF THE THERMAL STATE OF THE COMBUSTION ZONE OF MICRO- JET BURNERS FOR OPERATION AT VARIABLE VALUES OF THE EXCESS AIR COEFFICIENT

Анотація. *Наведено результати CFD моделювання теплового стану зони горіння мікрофакельних пальників з трирядною струменевою паливоподачею. Представлено результати аналізу основних характеристик температурного режиму даної зони.*

Ключові слова: *мікрофакельні пальники, CFD моделювання, температурні поля, трирядна струменева паливоподача.*

Summary *The results of CFD modeling of the thermal state of the combustion zone of microflare burners with three-row jet fuel supply are given. The results of the analysis of the main characteristics of the temperature regime of this zone are presented.*

Key words: *microjet burners, CFD modeling, temperature fields, three-row jet fuel supply.*

Висока ефективність мікрофакельних пальникових пристроїв зумовлена низкою їх відомих достоїнств [1–13]. Поява нових модифікацій таких пальників, обґрунтування відповідних технологій спалювання потребує всебічних досліджень їх робочих процесів. При цьому значний інтерес становлять дослідження теплового стану зони активного горіння таких пальників.

Дана робота присвячена CFD моделюванню теплового стану зони горіння нових пальникових пристрої з трирядною паливоподачею, орієнтованих на експлуатацію при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря ($1{,}1 \le \alpha \le 1{,}5$).

На рисунку 1 наведена схема досліджуваного в роботі модуля пальникового пристрою. Модуль складається з стабілізатора 2, розташованого в каналі 1. Підведення паливного газу до стабілізатора модуля здійснюється через одну з трьох секцій I, II, III при заданому значенні коефіцієнта надлишку повітря. Через трирядну систему круглих отворів на бічних поверхнях стабілізаторів полум'я паливний газ подається безпосередньо на спалювання в потік окиснювача, що зносить.

Дослідження проводилися на основі математичного моделювання на основі DES-підходу.

Виконані дослідження відповідають таким вихідним параметрам: B_{st} = 0,03 м; B_c = 0,075 м; L_c = 1,3 м; L_0 = 0,1 м; L_{st} = 0,2 м (рис. 1) коефіцієнт загромадження прохідного перерізу каналу k_f = 0,4 ($k_f = B_{st}/B_c$). 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 на вході канал $U^a in$ для подачі палива у різні секції наведено в таблиці 1. Інтенсивність турбулентності Tu у вхідному перерізі каналу Tu = 3%. Як паливо використовувався природний газ, як окиснювач — повітря.

Нижче для прикладу наведено дані, що відповідають умовам подачі паливного газу у другу секцію паливоподачі.

Рисунок 2 ілюструє поле температур у поперечному перерізі стабілізатора, що проходить через вісь газоподавальних отворів. Як видно, в закормовій області стабілізатора має місце зона високих температур. Вниз за течією температура потоку поступово зростає і, починаючи з деякої відстані від торця стабілізатора, підобласть високих температур охоплює весь поперечний переріз каналу. При цьому нижче

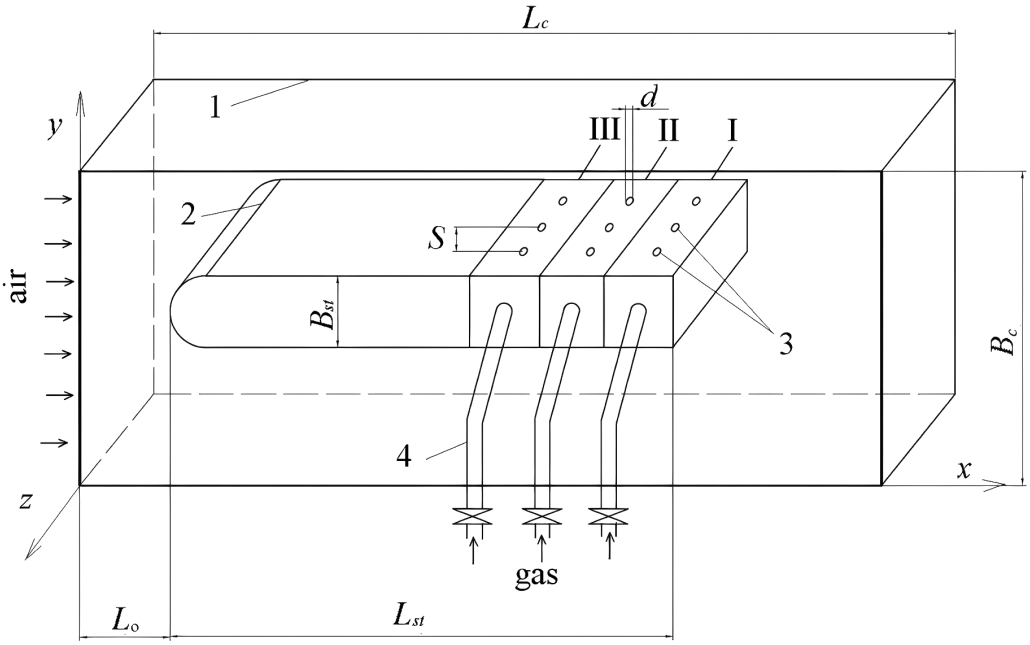


Рис. 1. Схема модуля мікрофакельного пальника стабілізаторного типу з трирядною системою подачі палива: 1 — плоский канал; 2 — стабілізатор полум'я; 3 — газоподавальні отвори; 4 — газопідвідні патрубки; I, II, III — секції паливоподачі з різними значеннями відносного кроку розташування газоподавальних отворів, що відповідають різним значенням коефіцієнта надлишку повітря

за потоком розподіл температури по висоті каналу стає все більш рівномірним.

На рисунку 3 представлено відповідне поле середньоквадратичних пульсацій температури. Згідно з одержаними даними, в закормовій області стабілізатора, що відповідає зоні зворотних токів, спостерігається низький рівень даних пульсацій. Вниз за течією він дещо зростає і далі має місце його падіння. Звертає на себе увагу наявність підобластей з підвищеним рівнем пульсацій температури в зонах, що відповідають міжстабілізаторному каналу, безпосередньо за зоною зворотних токів. Рівень вказаних пульсацій у цих підобластях досягає 630 °C.

Рисунок 4, а ілюструє зміну по довжині каналу коефіцієнта відносної нерівномірності поля температури γ, що є інтегральною характеристикою нерівномірності розподілу температури у поперечних перерізах каналу.

$$\gamma = \frac{T_{\max} - \overline{T}}{\overline{T} - T_{вх}},$$

де $T_{\max}$, $\overline{T}$ — максимальна і середньомасова температура в даному поперечному перерізі каналу x = const; $T_{вх}$ — температура повітря на вході в канал.

Згідно з одержаними даними, різке зниження нерівномірності розподілу температури спостерігається до значень $x < 0{,}2$ м. При $x > 0{,}4$ м ця нерівномірність асимптотично зменшується.

На рисунку 4, б наведено зміну коефіцієнта повноти вигорання палива η по довжині каналу. Як видно, інтенсивне горіння має місце при $x < 0{,}4$ м. Далі, ця інтенсивність асимптотично зменшується.

Висновки. На основі CFD моделювання встановлено основні закономірності температурних режимів зони активного горіння нової модифікації мікрофакельних пальників, призначених для експлуатації при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря. Особливу увагу приділено розгляду таких характеристик температурних режимів як рівень пульсацій температури, нерівномірність її розподілу в поперечних перерізах каналу тощо.

Таблиця 1

Конструктивні параметри системи трирядної струменевої подачі палива та довжина зони зворотних токів $L_{ззт}$ і значення мінімальної швидкості в цій зоні при постійній теплопродуктивності устаткування

N_R	α_Σ	L_1, 10^{-3}·м	d, 10^{-3}·м	S/d	U^a_{in}, м/с
1	1,1	40	3,8	4,21	5,00
2	1,3	55	3,5	4,57	5,91
3	1,5	70	3,3	4,85	6,82

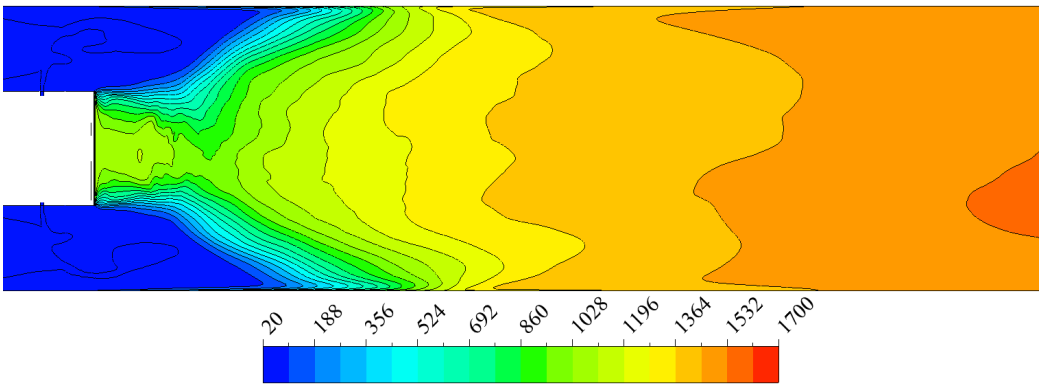


Рис. 2. Поле температури *T* у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при подачі палива у другу секцію (α = 1,3).

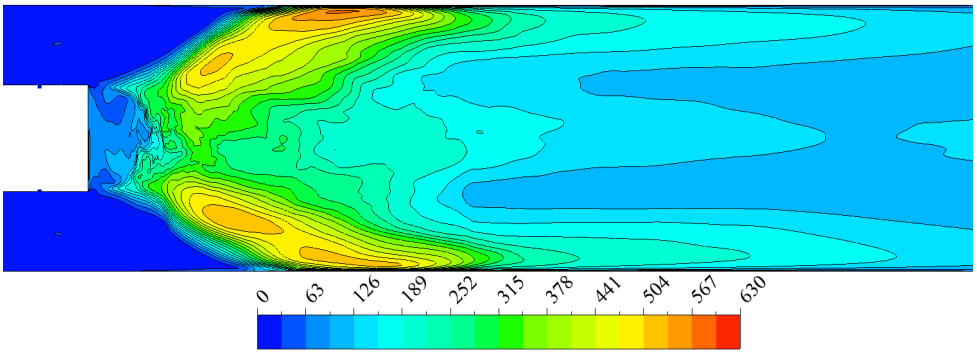


Рис. 3. Поле середньоквадратичних пульсацій температури T' у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при подачі палива у другу секцію (α = 1,3)

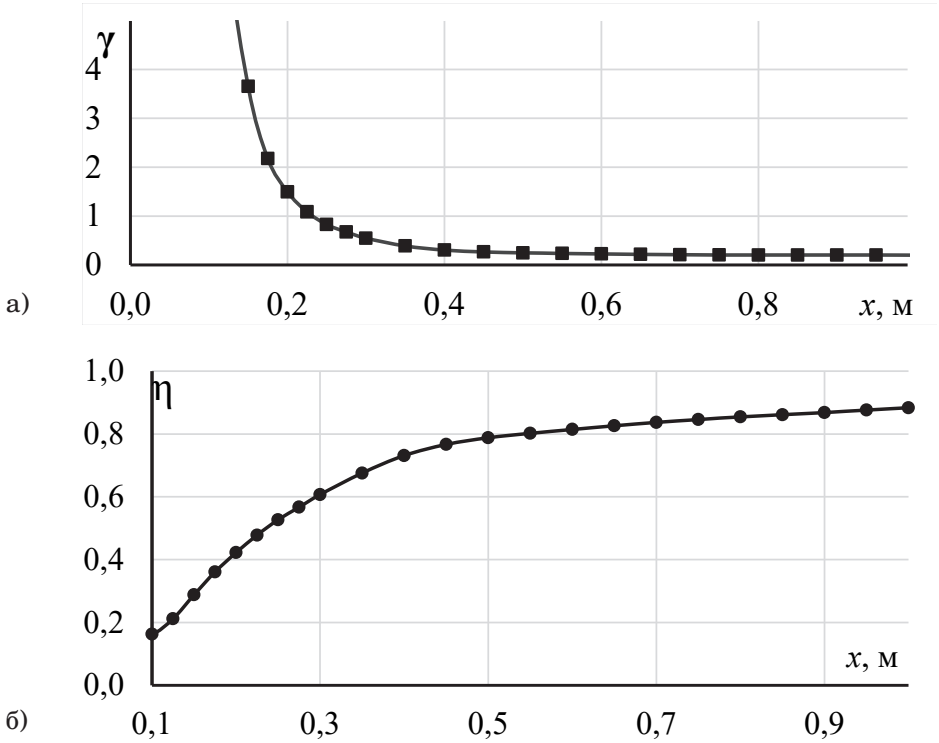


Рис. 4. Розподіл коефіцієнта відносної нерівномірності температури γ (а) та вигорання палива η (б) по довжині каналу за стабілізатором полум'я при подачі паливного газу у другу секцію

Література

1. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovskyi Yu. V., Aleshko S.A., Meranova N.O., Yurchuk V.L., Hanzha M.V. Modeling of heat transfer processes in stabilizer burners with heat-resistant coatings The development of technical sciences: problems and solutions: Conference Proceedings, April 27–28, 2018. Brno: Baltija Publishing. P. 189–192.

2. Fialko N.M., Aleshko S.A., Rokitko K.V., Maletskaya O.E., and other. Regularities of mixture formation in the burners of the stabilizer type with one-sided fuel supply. *Технологические системы*. 2018. 3(38). С. 37–43.

3. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А. та ін. Комп'ютерне моделювання процесів теплопереносу в мікрофакельних пальникових пристроях з термобар'єрними покриттями. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2017. Т. 27, № 5. С. 130–133.

4. Фиалко Н.М., Алешко С.А., Юрчук В.Л., Малецкая О.Е., Ганжа М.В., Температурные режимы стабилизаторных горелок при нанесени и др. термобарьерных покрытий на различные участки их поверхности. *Journal of New Technologies in Environmental Science*. 2018. (3). P. 121–124.

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

6. Фиалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Меранова Н.О., Алешко С.О., Тимощенко О.Б., Полозенко Н.П., Стрижеус С.Н. Сравнительный анализ характеристик течения в горелках с эшелонированным расположением стабилизаторов пламени в изотермических условиях и при горении топлива. *Науковий вісник НУБіП.* 2016. Вип. 242. С. 33–40.

7. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А., Меранова Н.О., Абдулин М.З. Системы охлаждения микрофакельных горелочных устройств с плоскими стабилизаторами пламени Киев : изд-во «София-А», 2016. 200 с.

8. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Меранова Н.О., Рокитько 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.

9. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Рокитько К.В. Особливості течії і сумішоутворення в мікрофакельних пальникових пристроях з асиметричним паливорозподіленням *Теплофізика та теплоенергетика.* 2019. 41, № 1. С. 11–19.

10. Fialko N., Meranova N., Shrenkovskii Ju., Aleshko S., Rokytko K. Flow structure in a stabilizer burner with one-sided fuel supply. *International Multidisciplinary Conference Science and technology of the presents time: priority development directions of Ukraine and Poland.* Volomin. 19–20 October, 2018 P. 112–115.

11. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Ганжа М.В., Юрчук В.Л., Швецова Л.А. Температурные режимы стенок стабилизаторов пламени с защитными покрытиями. *Промышленная теплотехника.* 2017. № 7. С. 31.

12. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Майсон М.В., Шеренковський Ю.В., Іваненко Г.В., Абдулін М.З., Ольховська Н.М., Швецова Л.А., Дончак М.І., Бутовський Л.С. Особенности течения и смесеобразования в микрофакельных цилиндрических горелочных устройствах различной мощности. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК».* 2014. 194/3. С. 94–101.

13. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Полозенко Н.П., Чехаровська М.І., Дашковська І.Л., Хміль Д.П., Кліщ А.В., Попружук І.О. Ефекти впливу номеру ряду струменевої подачі палива на характеристики течії і сумішоутворення в мікрофакельних пальникових пристроях. *МНЖ «Інтернаука».* 2023. № 6(140). С. 65–70. https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-6-8767.

УДК 796.325:796.015.132

Тупчій Андрій Володимирович
магістр фізичного виховання,
Майстер спорту України з волейболу
Tupchii Andrii
Master of Physical Education,
Master of Sports of Ukraine in Volleyball
ORCID: 0009-0000-3658-9011

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11335

ВАЖЛИВІСТЬ ОРГАНІЗОВАНОЇ ПЕРЕДСЕЗОННОЇ ПІДГОТОВКИ КОМАНД МАЙСТРІВ З ВОЛЕЙБОЛУ

THE IMPORTANCE OF ORGANIZED PRE-SEASON TRAINING FOR PROFESSIONAL VOLLEYBALL TEAMS

Анотація. *Вступ. Передсезонна підготовка команд майстрів з волейболу розглядається як визначальний етап формування спортивної форми, оскільки саме у цей період створюються передумови для розвитку витривалості, швидкісно-силових якостей, координації та психологічної стійкості, що забезпечує ефективність подальшої змагальної діяльності.*

Мета. Метою дослідження є обґрунтування ефективності організованої передсезонної підготовки команд майстрів з волейболу, спрямованої на поступове відновлення фізіологічних систем, розвиток спеціальної витривалості та інтеграцію ігрових навичок.

Матеріали і методи. У роботі використано комплексний методологічний підхід, який включає аналіз сучасних наукових джерел, педагогічне спостереження за тренувальним процесом, експериментальну перевірку ефективності вправ та системи періодизації у 12-денному мезоциклі. Застосовувалися кардіомоніторинг, тести вибухової сили та швидкісних характеристик, а також діагностика аеробних можливостей через інтервальні бігові режими.

Результати. Встановлено, що поетапне підвищення навантажень забезпечує профілактику травм і підвищує адаптаційні можливості організму спортсменів, тоді як спеціальні комплекси стрибкових, ігрових та акробатичних вправ сприяють удосконаленню техніко-тактичних дій. Доведено ефективність інтервальних тренувань та моделювання ігрових ситуацій як засобів формування спеціальної витривалості, а також обґрунтовано доцільність системи «3 тренувальні дні + 1 день відновлення», що поєднує розвиток фізичних якостей із збереженням працездатності.

Перспективи. Подальші дослідження доцільно зосередити на удосконаленні цифрових методів моніторингу функціонального стану спортсменів, впровадженні персоналізованих програм тренувань і відновлення, а також на перевірці ефективності новітніх методів функціональної підготовки у практиці команд майстрів.

Ключові слова: *волейбол, передсезонна підготовка, витривалість, силові якості, адаптація, відновлення, організаційна структура.*

Summary. *Introduction. Pre-season training of professional volleyball teams is considered a crucial stage in the formation of athletic performance, since it is during this period that the prerequisites for the development of endurance, speed-strength qualities, coordination, and psychological resilience are created, which ensures the effectiveness of subsequent competitive activity.*

Purpose. The aim of the study is to substantiate the effectiveness of organized pre-season training of professional volleyball teams, aimed at the gradual recovery of physiological systems, the development of specific endurance, and the integration of game skills.

Materials and Methods. The study employed a comprehensive methodological approach, which included the analysis of modern scientific sources, pedagogical observation of the training process, experimental testing of the effectiveness of exercises and the periodization system within a 12-day mesocycle. Cardiological monitoring, tests of explosive strength and speed characteristics, as well as diagnostics of aerobic capacity through interval running regimes were applied.

Results. It was found that the gradual increase in loads ensures injury prevention and enhances the adaptive capabilities of athletes' bodies, while special complexes of jumping, game, and acrobatic exercises contribute to the improvement of technical

and tactical skills. The effectiveness of interval training and simulation of game situations as means of developing specific endurance has been proven, and the feasibility of the "3 training days + 1 recovery day" system, which combines the development of physical qualities with the preservation of performance, has been substantiated.

Prospects. Further research should focus on improving digital methods of monitoring athletes' functional state, implementing personalized training and recovery programs, as well as verifying the effectiveness of innovative methods of functional preparation in the practice of professional teams.

Key words: *volleyball, pre-season training, endurance, strength qualities, adaptation, recovery, organizational structure.*

Постановка проблеми. Передсезонна підготовка команд майстрів з волейболу є засадничим компонентом при формуванні спортивної форми, адже саме у цей період закладається фізіологічний, технічний та психологічний фундамент для успішного виступу протягом усього сезону. Сучасний волейбол характеризується високою інтенсивністю ігрової діяльності, значними вимогами до швидкісно-силових якостей, витривалості, координації та психологічної стійкості, що зумовлює необхідність ретельно структурованої та науково обґрунтованої системи тренувань у міжсезоння. Водночас відсутність цілеспрямованого тренувального процесу у цей період призводить до зниження функціональних можливостей, втрати спеціальної витривалості та підвищення ризику травматизму на старті змагального циклу.

Постановка проблеми полягає у тому, що, незважаючи на наявність численних підходів до організації підготовчих зборів, недостатньо розробленими залишаються питання оптимальної тривалості, інтенсивності, структури навантажень та системи відновлення, що потребує подальшого теоретичного обґрунтування і практичної перевірки у контексті специфіки команд майстрів з волейболу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженнях Безмилова М. [1], Вербіцького С. і Пітина М. [2] акцент зроблено на необхідності періодизації та розвитку базових фізичних і технічних характеристик гравців, що узгоджується із класичними принципами підготовки. Водночас сучасні автори, такі як Лопес Х., да Сілва К., Станганеллі Л. [9] та Ребелу А., Перейра Дж. Р., Валентедус-Сантос Ж. [11], наголошують на ефективності спеціалізованих програм, зокрема трифазних силових тренувань і чіткої структури мезоциклів, що забезпечує підвищення витривалості та вибухових якостей спортсменів. Певну увагу приділено поєднанню фізичних, технічних і психофізіологічних факторів, згідно з Дуарте Т. та ін. [8], що свідчить про багатовимірний характер підготовки. Разом із тим дослідження Шльонської О. та Хаммуді М. [7] окреслюють важливість удосконалення швидкісно-силових здібностей, тоді як праця Гринченко І., Собко І., Галашко В. [4] доповнює контекст психологічними й тактичними аспектами. Виявлено, що існуюча література фрагментарно охоплює питання оптимальної тривалості, структури та відновлення у передсезонний період, що й визначає наукову нішу для подальших досліджень у цій сфері.

Метою статті є обґрунтування ефективності організованої передсезонної підготовки команд майстрів з волейболу, спрямованої на поетапне відновлення фізіологічних систем спортсменів волейболістів.

Завдання дослідження:

– проаналізувати наукові підходи до організації передсезонної підготовки спортсменів і визначити їх значення для волейболу як виду спорту з високими вимогами до швидкісно-силових та координаційних характеристик;
– обґрунтувати структуру 12-денного мезоциклу передсезонної підготовки, що включає адаптаційно-відновлювальний, витривало-силовий та ігровий блоки;
– оцінити ефективність застосування інтервальних тренувань, стрибкових, ігрових та акробатичних вправ у формуванні спеціальної витривалості та удосконаленні техніко-тактичних дій;
– обґрунтувати доцільність системи «3 тренувальні дні + 1 день відновлення» як оптимальної моделі чергування навантажень і відпочинку для команд майстрів.

Матеріали і методи. В межах поточного дослідження застосовувався інтегрований методологічний підхід, який включав науковий аналіз літературних джерел, безпосереднє спостереження за тренувальним процесом та емпіричну верифікацію розроблених методик підготовки. Експериментальною базою слугували спеціалізовані тренувальні табори чоловічих колективів найвищого спортивного рівня, структуровані як інтенсивний дванадцятиденний мезоцикл. З метою об'єктивного визначення результативності реабілітаційних і профільних тренувальних методик застосовувався інструментарій кардіомоніторингу, діагностика вибухових силових характеристик (вертикальний стрибок із статичного положення, серійні стрибкові вправи з додатковим навантаженням), разом із протоколами оцінки аеробних можливостей (бігові тести на варіативних дистанціях, інтервальні тренувальні режими).

Виклад основного матеріалу. Міжсезонна пауза у спортивній практиці волейболістів є неоднозначним явищем, оскільки з одного боку вона забезпечує можливість відновлення фізіологічних систем, зменшення кумулятивної втоми та психологічного виснаження, а з іншого — спричиняє зниження рівня спеціальної підготовленості, часткову втрату адаптаційних механізмів організму до інтенсивних

навантажень і підвищує ризик травматизму на початкових етапах нового сезону, що зумовлює необхідність науково обґрунтованого підходу до організації відновлювального тренувального процесу. Базовим завданням відновлювального етапу є створення умов для поетапного повернення спортсменів до високих тренувальних навантажень, і цей процес передбачає першочергову увагу до розвитку загальної витривалості, оскільки саме вона формує базу для подальшої спеціальної підготовки та забезпечує стабільність функціонування серцево-судинної та дихальної систем. Для досягнення цього у практиці широко застосовуються бігові вправи різної інтенсивності, плавання, велотренування та інші циклічні види діяльності, для підвищення рівня аеробної продуктивності без надмірного стресу на опорно-руховий апарат [6, с. 63]. Водночас не менш важливим є розвиток координації рухів, адже волейбол характеризується складною структурою ігрових дій, які потребують миттєвого прийняття рішень і високої узгодженості моторних реакцій. У цьому контексті необхідні вправи на рівновагу, вправи з м'ячами різної ваги та розміру, використання координаційних драбинок, що дозволяє відновлювати та удосконалювати нейром'язові зв'язки.

Загальнофізичні вправи у передсезонний період виступають універсальним засобом не лише відновлення, але й комплексного розвитку організму спортсменів, адже вони дозволяють підвищити працездатність, зменшити ризик перевантажень і сформувати фізичну основу для специфічних ігрових дій. Вправи з біговим та стрибковим компонентом, робота з канатами, тренажерами та еспандерами сприяють рівномірному розвитку різних м'язових груп, тоді як вправи на гнучкість і рухливість суглобів забезпечують профілактику травм, які є характерними для волейболістів через постійні стрибки та різкі рухи. Використання вправ у форматі кросфіту, кругових тренувань, занять із нестабільними платформами чи TRX-петлями дозволяє наближати тренувальний процес до умов реальної ігрової діяльності [3, с. 10–11].

Адаптація опорно-рухового апарату у волейболістів — головне завдання підготовчого етапу, оскільки цей вид спорту належить до тих, що характеризуються значним обсягом стрибкових і різких рухових дій, які створюють підвищене навантаження на м'язи, сухожилля та зв'язковий апарат, і тому процес входження у тренувальний ритм має відбуватися поступово, із врахуванням індивідуальних можливостей спортсмена та специфіки його морфофункціонального стану [5, с. 71].

У структурі тренувального процесу волейболістів окреме місце посідають спеціальні вправи, які спрямовані на розвиток саме тих фізичних і координаційних якостей, що визначають ефективність виконання ігрових дій, і в цьому контексті найбільш значущими є стрибкові вправи, ігрові вправи з м'ячем та акробатичні елементи. Стрибкові вправи формують основу ігрової техніки волейболістів, адже успішне блокування, атакуючий удар чи подача в стрибку безпосередньо залежать від вибухової сили ніг, швидкості відштовхування та висоти стрибка, тому тренувальні програми обов'язково включають стрибки на тумби різної висоти, багатоскоки, стрибки з обтяженнями, а також поєднання стрибків із зміною напрямку руху [12, с. 90–91].

Ігрові вправи, що моделюють реальні ігрові ситуації, дозволяють поєднати розвиток фізичних якостей із техніко-тактичною підготовкою, адже вправи у форматі міні-ігор, парних протистоянь чи симуляцій змагальних моментів одночасно тренують витривалість, реакцію і комунікацію між гравцями. Акробатичні елементи, хоча й менш поширені у традиційних програмах, відіграють значну роль у розвитку спритності, координації та безпечного падіння, що є надзвичайно актуальним у волейболі, коли гравець змушений виконувати ривки та падіння за м'ячем. Використання перекидів, вправ на гімнастичних матах, комбінацій із переворотами та вправами на гнучкість дозволяє розвивати пластичність рухів і підвищувати стійкість опорно-рухового апарату до нетипових навантажень.

Спеціальна витривалість у волейболі є одним із визначальних факторів успішної гри, оскільки матчі високого рівня відзначаються високою інтенсивністю і тривалістю, що потребує від спортсменів здатності підтримувати високий рівень фізичної активності протягом кількох сетів [9]. Тренування можуть включати повторні ривки на короткі дистанції, інтенсивні серії стрибків чи вправи з м'ячем у режимі максимальної швидкості, що виконуються у кілька підходів із частковим відновленням (табл. 1).

У процесі інтенсивної передсезонної підготовки надзвичайно важливим є постійний контроль функціонального стану спортсменів, адже саме від здатності організму адекватно реагувати на навантаження та швидко відновлюватися залежить ефективність тренувального процесу і профілактика перевтоми. Сучасні технології здійснюють моніторинг фізіологічних показників у режимі реального часу, і серед них найбільш поширеним інструментом є пульсометрія, яка забезпечує можливість відстеження частоти серцевих скорочень, варіабельності серцевого ритму та інших параметрів, що відображають стан серцево-судинної системи спортсмена. Отримані дані допомагають тренеру своєчасно коригувати навантаження, знижувати інтенсивність чи, навпаки, підвищувати її відповідно до індивідуальної реакції гравця [13].

Організаційна структура передсезонної підготовки волейболістів ґрунтується на принципах системності, поступовості та науково обґрунтованої періодизації, адже лише раціональне поєднання інтенсивності навантажень, логічної побудови тренувального циклу та чергування періодів роботи

Таблиця 1

Методи адаптації опорно-рухового апарату та підвищення спеціальної витривалості волейболістів

Метод	Мета	Приклади вправ/процедур	Переваги	Рекомендації
1. Поетапне збільшення навантаження	Профілактика травм м'язів, суглобів та зв'язок	Поступове підвищення інтенсивності від легких вправ до інтенсивних, з урахуванням індивідуального стану	Уникнення перевантажень, формування компенсаторних механізмів, краща адаптація	Застосовувати на початку підготовчого етапу, моніторити реакцію організму
2. Комплекс спеціальних вправ (стрибкові, ігрові, акробатичні)	Розвиток фізичних і координаційних якостей для ігрових дій	Стрибки на тумби, багатоскоки, міні-ігри, перекиди на матах, вправи на гнучкість	Покращення техніки, витривалості, реакції, спритності та стійкості до навантажень	Інтегрувати в тренувальну структуру, комбінувати з техніко-тактичною підготовкою
3. Інтервальні тренування та моделювання ігрових ситуацій	Формування спеціальної витривалості	Повторні ривки, серії стрибків, вправи з м'ячем, тренувальні ігри з часовими обмеженнями	Підтримка високої активності в матчах, розвиток тактичного мислення, психологічної готовності	Використовувати для імітації реальної гри, чергувати інтенсивність з відпочинком
4. Контроль функціонального стану (пульсометрія, відновлювальні процедури)	Моніторинг реакції на навантаження та профілактика перевтоми	Відстеження пульсу, варіабельності ритму; масаж, гідротерапія, кріотерапія, сон	Своєчасна корекція навантажень, швидке відновлення, покращення самопочуття	Проводити систематично, поєднувати з харчуванням і релаксацією для оптимального стану

Джерело: авторське узагальнення

і відновлення створює найбільш оптимальні умови для відновлення, розвитку та закріплення фізичних, технічних і психологічних якостей спортсменів. Періодизація у межах короткого 12-денного циклу виконує роль моделі більш тривалих підготовчих етапів і передбачає перехід від загальнофізичних завдань до спеціалізованих вправ, а потім — до моделювання змагальної діяльності.

Блок 1 (дні 1–4) — адаптаційно-відновлювальний, через поступове включення в тренувальний процес. Перший блок підготовчого циклу орієнтований на відновлення після міжсезонної паузи та адаптацію організму до систематичних фізичних навантажень, і в цей період тренувальна програма передбачає використання загальнофізичних вправ, що спрямовані на розвиток базової витривалості, гнучкості та координації. Особливий акцент робиться на бігових вправах у помірному темпі, комплексах вправ для розвитку рухливості суглобів та функціональних тренуваннях із власною вагою тіла. Важливим завданням цього етапу є поступове включення спортсменів у тренувальний ритм, з урахуванням індивідуальних особливостей відновлення після відпочинку, а також створення психологічного настрою на тривалу роботу [2].

Блок 2 (дні 5–8) — розвиток спеціальної витривалості та силових якостей. Другий блок спрямований на цілеспрямований розвиток спеціальної витривалості та силових характеристик, які визначають ефективність ігрової діяльності волейболістів у змагальних умовах. На цьому етапі застосовуються інтервальні бігові вправи, стрибкові комплекси, вправи з обтяженнями (штанги, гантелі, медболи), а також функціональні вправи, що моделюють специфіку рухів волейболістів. Силова підготовка у цей період носить переважно вибуховий характер і орієнтується на розвиток м'язів нижніх кінцівок, кора та плечового пояса, що забезпечує висоту стрибка, силу ударів та стабільність у блокуванні.

Блок 3 (дні 9–12) — інтеграція ігрових вправ, моделювання змагальної діяльності. Заключний блок передсезонного 12-денного циклу орієнтований на інтеграцію фізичних, технічних та тактичних компонентів підготовки у єдину систему, яка максимально наближає тренувальний процес до умов реальної гри. Основним змістом занять є ігрові вправи з м'ячем, контрольні матчі, симуляція змагальних ситуацій із підвищеною інтенсивністю та часовими обмеженнями [11]. Завдяки цьому формується не лише фізична готовність до тривалих ігрових навантажень, але й тактична гнучкість, психологічна стійкість і командна взаємодія.

Особливістю передсезонної підготовки є необхідність підтримувати високу інтенсивність роботи без ризику перенавантаження, і саме тому оптимальною для команд майстрів визнано систему «3 тренувальні дні + 1 день відновлення», яка забезпечує ефективне поєднання тренувальних стимулів і відновлювальних заходів. Така структура дозволяє організму спортсменів поступово накопичувати адаптаційні зміни у відповідь на навантаження, але водночас уникати критичного виснаження, яке могло б призвести до зниження результативності чи травм. Три дні інтенсивної роботи забезпечують достатній обсяг тренувального впливу для розвитку ключових фізичних якостей, тоді як один день відновлення створює

Таблиця 2

Організаційна структура передсезонної підготовки (тривалість 12 днів) волейболістів

Блок/Період	Дні	Мета	Приклади вправ/процедур	Переваги/Рекомендації
Загальна концепція	1–12	Поступове зростання інтенсивності, періодизація, чергування навантажень	Комбінація загальнофізичних, спеціалізованих вправ та моделювання ігор	Забезпечує адаптацію, мінімізує травми, підтримує працездатність; застосовувати з урахуванням індивідуального стану
Блок 1: Адаптаційно-відновлювальний	1–4	Відновлення після паузи, розвиток базової витривалості, гнучкості, координації	Бігові вправи в помірному темпі, комплекси для рухливості суглобів, функціональні тренування з власною вагою	Закладає фундамент, створює психологічний настрій; поступове включення для безпечного переходу
Блок 2: Розвиток спеціальної витривалості та силових якостей	5–8	Цілеспрямований розвиток витривалості та сили для ігрової діяльності	Інтервальні бігові вправи, стрибкові комплекси, вправи з обтяженнями (штанги, гантелі), вибухові вправи	Перехід до специфічних якостей, імітація ігрового навантаження; фокус на м'язах ніг, кору, плечах
Блок 3: Інтеграція ігрових вправ	9–12	Інтеграція фізичних, технічних, тактичних компонентів, моделювання змагань	Ігрові вправи з м'ячем, контрольні матчі, симуляції ситуацій з інтенсивністю	Формує комплексну готовність, тактичну гнучкість, командну взаємодію; визначає успіх у стартових матчах
Система відновлення (3+1) та види відновлення	Протягом циклу	Підтримка інтенсивності без перенавантаження, регенерація сил	3 дні тренувань + 1 день відновлення; активне (розтяжка, легкі вправи), пасивне (сон, масаж, водні процедури)	Уникає виснаження, забезпечує синергетичний ефект; поєднувати активні та пасивні методи для психоемоційного балансу

Джерело: сформовано автором

умови для регенерації м'язів, відновлення нервової системи та психоемоційного балансу [10].

Активні методи відновлення передбачають використання легких фізичних вправ, які сприяють покращенню кровообігу, пришвидшенню виведення продуктів метаболізму та зниженню м'язової напруги, і серед них особливе місце займають вправи на розтяжку, дихальні вправи та легка аеробна активність у вигляді плавання чи бігу у спокійному темпі. Пасивні методи мають включати повноцінний сон, що є базовою умовою відновлення нервової системи, а також масаж, який сприяє зняттю м'язового напруження, нормалізації тонусу тканин і профілактиці мікротравм. Водні процедури — контрастні душі, сауна, кріотерапія — забезпечують швидке відновлення та підвищення стійкості організму до подальших навантажень (табл. 2).

Власне системне поєднання активних і пасивних методів дозволяє досягати синергетичного ефекту, забезпечуючи не лише фізичне, але й психоемоційне відновлення спортсменів, що є критичним фактором у період інтенсивної підготовки.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведено дослідження ефективності впровадження універсальних фізичних та профільних тренувальних методик, включаючи плійометричні, ігрові та гімнастичні компоненти, що забезпечують синергічне поєднання розвитку фундаментальних моторних якостей з удосконаленням техніко-тактичної підготовленості. Експериментально підтверджено раціональність застосування тренувальної схеми «три робочі дні плюс один відновлювальний», що знижує небезпеку функціонального виснаження і оптимізує співвідношення між культивуванням фізичних характеристик та біологічною регенерацією.

Обґрунтовано методологічну концепцію дванадцятиденного циклу, що включає три послідовні фази: адаптаційно-реабілітаційну, витривало-силову та змагально-інтеграційну, котрі можуть застосовуватися як практичний базис для підготовки професійних команд різних кваліфікаційних категорій. Запропоновано комплексний підхід щодо проведення моніторингу функціональної готовності атлетів через кардіологічне спостереження, діагностику силових і швидкісних показників та використання відновлювальних технологій, що в комплексі забезпечують підвищення продуктивності тренувального процесу і гарантують стабільність спортивних досягнень у довгостроковій перспективі.

Література

1. Безмилов М. Періодизація підготовки спортсменів в ігрових видах спорту: фактори впливу та перспективні напрями подальшого розвитку специфічної системи знань. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту.* 2022. № 3. С. 3–19. DOI: 10.32652/tmfvs.2022.3.3-19.

2. Вербіцький С., Пітин М. Фізична та технічна підготовленість волейболістів на етапі початкової підготовки. *Спортивний вісник Придніпров'я.* 2022. № 2. С. 123–129. DOI: 10.32540/2071-1476-2022-2-123.

3. Волощук К.В., Мітова О.О., Раковська І.А. Теоретична підготовка як засіб підвищення мотивації до занять волейболом у здобувачів закладів фізичної культури і спорту. *Спортивні ігри.* 2024. № 1(31). С. 4–15. DOI: 10.15391/si.2024-1.01.

4. Гринченко І., Собко І., Галашко В. Розвиток перешкодостійкості у волейболі: науково-практичний аспект. *Педагогічні науки.* 2024. № 1. С. 103–108. DOI: 10.33989/2524-2474.2024.1.308748.

5. Лежньова О., Качан В., Якушева Ю. Педагогічна технологія спеціальної фізичної підготовки волейболістів студентських команд. *Спортивні ігри.* 2022. № 3 (25). С. 67–74. DOI: 10.15391/si.2022-3.06.

6. Прекурат О.Т., Петричук П.А., Первухіна С.М. Моделювання тренувального процесу кваліфікованих волейболістів у річному макроциклі в умовах закладу вищої освіти. *Фізична культура і спорт: теорія і методика.* 2020. № 22-4. С. 61–64. DOI: 10.32843/2663-6085/2020/22-4.12.

7. Шльонська О., Мунтадр Федель Кадхам Хаммуді. Оптимізація тренувального процесу кваліфікованих волейболісток на основі вдосконалення швидкісно-силових здібностей спортсменок. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту.* 2019. № 4. С. 21–29. DOI: 10.32652/tmfvs.2019.4.21-29.

8. Duarte T.S., Homem de Faria B.S., Werneck F.Z., Toledo H.C., Miloski B., Lemos L.M., Gattás Bara Filho M. Psychophysiological responses during the microcycle with the start of the national championship: A case study of a volleyball team. *Apunts Sports Medicine.* 2023. No 58 (220). Article 100422. DOI: 10.1016/j.apunsm.2023.100422.

9. Lopes J.A., da Silva K.A., Stanganelli L.C.R. Periodization of volleyball training: characterization of the distribution of the contents in different macrocycles of Brazilian national U-19 male players. *Human Movement.* 2021. Vol. 22. No. 1. pp. 33–41. DOI: 10.5114/hm.2021.98462.

10. Martiri A., Lleshi E. Volleyball training and practice: vertical jump and agility tests. *SPORT TK-EuroAmerican Journal of Sport Sciences.* 2024. Vol. 13. Article 21. DOI: 10.6018/sportk.548591.

11. Rebelo A., Pereira J.R., Valente-dos-Santos J. Effects of a preseason triphasic resistance training program on athletic performance in elite volleyball players-an observational study. *German Journal of Exercise and Sport Research.* 2023. Vol. 53. No. 2. pp. 163–170. DOI: 10.1007/s12662-023-00877-8.

12. Stojanović T., Bešić Đ., Stojanović D., Lilić Lj., Zadražnik M. The effects of short-term preseason combined training on body composition in elite female volleyball players. *Anthropological Notebooks.* 2018. Vol. 24. No. 1. pp. 85–95. DOI: 10.1051/shsconf/202418701003

13. Yang Liuqing, Zhang Yuanping, Yin Hua, Huang Zhiyu. Discussion on the Present Situation and Measures of Physical Training of Volleyball Team in Higher Vocational Colleges. *SHS Web of Conferences.* 2024. Vol. 187. Article 01003. DOI: 10.1051/shsconf/202418701003.

References

1. Bezmilov, M. (2022). Periodyzatsiia pidhotovky sportsmeniv v ihrovykh vydakh sportu: faktory vplyvu ta perspektyvni napriamy podalshoho rozvytku spetsyfichnoi systemy znan [Periodization of athletes' training in team sports: influencing factors and promising directions of further development of a specific knowledge system]. Teoriia i metodyka fizychnoho vykhovannia i sportu — Theory and Methods of Physical Education and Sports, (3), 3–19. https://doi.org/10.32652/tmfvs.2022.3.3–19 [in Ukrainian]

2. Verbitskyi, S., & Pityn, M. (2022). Fizychna ta tekhnichna pidhotovlenist voleibolistiv na etapi pochatkovoi pidhotovky [Physical and technical preparedness of volleyball players at the initial training stage]. Sportyvnyi visnyk Prydniprovia — Sports Bulletin of the Dnipro Region, (2), 123–129. https://doi.org/10.32540/2071-1476-2022-2-123 [in Ukrainian]

3. Voloshchuk, K.V., Mitova, O.O., & Rakovska, I.A. (2024). Teoretychna pidhotovka yak zasib pidvyshchennia motyvatsii do zaniat voleibolom u zdobuvachiv zakladiv fizychnoi kultury i sportu [Theoretical training as a means of increasing motivation for volleyball among students of physical culture and sports institutions]. Sportyvni ihry — Sports Games, 1(31), 4–15. https://doi.org/10.15391/si.2024-1.01 [in Ukrainian]

4. Hrynchenko, I., Sobko, I., & Halashko, V. (2024). Rozvytok pereshkodostiikosti u voleiboli: naukovo-praktychnyi aspekt [Development of interference resistance in volleyball: scientific and practical aspect]. Pedahohichni nauky — Pedagogical Sciences, (1), 103–108. https://doi.org/10.33989/2524-2474.2024.1.308748 [in Ukrainian]

5. Lezhniova, O., Kachan, V., & Yakusheva, Yu. (2022). Pedahohichna tekhnolohiia spetsialnoi fizychnoi pidhotovky voleibolistiv studentskykh komand [Pedagogical technology of special physical training of student volleyball teams]. Sportyvni ihry — Sports Games, 3(25), 67–74. https://doi.org/10.15391/si.2022-3.06 [in Ukrainian]

6. Prekurat, O.T., Petrychuk, P.A., & Pervukhina, S.M. (2020). Modeliuvannia trenuvalnoho protsesu kvalifikovanykh voleibolistiv u richnomu makrotsykli v umovakh zakladu vyshchoi osvity [Modeling the training process of qualified

volleyball players in the annual macrocycle in higher education institutions]. Fizychna kultura i sport: teoriia i metodyka — Physical Culture and Sport: Theory and Methods, (22–4), 61–64. https://doi.org/10.32843/2663-6085/2020/22-4.12 [in Ukrainian]

7. Shlonska, O., & Muntadr Fadel Kadkham Khammudi. (2019). Optymizatsiia trenuvalnoho protsesu kvalifikovanykh voleibolistok na osnovi vdoskonalennia shvydkisno-sylovykh zdibnostei sportsmenok [Optimization of the training process of qualified female volleyball players based on the improvement of speed and strength abilities]. Teoriia i metodyka fizychnoho vykhovannia i sportu — Theory and Methods of Physical Education and Sports, (4), 21–29. https://doi.org/10.32652/tmfvs.2019.4.21-29 [in Ukrainian]

8. Duarte, T. S., Homem de Faria, B. S., Werneck, F. Z., Toledo, H. C., Miloski, B., Lemos, L. M., & Gattás Bara Filho, M. (2023). Psychophysiological responses during the microcycle with the start of the national championship: A case study of a volleyball team. Apunts Sports Medicine, 58(220), Article 100422. https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2023.100422

9. Lopes, J. A., da Silva, K. A., & Stanganelli, L. C. R. (2021). Periodization of volleyball training: characterization of the distribution of the contents in different macrocycles of Brazilian national U-19 male players. Human Movement, 22(1), 33–41. https://doi.org/10.5114/hm.2021.98462

10. Martiri, A., & Lleshi, E. (2024). Volleyball training and practice: vertical jump and agility tests. SPORT TK — EuroAmerican Journal of Sport Sciences, 13, Article 21. https://doi.org/10.6018/sportk.548591

11. Rebelo, A., Pereira, J. R., & Valente-dos-Santos, J. (2023). Effects of a preseason triphasic resistance training program on athletic performance in elite volleyball players-an observational study. German Journal of Exercise and Sport Research, 53(2), 163–170. https://doi.org/10.1007/s12662-023-00877-8

12. Stojanović, T., Bešić, Đ., Stojanović, D., Lilić, Lj., & Zadražnik, M. (2018). The effects of short-term preseason combined training on body composition in elite female volleyball players. Anthropological Notebooks, 24(1), 85–95. https://doi.org/10.1051/shsconf/202418701003

13. Yang, L., Zhang, Y., Yin, H., & Huang, Z. (2024). Discussion on the present situation and measures of physical training of volleyball team in higher vocational colleges. SHS Web of Conferences, 187, Article 01003. https://doi.org/10.1051/shsconf/202418701003

УДК 343.9

Рябих Наталія Володимирівна
кандидат юридичних наук, доцент,
доцент кафедри права
Луцький національний технічний університет
Riabykh Nataliia
Candidate of Law, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Law
Lutsk National Technical University
ORCID: 0009-0007-4177-698X

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11280

ВІКТИМОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗЛОЧИНІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ТРАНСПОРТУ: ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ВЛАСНИКІВ ТА ОПЕРАТОРІВ

VICTIMOLOGICAL ASPECTS OF TRANSPORT-RELATED CRIMES: RESPONSIBILITY OF OWNERS AND OPERATORS

Анотація. *Ця стаття пропонує всебічний та глибокий аналіз віктимологічних характеристик, що стосуються злочинів, пов'язаних з транспортом, – критичної сфери в сучасному правовому та соціальному дискурсі. Вона ретельно визначає та підкреслює визначальну роль поведінки жертв у складному механізмі транспортних правопорушень, виходячи за межі спрощеного погляду на причинність для дослідження ширшого спектра чинників, що сприяють їх виникненню. Дослідження використовує змішаний підхід, поєднуючи суворий нормативно-догматичний та порівняльно-правовий аналіз законодавчих актів з емпіричним статистичним аналізом даних про транспортні злочини в Україні за період 2018–2022 років. Ця методологія сприяла виявленню конкретних вразливостей та моделей віктимізації серед учасників дорожнього руху. Крім того, у дослідженні проводиться ґрунтовний аналіз чинної нормативно-правової бази України, виявляючи значні прогалини та недоліки в національному законодавстві щодо цивільної, адміністративної та кримінальної відповідальності власників та операторів транспортних засобів, особливо у випадках, що стосуються кількох сторін або неоднозначної відповідальності. Через порівняльну призму стаття протиставляє українські правові положення прогресивному міжнародному досвіду, черпаючи знання з директив Європейського Союзу та законодавчої практики таких країн, як Німеччина та Сполучені Штати, які мають надійні рамки для відповідальності операторів та компенсації потерпілим. Статистичні дані показують, наприклад, що понад 60% смертельних випадків, пов'язаних з транспортом, були спричинені такими факторами, як втома водія або недотримання швидкісного режиму, тоді як участь пішоходів становила 25% серйозних травм, часто посилених неналежною міською інфраструктурою та відсутністю інформаційних кампаній. Ключові віктимологічні фактори, виявлені в дослідженні, включають не лише активну та пасивну поведінку жертв (наприклад, невикористання ременів безпеки, порушення правил дорожнього руху пішоходами), а й системні проблеми, такі як недостатнє правозастосування, затримки в реагуванні на надзвичайні ситуації та відсутність всебічної підтримки після інцидентів. Спираючись на ці висновки, стаття пропонує комплекс системних, науково обґрунтованих превентивних заходів, спрямованих на їх ефективну мінімізацію з метою підвищення загальної безпеки дорожнього руху. Ці заходи включають законодавчі реформи для уточнення та розширення сфери відповідальності за транспортні підприємства, обов'язкове впровадження передових телематичних систем для моніторингу поведінки водіїв у реальному часі та інтеграцію прогностичної аналітики на основі штучного інтелекту для ідентифікації місць концентрації ДТП. Автори обґрунтовують нагальну потребу не лише посилити правову відповідальність, що несуть транспортні оператори, шляхом перегляду кримінальних кодексів та посилення ліцензійних вимог, а й прискорити впровадження інноваційних технологій, спеціально розроблених для моніторингу та забезпечення дотримання суворих правил та норм безпеки. Нарешті, дослідження завершується розробкою науково обґрунтованих практичних рекомендацій, спрямованих на значне покращення існуючих правових механізмів притягнення до відповідальності за правопорушення у транспортному секторі, вдосконалення схем захисту потерпілих та формування культури проактивної безпеки дорожнього руху, завжди з критичним врахуванням притаманного віктимологічного аспекту для створення більш справедливого та безпечного середовища для всіх.*

Ключові слова: *віктимологія, транспортні злочини, віктимізація, відповідальність власників транспорту, транспортні оператори, дорожньо-транспортні пригоди, превентивні заходи, безпека дорожнього руху, віктимна поведінка, транспортне законодавство.*

Summary. *This article provides a comprehensive and in-depth examination of the victimological characteristics pertinent to transport-related crimes, a critical area within contemporary legal and social discourse. It meticulously defines and underscores the determining role that victims' behavior plays in the complex mechanism of transport offenses, moving beyond a simplistic view of causation to explore a broader spectrum of contributing factors. The research employs a mixed-methods approach, combining rigorous normative-dogmatic and comparative-legal analyses of legislative acts with empirical statistical analysis of transport-related crime data from Ukraine for the period 2018–2022. This methodology facilitated the identification of specific vulnerabilities and patterns of victimization among road users. Furthermore, the study undertakes a thorough analysis of the current regulatory framework in Ukraine, pinpointing significant gaps and shortcomings within national legislation concerning the civil, administrative, and criminal responsibility of vehicle owners and operators, particularly in cases involving multiple parties or ambiguous liability. Through a comparative lens, the article contrasts Ukrainian legal provisions with progressive international experiences, drawing insights from European Union directives and the legislative practices of countries such as Germany and the United States, which have robust frameworks for operator accountability and victim compensation. The statistical findings reveal, for instance, that over 60% of transport-related fatalities involved factors such as driver fatigue or speed non-compliance, while pedestrian involvement accounted for 25% of serious injuries, often exacerbated by inadequate urban infrastructure and lack of awareness campaigns. Key victimological factors identified include not only the active and passive behaviors of victims (e.g., non-use of safety belts, pedestrian rule violations) but also systemic issues such as insufficient enforcement, delays in emergency response, and lack of comprehensive post-incident support. Building upon these findings, the article proposes a set of systematic, evidence-based preventive measures designed for their effective minimization, aiming to enhance overall road safety. These measures include legislative reforms to clarify and expand the scope of vicarious liability for transport enterprises, mandatory implementation of advanced telematics systems for real-time driver behavior monitoring, and the integration of AI-powered predictive analytics for accident hotspot identification. The authors substantiate the urgent need to not only strengthen the legal responsibility borne by transport operators through revised penal codes and stricter licensing requirements but also to accelerate the implementation of innovative technologies specifically designed for monitoring and enforcing compliance with stringent safety rules and regulations. Finally, the research culminates in the development of scientifically grounded practical recommendations aimed at significantly improving existing legal mechanisms for prosecuting offenses within the transport sector, enhancing victim protection schemes, and fostering a culture of proactive road safety, always with a critical consideration of the inherent victimological aspect to foster a more just and safer environment for all.*

Key words: *victimology, transport crimes, victimization, responsibility of transport owners, transport operators, traffic accidents, preventive measures, road safety, victim behavior, transport legislation.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах транспортні злочини становлять значну частку в структурі кримінальних правопорушень в Україні та характеризуються підвищеним рівнем суспільної небезпеки. Статистичні дані Національної поліції України свідчать, що у 2020 році було зареєстровано понад 8500 кримінальних правопорушень, пов'язаних із транспортною безпекою, а в 2021 році цей показник зріс до 9200 випадків[1]. Примітно, що у 2022–2023 роках, попри дію військового стану, кількість транспортних злочинів залишалася на критично високому рівні — 7800 та 8100 випадків відповідно, що безумовно вказує на системний характер проблеми [2].

Актуальність дослідження підтверджується тривожною статистикою дорожньо-транспортних пригод із тяжкими наслідками. Згідно з офіційними даними Міністерства внутрішніх справ України, протягом 2020–2023 років щорічно фіксувалося приблизно 26 тисяч ДТП з потерпілими, внаслідок яких гинуло до 3,5 тисяч осіб та отримували травми близько 30 тисяч людей[3]. Експертні прогнози на 2024–2025 роки не демонструють суттєвого покращення ситуації без впровадження комплексних і ефективних заходів безпеки.

Особливо важливим аспектом дослідження виступає роль власників та операторів транспортних засобів у забезпеченні належного рівня транспортної безпеки. За даними досліджень, приблизно 68% усіх ДТП із тяжкими наслідками у 2021–2022 роках сталися внаслідок технічних несправностей транспортних засобів або суттєвих порушень правил їх експлуатації. При цьому відповідальність власників транспортних засобів здебільшого обмежується формальними процедурами та не відповідає масштабам реальних збитків, заподіяних постраждалим від транспортних злочинів.

Метою даного дослідження є всебічний аналіз віктимологічних аспектів транспортних злочинів у контексті відповідальності власників та операторів транспортних засобів. Відтак, постає нагальна потреба системного вивчення факторів віктимізації учасників дорожнього руху задля розробки ефективних превентивних механізмів запобігання транспортним злочинам, що переконливо підтверджує актуальність і практичну значущість комплексного дослідження окресленої проблематики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Віктимологічні аспекти транспортних злочинів становлять предмет ґрунтовних досліджень таких науковців як Ковалевська І. В., Матвійчук В. К., Мисливий В. А. Зокрема, Мисливий В. А. у своїй монографії (2020) концептуалізує віктимологічну складову як інтегровану систему чинників, що суттєво підвищують уразливість учасників дорожнього руху [4].

Коваленко А. В. у фундаментальному дослідженні «Віктимологічна профілактика дорожньо-транспортних злочинів в Україні» [5] розробив розгорнуту класифікацію віктимних чинників та емпірично встановив, що у 43% ДТП із смертельними наслідками простежувалася явно виражена віктимна поведінка пішоходів, а у 38% випадків — безпосередньо ризикована поведінка пасажирів.

Правові аспекти відповідальності власників транспортних засобів ґрунтовно досліджували Данилевська Ю. О., Соколов О. М. та Демчук А. М. Саме Соколов О. М. у комплексній праці «Юридична відповідальність власників транспортних засобів» [6] виявив і систематизував суттєві прогалини в чинному законодавстві, що створюють можливості для власників транспортних засобів уникати належної юридичної відповідальності за порушення правил експлуатації.

Важливо зазначити, що у 2021 році було внесено суттєві зміни до Закону України «Про автомобільний транспорт», а в 2023 році набрав чинності Закон «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо посилення відповідальності за окремі правопорушення у сфері безпеки дорожнього руху», що значно розширив нормативно-правову базу регулювання відповідальності власників транспортних засобів.

Формування цілей статті. Мета дослідження — комплексний аналіз віктимологічних аспектів транспортних злочинів та визначення механізмів відповідальності власників і операторів транспортних засобів для мінімізації віктимізації учасників дорожнього руху. Завдання дослідження:

- Дослідити теоретичні засади віктимології транспортних злочинів;
- Систематизувати фактори віктимності учасників дорожнього руху на основі статистики 2020–2025 років;
- Проаналізувати правові механізми відповідальності власників та операторів транспортних засобів в Україні;
- Вивчити міжнародний досвід регулювання відповідальності у транспортній сфері;
- Розробити пропозиції щодо вдосконалення правових механізмів відповідальності;
- Запропонувати заходи зниження віктимізації учасників дорожнього руху.

Методологія включає загальнонаукові та спеціальні методи: діалектичний, системно-структурний, статистичний. Застосовуються також формально-юридичний, порівняльно-правовий та історико-правовий методи.

Емпіричну базу становлять статистичні дані Національної поліції, МВС, Державної служби статистики (2020–2025)[7] та матеріали судової практики. Теоретичну основу складають праці вітчизняних і зарубіжних учених у галузі кримінального, транспортного права та віктимології.

Наукова новизна полягає у комплексному аналізі віктимологічних аспектів транспортних злочинів у контексті відповідальності власників та операторів, що дозволить розробити механізми запобігання віктимізації та вдосконалити правові засади відповідальності.

Виклад основного матеріалу. Віктимологія транспортних злочинів досліджує комплекс факторів, що підвищують ризик стати жертвою правопорушення, пов'язаного з експлуатацією транспорту. Ґрунтовний аналіз статистичних даних та матеріалів судової практики за 2020–2025 роки дозволяє запропонувати всебічну класифікацію жертв транспортних злочинів та виявити ключові фактори віктимізації.

Слід зазначити, що за ступенем участі в механізмі транспортного злочину жертв можна поділити на такі категорії:

1. Активні жертви — особи, чия поведінка безпосередньо сприяла вчиненню злочину (пішоходи, які переходять дорогу в недозволеному місці, водії та пасажири, які порушують правила безпеки). За результатами дослідження Коваленка А. В., протягом 2021–2022 років приблизно 51% жертв ДТП належали саме до цієї категорії [2].

2. Пасивні жертви — особи, які стали жертвами транспортних злочинів без власної провокуючої поведінки (пасажири громадського транспорту, пішоходи на тротуарах). Згідно зі статистикою МВС України, частка таких жертв у період 2020–2023 років становила близько 38% [3].

3. Випадкові жертви — особи, які опинилися в небезпечній ситуації через непередбачуваний збіг обставин (перехожі під час ДТП). Їхня частка в загальній структурі потерпілих складає приблизно 11% [3].

Аналіз даних демонструє розподіл жертв транспортних злочинів за статусом у системі дорожнього руху:

- Пішоходи (42% потерпілих у 2020–2023 роках);
- Водії транспортних засобів (28%);
- Пасажири транспортних засобів (23%);
- Велосипедисти та користувачі інших малих транспортних засобів (7%).

Всебічне дослідження матеріалів кримінальних проваджень за 2020–2025 роки дозволяє виокремити наступні поведінкові фактори, що суттєво підвищують ризик віктимізації:

- Порушення правил дорожнього руху пішоходами: Ключовою проблемою залишається перехід дороги в недозволеному місці (27% випадків), ігнорування сигналів світлофора (18%), раптовий вихід на проїжджу частину (15%), перебування на дорозі в стані алкогольного сп'яніння (12%).

- Ризикована поведінка водіїв: перевищення швидкості (38% випадків), керування в стані сп'яніння (23%), відволікання на мобільні пристрої (17%), агресивне водіння (14%).
- Недбале ставлення пасажирів до особистої безпеки: відмова від використання ременів безпеки (32%), перевезення дітей без спеціальних пристроїв безпеки (15%), відволікання водія під час руху (8%).

Особливої уваги заслуговує віктимна поведінка, пов'язана з використанням нових видів транспорту. Згідно з дослідженням Павленка Н. В., протягом 2022–2023 років зафіксовано значне зростання кількості ДТП за участю користувачів електросамокатів, гіробордів та інших засобів мікромобільності. Це безпосередньо пов'язано з тим, що у 73% випадків спостерігалися чіткі ознаки віктимної поведінки користувачів таких засобів: відсутність захисного спорядження, перевищення допустимої швидкості, рух у непризначених для цього місцях[9].

За офіційними даними Міністерства інфраструктури України, приблизно 22% усіх ДТП з тяжкими наслідками у період 2020–2025 років були безпосередньо пов'язані з незадовільним технічним станом транспортних засобів. При цьому найчастіше віктимізації сприяють такі технічні несправності:

- Незадовільний стан гальмівної системи (31% випадків);
- Критична зношеність шин (27%);
- Несправність світлових приладів (18%);
- Суттєві дефекти рульового управління (14%);
- Інші технічні несправності (10%).

Особливо тривожним є той факт, що у 76% випадків, коли ДТП сталася через технічну несправність, власники транспортних засобів були заздалегідь поінформовані про існуючі проблеми, але свідомо відкладали ремонт. Ці дані переконливо підтверджують нагальну необхідність посилення відповідальності власників та операторів транспортних засобів за підтримання належного технічного стану.

Чинне законодавство України встановлює різноманітні форми відповідальності власників та операторів транспортних засобів за правопорушення, пов'язані з експлуатацією транспорту. Комплексний аналіз нормативно-правової бази дозволяє виокремити три основні види відповідальності: кримінальну, адміністративну та цивільно-правову, кожна з яких має власну специфіку та проблемні аспекти застосування.

Кримінальна відповідальність власників та операторів транспортних засобів регламентується насамперед Розділом XI Кримінального кодексу України «Кримінальні правопорушення проти безпеки руху та експлуатації транспорту». Зокрема, стаття 287 КК України передбачає відповідальність за випуск в експлуатацію технічно несправних транспортних засобів або інше порушення правил їх експлуатації[10]. Варто наголосити, що за статистикою Верховного Суду, протягом 2021–2023 років за цією статтею засуджено 156 осіб, проте лише 12% засуджених отримали реальне покарання у вигляді обмеження волі.

Адміністративна відповідальність закріплена в Кодексі України про адміністративні правопорушення, зокрема статтями 121 (порушення правил експлуатації транспортних засобів), 128 (випуск на лінію транспортних засобів, технічний стан яких не відповідає встановленим вимогам) та 128–1 (порушення або невиконання правил, норм та стандартів щодо забезпечення безпеки дорожнього руху)[11]. Судова статистика свідчить, що протягом 2020–2023 років адміністративну відповідальність за цими статтями понесли понад 95 тисяч осіб, однак розмір штрафних санкцій залишається непропорційно низьким порівняно з потенційною шкодою від таких правопорушень.

Цивільно-правова відповідальність власників та операторів транспортних засобів базується на положеннях Цивільного кодексу України, передусім статті 1187, яка регулює відповідальність за шкоду, завдану джерелом підвищеної небезпеки. Суттєвим елементом цивільно-правової відповідальності виступає обов'язкове страхування цивільно-правової відповідальності власників наземних транспортних засобів, що регулюється спеціальним Законом України [12].

Для ефективного посилення відповідальності власників та операторів транспортних засобів рекомендуємо:

- Впровадження диференційованих страхових тарифів залежно від технічного стану транспортного засобу та історії дорожньо-транспортних пригод. За експертними розрахунками, така система здатна зменшити кількість ДТП з технічних причин на 15–20%.
- Посилення контролю за технічним станом транспортних засобів комерційних перевізників. За інформацією Державної служби України з безпеки на транспорті, протягом 2022–2023 років під час перевірок виявлено технічні несправності у 47% транспортних засобів, що здійснюють пасажирські перевезення.
- Запровадження електронної системи моніторингу технічного стану транспортних засобів із функцією автоматичного сповіщення власників про необхідність проведення технічного обслуговування.
- Розробка та впровадження системи рейтингування комерційних перевізників за критеріями безпеки з відкритим доступом для споживачів транспортних послуг.
- Удосконалення механізмів державно-приватного партнерства у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху, зокрема активне залучення страхових компаній до фінансування превентивних заходів.

Висновки. Проведене дослідження віктимологічних аспектів злочинів, пов'язаних із експлуатацією транспорту, та відповідальності власників і операторів транспортних засобів дозволяє сформулювати такі висновки:

1. Транспортні злочини характеризуються високим рівнем віктимності, що підтверджується статистичними даними 2020–2025 років: у 51% випадків ДТП з тяжкими наслідками спостерігалася віктимна поведінка потерпілих, а близько 22% аварій були пов'язані з незадовільним технічним станом транспортних засобів, що свідчить про необхідність комплексного підходу до проблеми віктимізації.

2. Класифікація жертв транспортних злочинів за ступенем участі в механізмі злочину (активні, пасивні, випадкові) та за статусом у системі дорожнього руху (пішоходи, водії, пасажири, велосипедисти) забезпечує ефективну диференціацію підходів до профілактики віктимної поведінки різних категорій учасників дорожнього руху.

3. Ключовими поведінковими факторами віктимізації учасників дорожнього руху визначено: порушення правил дорожнього руху пішоходами, ризикована поведінка водіїв та недбале ставлення пасажирів до особистої безпеки. Особливої уваги потребує зростання кількості ДТП за участю користувачів нових видів транспорту (електросамокати, гіроборди тощо).

4. Чинне законодавство України передбачає кримінальну, адміністративну та цивільно-правову відповідальність власників та операторів транспортних засобів, проте аналіз практики його застосування виявив проблемні аспекти: складність доведення причинного зв'язку, недостатню ефективність адміністративних стягнень, обмеженість страхових виплат та проблеми відповідальності юридичних осіб.

5. Для вдосконалення механізмів відповідальності власників та операторів транспортних засобів доцільно запровадити принцип об'єктивної відповідальності, посилити кримінальну та адміністративну відповідальність за порушення правил експлуатації транспорту, впровадити ефективну систему технічного контролю та збільшити ліміти відповідальності за договорами страхування.

6. Ефективними стратегіями зниження віктимності у сфері транспортних злочинів визначено: інформаційно-просвітницьку роботу, адресну профілактику для груп ризику, вдосконалення інфраструктури та розвиток культури безпечного водіння. Комплексне впровадження цих стратегій потенційно знизить рівень віктимізації на 18–25%.

7. Перспективним напрямком підвищення безпеки дорожнього руху є впровадження новітніх технологій: систем автоматичного контролю технічного стану, телематичних систем моніторингу стилю водіння [43], інтелектуальних систем допомоги водію та технологій віртуальної реальності для навчання безпечній поведінці.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості їх застосування для вдосконалення законодавства у сфері безпеки дорожнього руху, розробки ефективних механізмів відповідальності власників та операторів транспортних засобів, а також формування комплексних програм профілактики віктимної поведінки учасників дорожнього руху.

Реалізація запропонованих рекомендацій та подальші дослідження у зазначених напрямках сприятимуть зниженню рівня віктимізації учасників дорожнього руху, підвищенню відповідальності власників та операторів транспортних засобів та, як наслідок, зменшенню кількості транспортних злочинів та їх негативних наслідків.

Література

1. Звіт Національної поліції України про стан злочинності за 2020–2021 роки. Київ : Національна поліція України, 2022. 87 с.

2. Статистичні дані Національної поліції України щодо кримінальних правопорушень у сфері безпеки дорожнього руху за 2022–2023 роки. Київ : Національна поліція України, 2023. URL: https://www.npu.gov.ua/statistics/2023 (дата звернення: 13.08.2025).

3. Аналітичний звіт Міністерства внутрішніх справ України щодо стану аварійності на автошляхах України за 2020–2023 роки. Київ : Міністерство внутрішніх справ України, 2024. 112 с.

4. Мисливий В. А. Злочини проти безпеки дорожнього руху та експлуатації транспорту : монографія. Київ : Юрінком Інтер, 2020. 324 с.

5. Коваленко А. В. Віктимологічна профілактика дорожньо-транспортних злочинів в Україні. Право і суспільство. 2021. № 3. С. 78–89.

6. Соколов О. М. Правова відповідальність власників транспортних засобів: проблеми правового регулювання. Юридичний вісник. 2022. № 4. С. 102–118.

7. Віктимологічні аспекти дорожньо-транспортного травматизму в Україні: аналітичний звіт. Національний інститут стратегічних досліджень. Київ, 2023. 128 с.

8. Звіт Державного агентства автомобільних доріг України про вплив інфраструктурних проєктів на безпеку дорожнього руху за 2021–2023 роки. Київ : Державне агентство автомобільних доріг України, 2024. 105 с.

9. Павленко Н. В. Нові види транспорту та проблеми безпеки дорожнього руху: віктимологічний аспект. *Право України*. 2023. № 6. С. 123–137.

10. Кримінальний кодекс України : Закон України від 05.04.2001 № 2341-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2001. № 25–26. Ст. 131.

11. Кодекс України про адміністративні правопорушення : Закон УРСР від 07.12.1984 № 8073-X. *Відомості Верховної Ради УРСР*. 1984. Додаток до № 51. Ст. 1122.

12. Про обов'язкове страхування цивільно-правової відповідальності власників наземних транспортних засобів: Закон України від 01.07.2004 № 1961-IV. *Відомості Верховної Ради України.* 2005. № 1. Ст. 1.

References

1. National Police of Ukraine. (2022). *Report of the National Police of Ukraine on the state of crime for 2020–2021*. Kyiv. (87 p.)

2. National Police of Ukraine. (n.d.). *Statistical data of the National Police of Ukraine on criminal offenses in road safety for 2022–2023*. Retrieved from https://www.npu.gov.ua/statistics/2023

3. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2024). *Analytical report of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine on the state of accidents on the roads of Ukraine for 2020–2023*. Kyiv. (112 p.)

4. Myslyvyi, V. A. (2020). *Crimes against road safety and transport operation: Monograph*. Yurinkom Inter. (324 p.)

5. Kovalenko, A. V. (2021). Victimological prevention of road traffic crimes in Ukraine. *Law and Society*, *(3)*, 78–89.

6. Sokolov, O. M. (2022). Legal liability of vehicle owners: Problems of legal regulation. *Legal Bulletin*, *(4)*, 102–118.

7. National Institute for Strategic Studies. (2023). *Victimological aspects of road traffic injuries in Ukraine*. Kyiv. (128 p.)

8. State Agency of Automobile Roads of Ukraine. (2024). *Report of the State Agency of Automobile Roads of Ukraine on the impact of infrastructure projects on road safety for 2021–2023*. Kyiv. (105 p.)

9. Pavlenko, N. V. (2023). New types of transport and road safety problems: Victimological aspect. *Law of Ukraine*, *(6)*, 123–137.

10. Verkhovna Rada of Ukraine. (2001). Criminal Code of Ukraine: Law of Ukraine dated 05.04.2001 № 2341-III. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, *(25–26)*, Article 131.

11. Verkhovna Rada of the Ukrainian SSR. (1984). Code of Ukraine on Administrative Offenses: Law of Ukraine dated 07.12.1984 № 8073-X. *Vidomosti Verkhovnoi Rady URSR*, *Appendix to No. 51*, Article 1122.

12. Verkhovna Rada of Ukraine. (2004). On compulsory insurance of civil liability of owners of land vehicles: Law of Ukraine dated 01.07.2004 № 1961-IV. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, *(1)*, Article 1.

УДК 347.615

Федорчук Юлія Олександрівна
аспірантка кафедри цивільного, нотаріального та виконавчого процесу
Національного університету «Одеська юридична академія»
Fedorchuk Yuliia
Postgraduate Student of the Department of civil, notarial, and enforcement process
National University "Odesa Law Academy"
ORCID: 0009-0008-8571-5537

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11274

ВИКОНАВЧИЙ НАПИС НОТАРІУСА НА АЛІМЕНТНОМУ ДОГОВОРІ, ЯК ФОРМА ЗАХИСТУ ПРАВ ДІТЕЙ

NOTARY'S EXECUTIVE INSCRIPTION ON ALIMONATION AGREEMENT AS A FORM OF PROTECTION OF CHILDREN'S RIGHTS

Анотація. *У статті комплексно досліджено поняття виконавчого напису нотаріуса як позасудової форми захисту у сімейних відносинах. Визначено пріоритетні аспекти укладання аліментного договору відповідно до ст. 189 Сімейного кодексу України (далі – СК України), визначено основні положення та умови, які застосовуються при посвідчені аліментних договорів. Проаналізовано процедуру вчинення виконавчого напису нотаріусом на договорах про сплату аліментів. Розглянуто виконавчий напис як різновид виконавчого документа. Виявлено мету вчинення виконавчого напису на аліментному договорі, а саме – надання можливості, не звертаючись до суду реалізувати право на примусове стягнення. Проведено порівняння між визначенням аліментів на підставі нотаріального договору та рішенням суду. Проаналізовано порядок вчинення нотаріусами виконавчих написів на аліментних договорах, також визначено місце вчинення виконавчого напису, згідно з чинним законодавством. Проведено аналіз судової практики про скасування виконавчого напису на аліментних договорах, найпоширенішими підставами скасування є: невідповідність суми боргу, сумі яка стягується за виконавчим написом; недотримання строків звернення до нотаріуса, не встановлення факту безспірності заборгованості; відсутність письмового повідомлення боржника про вчинення виконавчого напису.*

Ключові слова: *аліментний договір, виконавчий напис нотаріуса, безспірність заборгованості, аліменти, нотаріальна дія, нотаріус, виконавчий документ.*

Summary. *The article comprehensively examines the concept of a notary's executive inscription as an extrajudicial form of protection in family relations. The priority aspects of concluding an alimony agreement in accordance with Article 189 of the Family Code of Ukraine (hereinafter referred to as the Family Code of Ukraine) are identified, and the main provisions and conditions that apply to the certification of alimony agreements are identified. The procedure for making an executive inscription by a notary on alimony payment agreements is analyzed. The executive inscription is considered as a type of executive document. The purpose of making an executive inscription on an alimony agreement is revealed, namely, providing an opportunity to exercise the right to compulsory collection without going to court. A comparison is made between the determination of alimony on the basis of a notarial agreement and a court decision. The procedure for notaries to make executive inscriptions on alimony agreements was analyzed, and the place of making the executive inscription was also determined, in accordance with current legislation. An analysis of judicial practice on the cancellation of the executive inscription on alimony agreements was conducted. The most common grounds for cancellation are: inconsistency of the amount of debt with the amount collected under the executive inscription; failure to comply with the deadlines for contacting a notary, failure to establish the fact of indisputability of the debt; lack of written notification of the debtor about the execution of the enforcement order.*

Key words: *alimony agreement, notary's executive inscription, indisputability of debt, alimony, notarial act, notary, executive document.*

Метою статті є дослідження виконавчого напису нотаріуса, вчиненому на аліментному договорі (договір про сплату аліментів на дитину), як позасудової форми захисту прав малолітніх на неповнолітніх дітей.

Виклад основного матеріалу. Аліментний договір (договір про сплату аліментів) укладений між батьками та нотаріально посвідчений є інструментом позасудового врегулювання спору. Зручність договору полягає в тому, що за відсутності спору батьки можуть укласти договір про сплату аліментів на утримання дитини самостійно визначаючи умови. Договір укладається в письмовій формі та має бути нотаріально посвідчений. Метою вищевказаного договору є матеріальне забезпечення малолітнього або неповнолітнього, що є неодмінною частиною нормального життєзабезпечення дитини. Батьки за взаємною згодою визначають розмір, строки, порядок виплати грошових коштів, а також додатково можуть визначити порядок зустрічей з другим із батьків, або ж іншими родичами (дядько, тітка, бабуся, дідусь). Умови договору визначені батьками не повинні порушувати права дитини визначені сімейним законодавством. Необхідною умовою договору є визначення місця проживання дитини з одним із батьків, який відповідно до ст. 179 СК України є отримувачем коштів, а сама дитина є власником аліментів [1]. Нотаріальне посвідчення договору, у разі його недотримання дає змогу здійснити примусове виконання стягнення без додаткових складнощів, шляхом вчинення нотаріусом виконавчого напису, про що зазначається в тексті самого договору. До договорів про сплату аліментів застосовуються загальні правила посвідчення правочинів: сторони повинні мати повну цивільну дієздатність, умови договору не можуть суперечити інтересам держави та суспільства, не порушувати права дитини, укладатися в письмовій формі та мати на меті реальне настання обставин щодо яких вчиняється такий договір. Найпоширенішими умовами Договорів про сплату аліментів між батьками є:

– виплата аліментів у твердій грошовій сумі;
– виплата аліментів від частки заробітку платника. Також обумовлюються строки таких виплат за узгодженим графіком (число, місяць, рік) та яким шляхом вони будуть здійснюватись (готівкова, безготівкова форма);
– встановлення неустойки у випадку прострочення та/або несвоєчасного платежу.

О.С. Простибоженко зазначає, що «Договір про сплату аліментів на дитину не передбачає визначення загальної суми заборгованості за аліментами, а тому не допускається можливість дострокового стягнення аліментів. У національному законодавстві відсутній будь-який механізм стягнення аліментів за договором на майбутнє, тобто платежів, строк сплати яких ще не настав» [2, с. 44]. При посвідченні договору відповідно до ст. 31 Закону України «Про нотаріат» нотаріусом стягується плата за вчинену нотаріальну дію, а також державне мито відповідно до Декрету «Про державне мито» в розмірі 1% від суми договору, тобто від суми, яка має бути сплачена одним із батьків до досягнення дитиною повноліття. З огляду на ці витрати при посвідчені договору, громадянами подекуди приймаються рішення, щодо усної домовленості про сплату аліментів на дитину, не маючи можливості та бажання нести такі витрати, в той час коли частиною 3 статті 176 Цивільного процесуального кодексу України у справах щодо стягнення аліментів, ціна позову визначається сукупністю усіх виплат, але не більше ніж за шість місяців [3]. Н.В. Волкова та Д.А. Шкорупеєв визначають, що домовленість батьків про добровільну сплату аліментів, якщо вона не оформлена у вигляді нотаріального договору, не може бути примусово виконано і у випадку відмови зобов'язаної особи сплачувати аліменти добровільно виникає необхідність звернення такої особи до суду, що практично робить судовий порядок стягнення аліментів єдиним дієвим способом захисту майнових прав дитини [4, с. 33]. Тому можемо прийти до висновку, що звернення до суду є менш матеріально затратним, аніж посвідчення нотаріального договору. За бажанням сторін до договору про сплату аліментів на дитину можна внести зміни, шляхом укладання окремого договору, який є невід'ємною частиною основного договору. Розірвання договору можливо за взаємною згодою сторін, при наявності обставин щодо його розірвання, при цьому не допускається розірвання договору в односторонньому порядку. Якщо немає такої згоди питання щодо розірвання договору необхідно вирішувати судовому порядку. Частиною 2 ст. 189 Сімейного кодексу України передбачено, що у разі невиконання одним із батьків свого обов'язку за договором аліменти з нього можуть стягуватися на підставі виконавчого напису нотаріуса. Метою вчинення виконавчого напису є надання можливості, не звертаючись до суду реалізувати право на примусове стягнення. О.В. Поляков розглядає виконавчий напис нотаріуса, як нотаріальну дію, як засіб захисту цивільних прав, як розпорядження нотаріуса про стягнення грошової суми з боржника до кредитора або про повернення чи передачу майна кредитору, здійснену за документами, що підтверджують зобов'язання боржника [5, с. 54]. С.Я Фурса зазначає, що повноваження нотаріуса при вчиненні виконавчого напису стабільні і він вправі лише констатувати наявність правопорушення або його відсутність на підставі безспірних офіційних доказів [6, с. 427]. Отже, за наявності доказів, щодо невиконання умов договору, нотаріусом вчиняється виконавчий напис задля забезпечення умов для примусового стягнення.

Статтею 87 Закону України «Про нотаріат» визначено, що для стягнення грошових сум або витребування від боржника майна нотаріуси вчиняють виконавчі написи на документах, що встановлюють заборгованість [7]. Для того, щоб вчинити виконавчий напис

необхідно виконати наступні умови: довести, що заборгованість була прострочена декілька разів, тобто має систематичний характер та надати оригінал договору про сплату аліментів (за його відсутності надається дублікат, що має силу оригіналу) для проставляння самого виконавчого напису, а також надати документи, що підтверджують прострочення виконання зобов'язання. Виконавчий напис вчинюється нотаріусом незалежно від місця виконання вимоги, місцезнаходження боржника або стягувача [8]. Тобто стягувач, в даному випадку батько або мати, які діють в інтересах малолітньої або неповнолітньої особи мають право звернутися до будь-якого нотаріуса, або державної нотаріальної контори, незалежно від місця посвідчення аліментного договору та незалежно від місця знаходження боржника, та вчинити виконавчий напис. Стягнення за виконавчим написом здійснюється відповідно до вимог ст. 89 Закону України «Про нотаріат» та ст. 4 Закону України «Про виконавче провадження». Н. В. Волкова зауважує, що необхідно звернути увагу, що в нашій державі проголошений воєнний стан, однак це не привід для не сплати аліментів на утримання дитини, оскільки відповідно до СК України батьки зобов'язані утримувати своїх неповнолітніх дітей [9, с. 768]. Прикінцевими положеннями розділу XIII Закону України «Про виконавче провадження» зазначається «… припиняється звернення стягнення на пенсію, стипендію (крім рішень про стягнення аліментів, про відшкодування шкоди, заподіяної каліцтвом, іншим ушкодженням здоров'я або смертю внаслідок кримінального правопорушення, та рішень, боржниками за якими є громадяни Російської Федерації) [10].

Розглядаючи судову практику у справах про визнання виконавчого напису вчиненому на аліментних договорах таким, що не підлягає виконанню, із матеріалів справ бачимо типові підстави для визнання його недійсним, а саме позивачем зазначається «…суми які було зазначено у виконавчому написі та у письмовій вимозі не сходяться, боржник (позивач) заперечує факт наявності заборгованості перед відповідачам але, навіть якщо така була б, відповідачем не вірно розрахована сума пені, а розрахунок боргу, здійснений відповідачем щодо наявності грошового зобов'язання та пені, не може вважатися документом, який підтверджує безспірність вимог відповідача до нього», також зазначається, що боржнику не надходило письмових повідомлень, про факт наявності заборгованості він дізнався вже після відкриття виконавчого провадження [11]. У справі № 523/18972/20 провадження № 61–527св23 колегія суддів Першої судової палати Касаційного цивільного суду зазначила, що вирішуючи спір про визнання виконавчого напису таким, що не підлягає виконанню зазначає, що відповідне право стягувача, за захистом якого він звернувся до нотаріуса, повинно існувати на момент звернення. Так само на момент звернення стягувача до нотаріуса із заявою про вчинення виконавчого напису повинна існувати й, крім того, також бути безспірною, заборгованість або інша відповідальність боржника перед стягувачем. Безспірність заборгованості чи іншої відповідальності боржника — це обов'язкова умова вчинення нотаріусом виконавчого напису. Вирішуючи спір про визнання виконавчого напису таким, що не підлягає виконанню, суд не повинен обмежуватися лише перевіркою додержання нотаріусом формальних процедур і факту подання стягувачем документів на підтвердження безспірної заборгованості боржника згідно з Переліком документів [12]. З матеріалів справи вбачається, що нотаріус не переконався у безспірності заборгованості, отже такий виконавчий напис визнається таким, що не підлягає виконанню.

Частиною 5 ст. 9 Закону України «Про виконавче провадження» передбачено, що «відомості про боржника вносяться до Єдиного реєстру боржників (крім відомостей щодо боржників, якими є державні органи, органи місцевого самоврядування, а також боржників, які не мають заборгованості за виконавчим документом про стягнення періодичних платежів більше трьох місяців, та боржників за рішенням немайнового характеру) одночасно з винесенням постанови про відкриття виконавчого провадження [13]. Аналізуючи, норми законодавства приходимо до висновку, що в разі наявності заборгованості по аліментах, така інформація вноситься до Єдиного реєстру боржників, а до самого боржника застосовуються певні санкції: заборона розпорядження коштами з карткових рахунків, обмеження для виїзду закордон, заборона розпорядження майном. Такі обмеження будуть діяти до того моменту, поки боржник не сплатить наявну заборгованість по аліментах та не буде виключено відповідний запис з Єдиного реєстру боржників, таким способом законодавством передбачено захист прав малолітніх та неповнолітніх дітей на їх належне утримання. Введений у країні воєнний стан вніс певні обмеження, щодо стягнення за виконавчим написом, такі обмеження торкнулись кредитних договорів, що не були нотаріально посвідчені, аліментні відносини не підпали під такі обмеження, що дає можливість стягувати кошти на утримання та виховання дітей.

Висновки. В науковій літературі виконавчий напис нотаріуса розглядається, як нотаріальна дія, як засіб захисту цивільних прав, як розпорядження нотаріуса про стягнення грошової суми з боржника до кредитора або про повернення чи передачу майна кредитору. Виконавчий напис є дієвим інструментом позасудового врегулювання спору та захисту прав громадян та юридичних осіб, що надає можливість у короткі строки виконати стягнення та захистити свої права. Введений у країні воєнний стан не позбавляє батьків обов'язку сплачувати аліменти на дитину, а процедура стягнення за виконавчим написом вчиненим на аліментного договорі не зазнала обмежень, на відміну від стягнення за кредитним договором, який не був нотаріально посвідчений.

Література

1. Сімейний кодекс України № 2947-III від 01.01.2024. *Відомості Верховної Ради України.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2947-14/ed20240101#Text (дата звернення: 01.08.2025).

2. Простибоженко О. С. Аліментний виконавчий напис нотаріуса: ідеї щодо удосконалення національного законодавства. *Часопис цивілістики.* 2020. № 37. С. 42–47.

3. Цивільний процесуальний кодекс України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15#Text (дата звернення: 01.08.2025).

4. Н. В. Волкова Д. А. Шкорупеєв Судовий розгляд і виконання рішень у справах про стягнення аліментів: монографія / Н. В. Волкова, Д. А. Шкорупеєв; передм. Н. Ю. Голубєва; НУ «Одеська юридична академія». Одеса : Фенікс, 2022. 33 с.

5. Поляков О. В. Характеристика та організаційні основні поняття виконавчих написів нотаріусами. *Держава та регіони.* 2022. № 2 (76). С. 54.

6. Фурса С. Я. Виконавчий напис нотаріуса у контексті права особи на захист: нотаріат, суд та виконавче провадження. *Науковий вісник Ужгородського національного університету Серія: Право.* 2025. Вип. 88 част. 1. С. 425–431. URL: https://visnyk-juris-uzhnu.com/wp-content/uploads/2025/05/64.pdf (дата звернення: 01.08.2025).

7. Про Нотаріат : Закон України від 02.09.1993 р. № 3425-XII. *Відомості Верховної Ради України.* 1993. № 39. Ст. 383. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3425-12#Text (дата звернення: 01.08.2025).

8. Про затвердження Порядку вчинення нотаріальних дій нотаріусами України : Наказ Міністерства юстиції України від 22.02.2015 № 296/5. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0282-12#Text (дата звернення: 01.08.2025).

9. Волкова Н. В. Виконання судових рішень про стягнення аліментів на утримання дитини у період дії воєнного стану. *Європейський вибір України, розвиток науки та національна безпека в реаліях масштабної військової агресії та глобальних викликів XXI століття (до 25-річчя Національного університету «Одеська юридична академія» та 175-річчя Одеської школи права):* у 2 т.: матеріали Міжнар.наук.-практ. конф. (м. Одеса, 17 червня 2022 р.) / за загальною редакцією С. В. Ківалова. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2022. Т. 2. С. 767–769.

10. Про внесення зміни до розділу XIII «Прикінцеві та перехідні положення Закону України «Про виконавче провадження» : Закон України від 15 березня 2022 року № 2129-IX. *База даних «Законодавство України».* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2129-20#Text (дата звернення: 01.08.2025).

11. Рішення Ужгородського міськрайонного суду Закарпатської області від 01 листопада 2019 року у справі № 308/7638/18. URL: https://reyestr.court.gov.ua/Review/85784628 (дата звернення: 01.08.2025).

12. Постанова Верховного суду від 08 червня 2023 року у справі № 523/18972/20 (провадження № 61-527св23). URL: https://reyestr.court.gov.ua/Review/111614006 (дата звернення: 01.08.2025).

13. Про виконавче провадження: Закон України від 02.06.2016 р. № 1404-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1404-19 (дата звернення: 01.08.2025).

УДК 005.21:640.43:005.95/.96

Cherednyk Anna
Managing Partner "Lemonica Restaurant",
(Hollywood, Florida, USA);
Board Advisor "Praha Restaurant"
(Kyiv, Ukraine)

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11304

STRATEGIC RESTAURANT MANAGEMENT MODEL IN A MULTICULTURAL ENVIRONMENT: INTEGRATING GENERATIONAL AND CROSS-CULTURAL APPROACHES

Summary. *This article presents a theoretical and practical analysis of adaptive management strategies in the restaurant industry, integrating cross-cultural and generational approaches. The study is based on a qualitative comparative method using case analysis, incorporating practical experience in managing large-scale and chain restaurants in Ukraine and the USA, observations of multicultural teams, and informal interviews with employees from Generations X, Y, and Z. The research identifies key differences in values, communication styles, motivational drivers, and work schedule expectations across generations, as well as the specifics of authority perception and feedback reception among various cultural groups (Ukrainian, Latin American, and American employees). Special attention is given to the transformation of the leader's role from a hierarchical manager to a facilitator, fostering a shared sense of purpose and a culture of trust. The importance of personalized motivation, adaptive scheduling, and multi-level feedback as employee retention tools is substantiated. The author's management model is presented, in which cultural sensitivity, the leader's emotional intelligence, and consideration of generational characteristics are viewed as complementary parameters for enhancing team performance. Systematization of practical cases demonstrates that combining flexible operational tools with differentiated incentives reduces staff turnover, minimizes intergenerational conflicts, and increases productivity in environments characterized by high cultural and age diversity. The article will be useful for researchers in human resource management, hospitality industry professionals, HR experts, and practicing managers working in multicultural and multigenerational teams.*

Key words: *multicultural teams, generational differences, restaurant management, adaptive leadership, employee motivation, hospitality industry.*

Introduction. Globalization has intensified the managerial challenge of leading multicultural and multigenerational teams in the restaurant industry. Hierarchical models with one-size-fits-all motivation lose effectiveness against persistent cultural and generational differences.

A cross-cultural staff composition has become the norm both in the United States and in Eastern Europe. Generations X (1965–1980), Y (1981–1996), and Z (1997–2012) diverge in attitudes toward work, perceptions of authority, expectations regarding work organization, communication styles, sensitivity to incentives, and tolerance for uncertainty [8]. Under high emotional load and short interaction cycles, these differences directly affect team performance.

Despite a growing body of publications, a systematic analysis of strategies that account for the concurrent influence of generational and cultural factors remains fragmented. Approaches either confine themselves to HR practices or examine cultural context in isolation. Practice shows that it is precisely the intersection of these dimensions that creates both risk and growth zones; integrating Generation Z staff into teams dominated by Generation X requires recalibrated motivation and a shift by the leader from a directive model to a facilitative one.

The purpose of the study is to analyze strategic approaches to restaurant management in a multicultural and multigenerational environment and to propose an adaptive model that combines cross-cultural and generational principles.

Materials and Methods. A comparative method was employed, reflecting the complexity of the phenomenon under analysis, which brings together generational and cultural differences in managing restaurant teams.

The empirical base comprises the author's practical management experience in restaurants in Ukraine and the United States. In the Ukrainian context, activities at the restaurant "Praha" (Kyiv, 2013–2022) — a major

gastronomic project with 500 seats and a developed events infrastructure — were analyzed. In the U.S. context, examples were drawn from work in the Pura Vida network (Florida, 2022–2023), comprising more than 20 locations, and at Lemonica (Hollywood, Florida, 2024–2025), where adaptive HR practices were developed and implemented.

Empirical data include case descriptions with locations, operating periods, and scale of operations. Non-formalized interviews were conducted with staff ($n \approx 25$) representing multicultural teams: Ukrainians, Russians, Latin Americans, African Americans, and local Americans. The generational structure covered Generations X, Y, and Z, enabling identification of differences in perceptions of authority, motivational stimuli, and forms of feedback consistent with the observations of Seyfi S. [8] regarding generational features of expectations in the hospitality industry. Key analytical parameters included: perceptions of authority and leadership style; employee motivation and engagement; formats and tone of feedback; work–life balance; cross-cultural adaptation and its impact on productivity and retention.

The primary instrument was case analysis with elements of in-depth contextual comparison. Cross-case comparison made it possible to identify stable patterns of interaction across generations and cultural groups, and adaptive managerial practices that enhance the effectiveness of restaurant teams. Interpretation drew on the following theoretical frames: the absorptive capacity model (ACAP) [6]; the theory of emotional brand attachment [2]; cognitive appraisal theory [11]; and studies on generational differences in employee behavior [8], [10]. This approach provided an integrated understanding of the interrelationships between generational and cultural factors in strategic restaurant management.

Results. The multigenerational structure of staff sets distinct values, modes of communication, and expectations. Generation X is oriented toward stability, hierarchy, and procedures. Stress tolerance and readiness for long shifts are higher, aligning with the role of organizational stability in retention [6]. Generation Y values meaning and participation. Involving staff in the development of service standards increases loyalty and initiative. In Ukraine, collective bonuses work better, whereas in the United States, individual metrics supplemented by a team bonus element are more effective [10]. Generation Z requires flexible schedules, visual communication, and instant feedback. It readily adopts new service formats but needs sustained personalized motivation [2], [11]. Hence, differentiation of KPIs follows: for X — stability and compliance with regulations; for Y — participation and contribution to standards; for Z — personal metrics with short feedback cycles.

Perceptions of leadership vary by generation and are shaped by cultural context. Liu B. [5] showed that national-cultural differences modify the willingness to experiment and the reception of new interaction formats in restaurant teams. In a multicultural environment, as Seyfi S. notes [8], these differences are amplified by generational features, requiring the manager to combine motivational tools with flexibility.

In Ukrainian restaurants, representatives of X and Y displayed greater tolerance for rigid schedules and centralized managerial decisions, whereas in the United States, Y and Z expected greater autonomy and transparency in managerial processes. This accords with the findings of Bakr A. [1] on the need to account for individual and group values in building sustainable interaction models.

Intergenerational differences influence perceptions of authenticity. High authenticity more strongly lifts service evaluations among novelty-oriented Generations Y and Z [7]. It is affected by menu format and restaurant type [9]. This makes it necessary to consider generational composition when shaping the product offering. Table 1 systematizes values, communication style, key stimuli, and adaptation characteristics of X, Y and Z.

In multicultural restaurant teams, cultural and generational differences shape perceptions of authority, communication format, and feedback expectations [6]. Among Ukrainian, Latin American, and American employees, this manifests in business communication styles and adaptation pathways. Table 2 compares attitudes toward leadership, communications, feedback, and adaptation strategies, highlighting regularities and managerial risks.

Analysis of the characteristics in Table 2 indicates that national-cultural affiliation directly influences interaction styles and the reception of managerial signals. Ukrainian employees — especially from Generations X and Y — demonstrate high respect for hierarchy and formalized procedures, which supports process stability but can slow the adoption of flexible and horizontal managerial models [9]. Their reaction to feedback depends heavily on delivery; blunt criticism is often perceived as painful, whereas balanced and constructive comments foster engagement.

Latin American employees — particularly those from Generation Z — respond positively to emotionally engaging leadership and warm interpersonal communication. For them, recognition in oral form is a key motivational factor, even when behavior needs correction. This feature facilitates rapid integration into the team but requires high emotional intelligence from managers. American workers, most often from Generations Y and Z, prefer clearly defined roles and transparent expectations regarding tasks and outcomes [9]. Their feedback preferences tilt toward brief, structured comments supported by measurable performance indicators, which simplifies self-assessment and development planning.

Discussion. A shift from traditional hierarchical management to a “facilitator” role is a key condition

Table 1

Comparative characteristics of Generations X, Y, and Z in the restaurant industry

Generation	Core Values	Communication Style	Motivational Stimuli	Adaptation Characteristics
X	Stability, hierarchy, loyalty	Formal, hierarchical	Long-term employment, stable income	High stress tolerance, readiness for long shifts
Y	Meaningful work, career growth, participation in management	Team-oriented, open	Recognition of contribution, professional development, participation in decision-making	Work–life balance, positive response to collective bonuses
Z	Flexibility, digital interaction, quick feedback	Interactive, visual	Individual bonuses, visual stimuli, gamified elements	High digital literacy, low tolerance for routine

Source: compiled by the author based on sources: [3; 7; 11]

for the effective functioning of restaurant teams comprising representatives of different generations and cultural groups. In this model, the leader allocates tasks and creates space for dialogue, mutual learning, and joint problem-solving, acting as a mediator of meaning and a coordinator of team processes [4].

The organization's ability to absorb and integrate knowledge in multicultural teams manifests in how quickly and effectively team members adapt to new approaches and technologies [6]. A high level of ACAP in the restaurant setting allows diverse cultural work patterns to be combined into a coherent system, strengthening innovative potential. Alignment of cultural values between leader and team becomes a critical factor determining the pace of adaptation and the durability of achieved changes [7].

Core elements of successful leadership in such an environment include a shared conceptual and linguistic basis, trust, and the leader's emotional intelligence [6]. A common language — both linguistic and semantic — ensures alignment of expectations, consistent interpretation of managerial signals, and minimization of cross-cultural misunderstandings. Trust is formed through consistency of action, transparent decisions, and respect for individual employee values. Emotional intelligence enables the leader to register underlying team moods, respond to conflict in a timely manner, and sustain an atmosphere of mutual understanding [11].

The Lemonica case in the United States demonstrates how adopting a facilitator model integrated Generations Y and Z from different cultural groups (Latin Americans, Americans, Ukrainians) into a unified team without significant conflict. Leadership was built on daily team briefings, flexible role allocation, and encouragement of idea exchange among servers, cooks, and managers. The result was improved retention indicators and higher engagement, reflected in internal surveys.

Experience at Ukraine's "Praga" shows that in a setting dominated by Generation X and a substantial share of local staff, a leader acting as facilitator can increase process innovativeness through targeted intergenerational project groups. Emphasis was placed on transferring experience from senior to junior staff and integrating digital service tools proposed by

Table 2

Cross-cultural differences in employee expectations and communication styles in the restaurant industry

Cultural group	Authority perception	Communication style	Feedback preferences	Adaptation features
Ukrainians	Respect for hierarchy, formal role recognition	Formal, hierarchical	Sensitive to criticism, prefer carefully worded feedback	High value on stability, slower adaptation to flexibility
Russians	Strong respect for authority, expect clear hierarchy with some paternalism	Formal in official settings, but may switch to informal in close-knit teams	Prefer balanced feedback (constructive criticism + recognition); negative reaction to abrupt criticism	Value stability and predictability, adapt slower to rapid changes, but resilient under structured rules
Latin Americans	Prefer warm, inclusive leadership	Emotional, informal	Expect recognition and encouragement in verbal form	Adapt quickly in team-oriented environments
Americans	Expect clear boundaries and role transparency	Direct, structured	Prefer concise, metric-based feedback	Adapt well to structured but flexible schedules

Source: compiled by the author based on sources: [6; 8; 9]

Table 3

Effectiveness of motivational strategies by generations and cultures

Generation / Culture	Effective incentives	Response to adaptive scheduling	Retention outcome
X (Ukrainian)	Team goals, stable income	Comfortable with fixed and predictable shifts	Long-term tenure; low turnover
X (Latino)	Respect and recognition of contribution	Accepts moderate flexibility	Moderate increase in engagement
Y (American)	Career development; participation in decisions	Positive response to flexible schedules	Higher satisfaction; reduced turnover
Y (Ukrainian)	Collective bonuses; public acknowledgment	Prefers balanced rota (stability + flexibility)	Stable engagement
Z (American)	Individual bonuses; challenges; gamified elements	High value placed on short and flexible shifts	Strong engagement; risk of exit under rigid schedules
Z (Latino)	Visual feedback; fast recognition; micro-rewards	Flexibility is a key retention lever	High engagement under personalized incentives

Source: compiled by the author based on sources: [10; 11]

Generation Z. The outcome was shorter service times and improved customer satisfaction metrics.

The effectiveness of rewards and schedules is determined by aligning incentives with generational values. Generation Z responds more strongly to personalization and rapid feedback. When satisfied with service, this converts into loyalty and repeat patronage [10]. For X/Y, shared goals and predictable rules take precedence, boosting collective engagement and curbing turnover, consistent with intergenerational differences in values and expectations [8]. Table 3 summarizes: personalization for Z; collective orientations for X/Y; and adaptive scheduling as a universal flexibility mechanism.

Comparison confirms that personalization of incentives is critical for retaining Generation Z. Individual bonuses, micro-recognition, and gamified tasks raise satisfaction and intentions for repeat effort via a direct "effort–outcome" linkage, whereas schemes neutral to individual contribution show weaker effects for this cohort. By contrast, for Generations X and Y, collective orientations — transparent rules, team goals, and rituals of contribution recognition — are more robust levers that sustain a sense of belonging and reduce perceived process uncertainty [8].

Adaptive scheduling emerges as a universal instrument of intergenerational flexibility. For Z, it acts as a baseline hygiene factor preventing role conflict outside work; for Y, a mechanism for balancing professional and family obligations; and for X, a way to preserve predictability with acceptable load variability. This configuration aligns with empirical models in which satisfaction mediates the link between interaction quality and repeat choice/repeat actions [10]. Finally, motivational strategies should account for the affective dynamics of perceived organizational "authenticity" and procedural fairness. When reward conditions and managerial messaging match actual practice, negative emotions decline and positive emotions grow, supporting the intention to "return" — in this context, continued employment and willingness to take additional shifts [11].

Conclusion. The study confirmed the importance of adaptive leadership and motivation in managing multicultural and multigenerational teams in the restaurant industry. The most effective approach is a shift from a hierarchical model to a facilitative one in which the leader unites generations and cultures, forming a shared field of meaning and coordinated action.

Optimal motivation is achieved by combining personalized incentives and game-like elements for younger generations with collective goals and long-term bonuses for older cohorts. Effectiveness is raised by flexible schedules and digital planning tools, which increase satisfaction and reduce turnover while maintaining productivity. Accounting for cross-cultural differences in perceptions of authority, communication, and feedback is essential. Multilayered interaction formats, including formal and digital channels, make it possible to align service standards with the need for flexibility.

Sustainable development of such teams requires a unified managerial platform that combines process structure with adaptability and cultural sensitivity. Future research should be directed toward developing universal performance indicators, testing digital motivation tools, and assessing the long-term impact of facilitative strategies on the competitiveness of restaurant business models.

References

1. Bakr, A.A. M., Ali, E.R., Aljurayyad, S.S., Fathy, E.A., & Fouad, A.M. (2025). From authenticity to sustainability: The role of authentic cultural and consumer knowledge in shaping green consumerism and behavioral intention to gastronomy in heritage restaurants in Hail, Saudi Arabia. Sustainability, 17(8), 3530. https://doi.org/10.3390/su17083530

2. Cheng, W., Niu, C., Huang, L., & Zhang, Y. (2025). Design strategies for culinary heritage restaurants from a cultural sustainability perspective: Focusing on Generation Z consumers. Sustainability, 17(8), 3401. https://doi.org/10.3390/su17083401

3. El-Said, O., & Al Hajri, S. (2022). Are customers happy with robot service? Investigating satisfaction with robot service restaurants during the COVID-19 pandemic. Heliyon, 8(3), e08986. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08986

4. Koytak, H.Z. (2024). Ethnicity on the table: A content analysis of online reviews for Syracuse's cuisines. Sociology Compass, 18(3), e13195. https://doi.org/10.1111/soc4.13195

5. Liu, B., Wang, Y., Katsumata, S., Li, Y., Gao, W., & Li, X. (2021). National culture and culinary exploration: Japan evidence of heterogeneous moderating roles of social facilitation. Frontiers in Psychology, 12, 784005. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.784005

6. Moraes, M.L. de, Carvalho, I., Silva, B., Correia, A., & do Carmo, M. (2022). Absorptive capacity and cultural diversity in the restaurant industry. Anatolia, 35(1), 190–193. https://doi.org/10.1080/13032917.2022.2145572

7. Premordia, I., & Gál, T. (2023). Food neophilics' choice of an ethnic restaurant: The moderating role of authenticity. PLOS ONE, 18(5), e0281453. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281453

8. Seyfi, S., Vo-Thanh, T., & Zaman, M. (2024). Hospitality in the age of Gen Z: A critical reflection on evolving customer and workforce expectations. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 36(13), 118–134. https://doi.org/10.1108/IJCHM-01-2024-0035

9. Yang, H., Kim, J.-H., & Song, H. (2025). Influences of menu, restaurant ownership, and location on Chinese ethnic diners' authenticity perceptions. SAGE Open, 15(2). https://doi.org/10.1177/21582440251341932

10. Yao, W., Arshad, M.A., Zhao, M., & Yu, C. (2025). The impact of employee service competence on Gen Z food consumption decisions: The moderating role of OMO contexts. Foods, 14(16), 2793. https://doi.org/10.3390/foods14162793

11. Youn, H., Li, J., & Hai, T. (2025). The effects of multiple authenticity dimensions on dining intentions in ethnic restaurants. SAGE Open, 15(1). https://doi.org/10.1177/21582440251325601

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11399

REVIEW ON THE ARTICLE "A REVIEW OF TRENDS IN THE AUTOMATION OF ADVERTISING PROCESSES ON MARKETPLACES WITH AN EMPHASIS ON THINKAD'S AI SOLUTIONS"

The scientific article addresses a timely and practically significant theme: the rapid automation of advertising workflows on marketplaces under rising CPCs, intensified competition, and the transition to a cookieless environment. The focus is appropriate and clearly justified. Manual bidding and fragmented processes cannot cope with the combinatorial growth of product–keyword–time interactions; the paper argues convincingly that intelligent automation is no longer optional but structural for maintaining competitiveness, especially among SMEs with constrained budgets.

Methodologically, the study uses a systematic review of secondary sources, complemented by content and case-study analysis. This mix is suitable for an applied, industry-facing contribution. The descriptive statistics anchor the narrative in observed CPC trends, while the case materials translate architecture into outcomes framed in operational terms (ACoS reduction, uplift in advertising-driven sales, time savings for teams). The paper's clear mapping from business metrics to technical levers makes it especially useful for non-technical managers. The argument that first-party data becomes the pivotal asset under cookie deprecation is consistent with current regulatory and platform trajectories and ties well to the goal-based bidding paradigm.

The strongest passages are those that keep the managerial perspective central. First, the paper does not present "automation" as a monolith; it separates strategic optimisation (intent, goal-setting, forecasting) from operative routines (keyword harvesting, negative matching, budget reallocation) and from temporal control (hourly day-parting). Second, it explains why hourly cadence matters at present auction densities: small deviations in bids propagate quickly into placement loss and cost surges; therefore speed and fidelity of adjustment are central to margin preservation. Third, the cross-account and cross-region consolidation argument is well taken. Fragmented data prevents the system from perceiving inter-product and inter-market relationships; unification is not merely convenient but value-generative in predictive models.

Practical significance is high. For SMEs the proposed architecture converts scarce human time into supervisory and strategic work by automating high-frequency decisions. The manuscript shows a plausible path to results without requiring heavy bespoke analytics teams: connect sources, set business goals (ACoS/ROAS), enable autopilot, and iterate with semantic-core and wasted-spend controls. The portrayal of day-parting as micro-regulation of spend in narrow conversion windows is realistic and supported by agency evidence; it also aligns with budget-constrained realities where timing selectivity outperforms all-day presence. For larger advertisers, the comparative framing vis-à-vis Perpetua and Quartile helps locate ThinkAd within a broader toolchain rather than as a universal replacement.

The discussion of emerging shifts towards AI intermediaries in commerce is pertinent. If algorithmic agents such as Rufus or retail assistants on other platforms mediate discovery and purchase, then structured, machine-readable product data and rapid creative regeneration become competitive levers in their own right. The manuscript connects this horizon to present practice through feed optimisation and first-party data integration, which strengthens its forward-looking value without drifting into speculation.

The evidence base relies on a small set of cases and vendor-facing materials, so software effects are hard to separate from market dynamics such as CPC seasonality and assortment shifts. Security, privacy, and compliance are only sketched; a brief note on encryption, access governance, and audit logging would add completeness. Costs are treated qualitatively; a compact TCO with integration effort, training time, and transition risks, plus a simple sensitivity by spend level and marketplace mix, would aid managers. Finally, the platform comparison would benefit from a small controlled benchmark on a shared dataset with standardised outcome metrics (e.g., ACoS, time-to-invoice, dispute rate).

The paper is well structured, managerially lucid, and aligned with current marketplace realities. It connects rising auction pressure, privacy shifts, and labour constraints to a concrete automation stack and demonstrates how each component contributes to business metrics. Subject to the minor enhancements noted, I recommend the article for publication and consider it a valuable resource for both practitioners and researchers analysing AI-enabled advertising on marketplaces.

by Oleksii Birchak

UDC 004.7+336

Rudin Dmytro
Platform Engineer
Capital One (Plano, Texas, USA)
ORCID: 0009-0007-4171-4973

Vasylenko Volodymyr
PhD, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Computer Science
State University of Information and Communication Technologies
ORCID: 0000-0001-8465-6178

Grynkevych Ganna
PhD, Associate Professor,
Professor of the Department of Telecommunication Systems and Networks
State University of Information and Communication Technologies
ORCID: 0000-0003-1922-5165

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-12018

DATA PROTECTION IN WI-FI NETWORKS OF FINANCIAL INSTITUTIONS: WEP TO WPA3 EVOLUTION AND ECONOMIC IMPACT

Summary. *This paper evaluates the Wi-Fi security evolution in financial institutions, examining the migration from legacy WEP and WPA protocols to WPA3 and WPA Enterprise with 802.1X authentication. The methodology combines systematic literature review with original framework design and quantitative economic modeling based on real-world migration and breach cost data. Key findings demonstrate that migration from WPA2-Personal to WPA3/WPA Enterprise with dynamic VLAN segmentation reduces the wireless attack surface by 80–90%, achieves full PCI-DSS 4.0 wireless compliance, and delivers positive ROI within 18–24 months through regulatory fine avoidance and breach cost reduction. The developed framework provides an actionable decision tool for IT architects, cybersecurity managers, and compliance officers in regulated financial environments, bridging technical vulnerability analysis with quantified economic justification.*

Key words: *WPA3, WPA Enterprise, Wi-Fi security, financial institutions, 802.1X, PCI-DSS, wireless network security, RADIUS, EAP-TLS, protocol migration.*

Introduction. The rapid utilization of wireless networks in financial organizations has made maintaining Wi-Fi security capabilities a pressing necessity for protecting secure data assets and eliminating service disruptions. Financial institutions have the unique problem of having high-valued targets in their systems that encourage continuous advanced persistent threats (APT) actors to exploit any vulnerabilities embedded in Wi-Fi networks. The number of Wi-Fi wireless transactions and the adoption of mobile devices have increased exponentially in recent years, making unauthorized access, data sniffing, and enterprise lateral movement more frequent and aggressive. Accompanying these developments is the change in compliance laws mandating adherence to PCI-DSS 4.0 standards which dictate the use of an uncompromised wireless architecture to guarantee compliance. Thus, there is a need for Wi-Fi security solutions to significantly improve as a matter of priority and urgency for financial institutions in order to secure valuable assets.

The research on Wi-Fi security in financial institutions can be divided into four prevalent themes regarding the main issues of protocol evolution. The first theme encompasses the development of wireless security protocols analyzed from a technical standpoint. This includes comparative studies of WEP and WPA, WPA2, and WPA3, focusing on their encryption algorithms, cryptography techniques, vulnerabilities, and types of attacks. The second theme considers the authentication procedures that enterprises can use to protect their networks, comparing standard EAP types as well as 802.1X architectures and evaluating their effectiveness and applicability in commercial-grade Wi-Fi networks. The technological-economic aspect

of the evolution of cipher protocols is considered in the third theme, which focuses on cost-effectiveness studies of TCO and ROI, along with long-term benefits achieved by averting breach costs and regulatory fines. The fourth theme is compliance with PCI-DSS and other security frameworks that create the technical requirements for the evolution of cipher protocols and analyze the effective impact of standards on personnel practices and organizational security.

A review of currently accessible publications detailing protocol evolution, authentication problems, economic impact, and regulatory conformity adaption linked with Wi-Fi network security reveals a substantial gap in active research specializing on their convergence into an integrated decision-making model catered to the needs of financial institutions. Currently discovered studies have largely focused on maintaining terminal independence in their scope, which has allowed for no comprehensive model to identify protocol-related vulnerabilities converging with compliance requirements and their financial impact, resulting in the absence of a timeline for effective migration. The proposed paper intends to cover this gap by introducing a new framework aimed at assisting financial institutions in estimating the technical and financial advantages from switching from WPA2-Personal to WPA3 / WPA Enterprise, implementing specific authentication mechanisms combined with dynamic VLAN segmentation through 802.1X. The innovative merit of the proposed study lies in its ability to merge technical vulnerability analysis with a focus on compliance and quantitative modeling, producing a handy tool for risk-oriented justifying financial investments and operational implementation. The currently tested hypothesis is the following: "The transition of financial institutions Wi-Fi infrastructure from WPA2-Personal to WPA3 / WPA Enterprise, using802.1X authentication and dynamic segmentation of VLAN targets, reduces the wireless attack surface by 80–90 percent, ensures full PCI-DSS 4.0 wireless compliance, and a positive ROI is expected within 18–24 months due to the prevention of breaches and fines for non-compliance."

In order to address the broad complexity of the challenge posed by the modernization of Wi-Fi security in the financial sector, a combination of approaches was adopted in this research. The first step included a literature review of the most widely discussed vulnerabilities, technological changes, and compliance factors. IEEE Xplore, Scopus, ACM Digital Library, and Google Scholar databases were searched for publications from 2019 to 2024 to ensure peer relevance and timeliness. The second step was the development of an original decision-making framework based on the obtained data that includes migration approaches, risk mitigation options, and investment trends based on the industry-specific characteristics. The final methodological pillar was quantitative modeling based on real data on migration and incidents costs to calculate the payback period, attack surface reduction, and PCI-DSS compliance impact. The comprehensive approach made it possible to confirm the central hypothesis behind the research as the technical, regulatory, and financial aspects of the challenges faced were merged into a single analytical framework.

Wi-Fi Security Protocol Evolution: WEP through WPA3 — Vulnerability Analysis and Migration Timeline

The history of security system development prescribes an evolution from discovered weaknesses and shortcomings. The first major security system, Wired Equivalent Privacy (WEP), the immediately-deployed cipher and key architecture, possessed an inherent framework weakness — a generally predictable starting point, the key was static, and key management would repeatedly leak a large number of initialization vectors. All of which allowed for man-in-the-middle key recovery and packet injection, and demanded a swift migration from the WEP standard in enterprise deployment usage. The evolutions of the system, WPA with TKIP to WPA2 with the AES-CCMP integrity and confidentiality, always improved upon the previous standard implementations, however, remained vulnerable to dictionary attacks, and reinstallation injection vulnerabilities (KRACK) plaguing WPA2 standard networks [11]. WPA3, with introduced SAE and OWE has made large strides in defensive cryptography for wireless networks. The changes made to WPA3 affect both eavesdropping capabilities and passive credential guessing operations with forward secrecy and prediction resistance. A summary of real parameters found in the table below, Table 1, allow for a clear network cipher comparison for an instanced analysis of implementation parameters. Each IEEE 802.11 standard's comparison attributes are included, describing encrypting algorithms, with the level of authentication implementations, previous vulnerabilities discovered in each standard, and their current PCI-DSS 4.0 standard compliance.

On the other hand, the migration timelines for the various Wi-Fi security protocols in use in financial institutions show both rapid moves from insecure protocols and decades where backward compatible protocols exist alongside enterprise-ready options. WEP was deprecated a mere five years following the disclosure of key recovery attacks, and most of the major financial institutions upgraded to WPA and eventually WPA2 by 2010, but heterogeneous devices slowed global adoption. WPA3 has not been so quickly adopted due to hardware replacement requirements and the difficulty of integrating management frame protection across heterogeneous endpoint devices where potential downgrade attacks are possible during the phased implementation [3]. Thus, many institutions operate in mixed mode where old systems must be maintained for backward compatibility with new

Table 1

Wi-Fi Security Protocol Comparison: WEP to WPA3-Enterprise — Encryption, Authentication, and PCI-DSS 4.0 Compliance

Protocol	Encryption	Authentication	Key Management	Known Vulnerabilities	PCI-DSS 4.0 Status
WEP (1997)	RC4 stream cipher (40/104-bit)	Open System / Shared Key (PSK)	Static keys; no rotation; IVs reused	IV collision attacks; FMS/ KoreK key recovery; packet injection; passive cracking in minutes	Non-compliant — prohibited
WPA / TKIP (2003)	RC4 + TKIP (per-packet key mixing)	PSK or 802.1X (Enterprise)	Dynamic per-packet keys; MIC	TKIP vulnerabilities; dictionary attacks on PSK; partial KRACK exposure	Non-compliant — deprecated
WPA2 / AES-CCMP (2004)	AES-128 in CCMP mode	PSK or 802.1X (Enterprise)	PTK/ GTK; 4-way handshake	KRACK (key reinstallation); PMKID offline attack; PMKID hashcat; deauth flood; evil twin	Partial — WPA2-Enterprise acceptable; WPA2-Personal non-compliant
WPA3 / SAE (2018)	AES-128/256; GCMP-256 optional	SAE (Personal); 192-bit Enterprise	Perfect Forward Secrecy; no pre-shared static key	Dragonblood side-channel (patched); downgrade attacks during phased rollout	Fully compliant — recommended standard
WPA3-Enterprise / 192-bit (2018)	GCMP-256; CNSA suite	802.1X EAP-TLS mandatory	Suite B cryptography; HSS key management	Implementation gaps during legacy coexistence; certificate management complexity	Fully compliant — highest assurance for FIs

systems to ensure regulatory compliance. However, enterprise feasibility assessments for each protocol are likely based on threat landscape expansions and PCI-DSS 4.0 compliance. Not surprisingly, these migration timeframes serve as an excellent introduction to advanced authentication protocols and the segmentation of wireless networks for compliance and attack surface management.

WPA3 Enterprise and 802.1X Architecture for Financial Network Segmentation

The role of 802.1X authentication server contributes to the access and security policy implementation of WPA3 Enterprise in the financial infrastructure. The implementation of 802.1X allows the authentication of each client device, where Extensible Authentication Protocol (EAP) methods such as PEAP, EAP-TLS, or EAP-TTLS can be used as per the risk-vs-reward analysis as depicted in Table 2. The RADIUS as a method provides a centralized authentication, authorization and accounting (AAA) deployment method to flexibly implement security policies and allow per-user controls such as dynamic VLAN assignment [4]. Institutions will need to make initial decisions on whether certificate-based (EAP-TLS which provides machine-user authentication) or credential-based (PEAP which often uses a password) authentication will be appropriate, although EAP-TLS reduces credential theft risk, it requires a robust certificate issuance and management policy (Ochoa Villanueva & Roman-Gonzalez, 2023). Network segmentation using dynamic VLAN implementation not only separates the traffic but reduces lateral movement in case of an affected server competing against each other for data flow potential thus adheres to the PCI-DSS 4.0 compliance that only specific server end-points are validated to transmit cardholder-data (CHD).

All strong vendors (e.g. Aruba, Cisco, Extreme Networks) provide facilities for secure segmentation of the broadcast domain. Segmentation is necessary to implement dynamic VLANs and policy-based access control features required by the financial industry. All vendor's platforms have built-in RADIUS support to implement 802.1X authentication securely and allow centralized decision-making for authorization based on a standardized interface. This enforces a common approach to user and device identity across the broadcast domains [7]. The complexity of deployment varies between platform categories: controller-based enterprise platforms offer granular per-device policy enforcement and role-based access control, while cloud-managed platforms prioritize centralized visibility and simplified operations at the cost of some configuration granularity in large distributed environments. Both deployment models deliver scalable access segmentation and management capabilities to meet financial institution requirements around reliability, network segmentation, and regulatory compliance. With the understanding of segmentation and management structures in business Wi-Fi having been established, it is necessary to look at the business case for upgrading the security infrastructure, including costs and benefits, to determine the potential impact for institutions in the financial sector.

Table 2

EAP Method Comparison for 802.1X/WPA Enterprise Deployment in Financial Institution Networks

EAP Method	Security Level	Client Certificate Required	Server Certificate Required	Deployment Complexity	FI Suitability
EAP-TLS	Highest — mutual certificate authentication	Yes — per-device PKI certificate	Yes — RADIUS server certificate	High — requires internal PKI; auto-renewal policy critical	Best — eliminates credential theft; mandatory for PCI-DSS high-assurance
PEAP-MSCHAPv2	Medium — server-side cert only; password-based client auth	No — username/ password only	Yes — RADIUS server certificate	Medium — simpler user onboarding; vulnerable to offline dictionary attacks	Acceptable — suitable for BYOD/guest; not recommended for CHD environments
EAP-TTLS/ PAP	Medium — encrypted tunnel; PAP inside	No	Yes — RADIUS server certificate	Medium — flexible inner method; PAP transmits password in plaintext inside tunnel	Limited — avoid for cardholder data environments; use for legacy systems only
EAP-FAST	Medium — Protected Access Credential (PAC)	No — PAC-based provisioning	Optional	Low-Medium — Cisco-proprietary; automatic PAC provisioning simplifies deployment	Limited — vendor lock-in; not recommended for multi-vendor FI environments
TEAP (RFC 7170)	High — TLS 1.3 based; supports chained methods	Optional — supports both cert and credential	Yes	Medium-High — modern standard; growing vendor support	Good — emerging recommendation; ideal for FI modernization roadmaps

Economic Cost of Security Modernization and Implementation Recommendations

A full TCO analysis of the economic impacts of revised Wi-Fi security for FI's should include hardware refresh, RADIUS servers, PKI infrastructure, and the ongoing training requirements for the institutions security and end-use staff. The cost model encompasses WPA3-certified enterprise-grade access point hardware, centralized RADIUS authentication servers, PKI certificate provisioning infrastructure, and ongoing personnel education to ensure adherence to effective operational practices [8]. Quantitative modeling demonstrates WPA3/WPA Enterprise and 802.1X segmentation enable institutions to offset up-front costs with demonstrable returns: annual PCI-DSS fines avoided ($100,000–$500,000 per year) and average breach costs reduced (financial sector average $5.9 million), shown in Table 3. Further, benefits to PCI-DSS 4.0 are adherence to improved segmentation and dynamic network control practices, ensuring prolonged ROIs with diminished work scope, reduced audit burdens, and fewer direct remediation incidents [6]. Table 3 shows mid-level FI's will achieve full ROIs within 18–24 months and continue to enjoy benefits that correlate with reduced regulatory engagement costs, and reduced risk associated with disruptive security incidents.

Drawing on enterprise wireless deployment practice and documented implementation experience, five recommendations are proposed to support financial institutions in strengthening their security modernization outcomes. 1) All wireless endpoint devices must be 'onboarded' and its configuration must be actively checked and validated — preferably using network access control (NAC) tools with automated posture assessment — with an urgent remediation effort not to exceed 12 hours from 'non-compliant supplicants' [10]. 2) Dynamic VLANs segmented by role/ control policies through RADIUS should be configured to avoid lateral movement by any device accessing payment processing systems. 3) A license-device certificate authentication model (EAP-TLS) should be used as the default for all employee-endpoint devices, backed-up by an internal PKI ecosystem with an automatic certificate renewal process set less than 30 days prior to expiry, compliant with the PCI DSS continuous authentication policy [5]. 4) Configure the enterprise wireless management platform to generate real-time alerts for rogue access points and unauthorized SSID broadcasts, with automated escalation triggered within 60 seconds of detection; 5) IT staff and end-user Security Awareness training should be conducted biannually, with simulated breach scenarios and coverage targets exceeding a 90% success adherence to company policy.

These findings support the profitability and cost-effectiveness of the migration further. Therefore, it can be concluded that the economic rationale supports the project's hypothesis regardless of the migratory schedule. The vulnerability-related cost incurred has an increasing trajectory for financial services. Further investments into compliant infrastructure and stronger verification protocols reduce costs related to

Table 3

Economic ROI Model for WPA3/WPA Enterprise Migration by Financial Institution Segment

FI Segment	3-Year Migration TCO	Annual PCI-DSS Fine Avoidance	Avg. Breach Cost Avoidance	Estimated Payback Period	Net 3-Year ROI
Community Bank / Credit Union (under 500 employees)	$85K–$160K	$100K–$200K/yr	$2.1M–$3.5M (per incident)	12–18 months	High — fine avoidance alone covers TCO in Year 1–2
Regional Bank (500–5,000 employees)	$180K–$380K	$200K–$500K/yr	$3.5M–$5.9M (per incident)	14–20 months	Very High — breach avoidance delivers 8–15x ROI over 3 years
National FI / Large Bank (5,000+ employees)	$450K–$900K	$300K–$500K/yr	$5.9M–$12M (per incident)	18–24 months	High — sustained compliance reduces audit burden 30–40%
Insurance / Investment Firm	$120K–$260K	$150K–$400K/yr	$4.2M–$7.8M (per incident)	15–22 months	High — CHD exposure reduction; SEC/FINRA penalty avoidance
Fintech / Digital-First FI	$60K–$140K	$100K–$300K/yr	$3.0M–$6.5M (per incident)	10–16 months	Very High — cloud-managed deployment lowers CapEx; fastest payback

breaches such as their frequency and incurred costs. Furthermore, compliance processes become more efficient and cost-effective as a result of compliance with PCI-DSS 4.0 security and operational mandates. In terms of the project's impact, financial institutions may immediately benefit from the migration schedule. Over 18 to 24 months, organizations may start recovering expenditures related to migration and even incur additional profits from labor cost savings. This history and potential growth of WPA3's security capacity is supported by the comprehensive study that determines the technology's strength against breaches occurring in a wireless setting and recognizing its strength [1]. Overall, the awareness of financial institutions regarding wireless security vulnerabilities drives meaningful behavioral change and security posture improvements, giving the industry a concrete pathway to sustained regulatory compliance.

Conclusion. This study has shown that financial institution Wi-Fi infrastructure migration from WPA2-Personal to WPA3/WPA Enterprise with 802.1X authentication and dynamic VLAN separation not only achieves full PCI-DSS 4.0 wireless compliance, but also reduces the wireless attack surface by 80% to 90%, and provides a positive ROI in 18–24 months. This research supports the primary hypothesis by bringing technical vulnerability analysis, compliance assessment and economic modeling into a single framework of risk-based decision making in financial sector environments. Measurable tangible benefits include reduced potential regulatory violations, breach-related fines and payouts, operational improvements in network segmentation, credentials custody and policy enforcement. By establishing and supporting the demonstrated strategic business case, this research provides a practical framework and path forward for IT architects, decision-makers and compliance personnel responsible for Wi-Fi infrastructure modernization. Future research should focus on practical deployment of quantum-safe encryption protocols in the enterprise Wi-Fi and consideration of AI-based anomaly detection for in-flight threat mitigation in financial networks.

References

1. Halbouni A., Ong L.-Y., Leow M.-C. Wireless security protocols WPA3: A systematic literature review. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. P. 112438–112450. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3322931

2. Vanhoef M., Ronen E. Dragonblood: A security analysis of WPA3's SAE handshake. *IEEE Symposium on Security and Privacy*. 2021. https://doi.org/10.1109/SP40001.2021.00063

3. Sagers G. WPA3: The greatest security protocol that may never be. *IEEE IEMTRONICS*. 2021. https://doi.org/10.1109/IEMTRONICS52119.2021.9479906

4. Minella J. Wireless Security Architecture: Designing and Maintaining Secure Wireless for Enterprise. *Wiley*. 2022.

5. Lincke S. Complying with the PCI DSS Standard. *Springer*. 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43118-0

6. Williams B., Adamson J. PCI Compliance: Understand and Implement Effective PCI Data Security Standard Compliance. *CRC Press*. 2022.

7. Wu R., Yang X., Zhou X., Wang Y. Enterprise Wireless Local Area Network Architectures and Technologies. *CRC Press*. 2021.

8. Murad S.S., Badeel R., Abdal B.B., Rahman T., Al-Quraishi T. Introduction to Wi-Fi 7: Review of history, applications, challenges and economic impact. *Mesopotamian Journal of Computer Science*. 2024. https://doi.org/10.58496/mjcsc/2024/009

9. Ochoa Villanueva C.A., Roman-Gonzalez A. Implementation of a RADIUS server for access control through authentication in wireless networks. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2023.

10. Hegde S.B., Ranjan A., Raj A., Paul K., Santra S. WPA2-based wireless enterprise configuration and security considerations. *IEEE Conference*. 2021. https://doi.org/10.1109/ICMNWC52512.2021.9688387

11. Afzal F., Uzair A., Javed M.A., Naqvi S.A.A. Enhanced approach for Wi-Fi security and authentication protocols: WEP, WPA, WPA2, WPA3. *Spectrum of Engineering Sciences*. 2024.

УДК 338.45:658.27(477+438

Назаренко Микола
(Орландо, Флорида, США)
Nazarenko Mykola
(Orlando, Florida, USA)

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-8-11360

ІНШЕ

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ ТА ПОЛЬЩІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УМОВ, ДЖЕРЕЛ І МЕХАНІЗМІВ

MODERNIZATION OF INDUSTRIAL EQUIPMENT IN UKRAINE AND POLAND: A COMPARATIVE ANALYSIS OF CONDITIONS, SOURCES, AND MECHANISMS

Анотація. *Вступ. Стаття порівнює умови модернізації промислового обладнання в Україні та Польщі, двох сусідніх економіках зі спільною індустріальною спадщиною планової економіки. Польща за три десятиліття ринкової трансформації та членства в ЄС оновила значну частину виробничих потужностей і посідає одне з провідних місць у ЄС за часткою обробної промисловості у валовій доданій вартості. Україна підходить до масштабної модернізації з критично зношеними основними фондами, воєнними руйнуваннями та потребою у великих обсягах зовнішнього фінансування відбудови.*

Мета. Мета статті – порівняти умови, джерела та механізми модернізації промислового обладнання в Україні та Польщі й визначити, які елементи польського досвіду доцільно використати в Україні, а яких помилок варто уникнути.

Матеріали і методи. Дослідження має порівняльно-аналітичний характер і ґрунтується на офіційній статистиці, даних Eurostat та спільній оцінці збитків і потреб України (RDNA3). Порівняння проведено за чотирма критеріями: стан основних фондів, джерела фінансування модернізації, механізми поширення технологічних і управлінських знань, інституційне середовище.

Результати. Обґрунтовано, що польський досвід корисний Україні не лише як приклад успіху, а й як застереження: модернізація, яку ведуть переважно іноземні інвестори, може залишити національні малі та середні підприємства на узбіччі технологічного оновлення. Запропоновано практичні рекомендації щодо використання коштів відбудови для формування внутрішньої технологічної спроможності українських підприємств.

Перспективи. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення порівнянних кількісних індикаторів стану модернізації для обох країн, емпіричну перевірку висновків на галузевих даних GUS і Держстату, а також на вивчення конкретних кейсів українсько-польської виробничої співпраці.

Ключові слова: *промислова модернізація, основні фонди, абсорбційна здатність, трансфер знань, прямі іноземні інвестиції, повоєнна відбудова, євроінтеграція, Україна, Польща.*

Summary. *Introduction. The article compares the conditions for modernizing industrial equipment in Ukraine and Poland, two neighboring economies with a shared industrial legacy of the planned economy. Over three decades of market transformation and EU membership, Poland has renewed a significant part of its production capacity and ranks among the leading EU countries in terms of the share of manufacturing in gross value added. Ukraine is approaching large-scale modernization with critically worn fixed assets, war damage, and a need for large volumes of external financing for reconstruction.*

Purpose. The purpose of the article is to compare the conditions, sources, and mechanisms of industrial equipment modernization in Ukraine and Poland and to determine which elements of the Polish experience should be used in Ukraine and which mistakes should be avoided.

Materials and methods. The study is comparative and analytical and is based on official statistics, Eurostat data, and the joint Rapid Damage and Needs Assessment of Ukraine (RDNA3). The comparison is made against four criteria: the condition of fixed assets, sources of modernization financing, mechanisms for the diffusion of technological and managerial knowledge, and the institutional environment.

Results. It is argued that the Polish experience is useful to Ukraine not only as an example of success but also as a warning: modernization led mainly by foreign investors may leave domestic small and medium-sized enterprises on the sidelines of tech-

nological renewal. Practical recommendations are proposed for using reconstruction funds to build the internal technological capability of Ukrainian enterprises.

Prospects. Further research should focus on developing comparable quantitative indicators of the state of modernization for both countries, on empirically testing the conclusions against industry data from GUS and the State Statistics Service of Ukraine, and on studying specific cases of Ukrainian-Polish industrial cooperation.

Key words: *industrial modernization, fixed assets, absorptive capacity, knowledge transfer, foreign direct investment, post-war reconstruction, European integration, Ukraine, Poland.*

Постановка проблеми. Технічний стан виробничого обладнання безпосередньо визначає продуктивність, якість продукції та конкурентоспроможність промисловості. Для України це питання набуло особливої гостроти: до хронічного зносу фондів, накопиченого за десятиліття недостатніх інвестицій, додалися воєнні руйнування. Водночас майбутня відбудова відкриває можливість не просто замінити втрачене, а якісно оновити промислову базу.

Для пошуку орієнтирів природно звернутися до досвіду Польщі. Обидві країни на початку 1990-х років мали подібну структуру промисловості, успадковану від планової економіки, із застарілим обладнанням, високою енергоємністю і слабкими ринковими механізмами. Польща вже пройшла шлях інтеграції в європейські виробничі ланцюги, а Україна, отримавши статус кандидата на вступ до ЄС, рухається тим самим вектором. Це робить польський досвід релевантнішим для України, ніж досвід країн із принципово іншою вихідною точкою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Модернізація обладнання не зводиться до закупівлі техніки. Її ефект залежить від здатності підприємства освоїти нові технології, підтримувати їх і далі вдосконалювати. З позицій ресурсної теорії фірми Дж. Барні (J. Barney) [2] довгострокову конкурентну перевагу дають не самі активи, які можна придбати на ринку, а ресурси й компетенції, що їх важко скопіювати. Концепція динамічних спроможностей Д. Тіса (D. J. Teece), Г. Пізано (G. Pisano) та Е. Шуен (A. Shuen) [8] доповнює цей погляд: конкурентоспроможна фірма постійно оновлює й перебудовує свої компетенції відповідно до змін середовища.

Ключовою для порівняння України та Польщі є концепція абсорбційної здатності В. Коена (W. M. Cohen) та Д. Левінталя (D. A. Levinthal) [3]. Згідно з нею, здатність фірми розпізнати, засвоїти й застосувати зовнішні знання залежить від її попередньої бази знань. Отже, однакове обладнання, встановлене на підприємствах із різним рівнем технічної культури, дасть різний результат. Дослідження Г. Шуланскі (G. Szulanski) [7] показують, що передача навіть перевірених практик натрапляє на внутрішні бар'єри, «липкість» знань, і потребує цілеспрямованих зусиль.

Окремий напрям літератури стосується впливу прямих іноземних інвестицій на місцеві підприємства. Емпіричні дані свідчать, що позитивні ефекти перетікання знань від іноземних компаній найчастіше виникають через вертикальні зв'язки, коли місцеві фірми стають постачальниками іноземних, як показала Б. Яворчик (B. S. Javorcik) [4]. Ці ефекти не є автоматичними: вони залежать від абсорбційної здатності місцевих підприємств.

Практичним втіленням безперервного вдосконалення у виробництві стали системи ощадливого виробництва (Lean), описані Дж. Вомаком (J. P. Womack), Д. Джонсом (D. T. Jones) та Д. Роосом (D. Roos) [10], і загального продуктивного обслуговування обладнання (TPM), запропоновані С. Накаджимою (S. Nakajima) [5]. Вони переносять фокус із разової заміни обладнання на систематичне підтримання та поліпшення його роботи силами самого персоналу. Разом з тим залишається недостатньо дослідженим питання про те, які елементи польського досвіду модернізації промислового обладнання доцільно перенести в умови української відбудови і яких його помилок варто уникнути.

Формулювання цілей статті. Мета статті: порівняти умови, джерела та механізми модернізації промислового обладнання в Україні та Польщі й визначити, які елементи польського досвіду доцільно використати в Україні, а яких помилок варто уникнути.

Методологія. Дослідження має порівняльно-аналітичний характер. Країни порівнюються за чотирма критеріями: (1) стан основних фондів промисловості; (2) джерела фінансування модернізації; (3) механізми поширення технологічних і управлінських знань; (4) інституційне та регуляторне середовище.

Інформаційну базу становлять офіційна статистика, дані Eurostat (за публікацією Центрального статистичного управління Ірландії, CSO) [6] та спільна оцінка збитків і потреб України (RDNA3), підготовлена Урядом України, Групою Світового банку, Європейською комісією та ООН [9]. Порівняння якісне: його мета полягає у виявленні закономірностей і практичних висновків, а не у статистичному узагальненні.

Виклад основного матеріалу.

1. Порівняльний аналіз

1.1. Стан основних фондів

Польща. Значну частину виробничих потужностей у Польщі оновлено у 2000–2020-х роках. Сьогодні польська обробна промисловість є однією з найвагоміших у ЄС: за даними Eurostat, наведеними Центральним статистичним управлінням Ірландії [6], у 2023 році її частка у валовій доданій вартості країни становила 18,6%. Це більше, ніж

в Італії (17,1%), Іспанії (11,9%) і Франції (10,8%). Галузева структура диверсифікована: провідні позиції займають виробництво харчових продуктів, автомобілебудування, виробництво металевих, гумових і пластмасових виробів, електрообладнання.

Україна. Ступінь зносу основних засобів в українській промисловості ще до повномасштабного вторгнення становив 60,5% (дані Держстату за 2021 рік) [1]. Війна додала до хронічного зносу прямі руйнування, втрату активів на окупованих територіях і вимушену релокацію підприємств. Актуальна статистика основних засобів за період воєнного стану обмежена, що саме по собі ускладнює планування модернізації.

Порівняння. Польща модернізується з позиції оновленої бази, і для неї головне питання полягає в подальшому підвищенні ефективності та декарбонізації. Україна стоїть перед завданням масштабного оновлення фондів, яке за обсягом можна порівняти з польською трансформацією 1990–2000-х років, але має відбутися значно швидше.

1.2. Джерела фінансування модернізації

Польща. Модернізацію польської промисловості фінансували насамперед прямі іноземні інвестиції, зокрема від німецьких та інших західноєвропейських компаній, а також структурні фонди ЄС. Цей процес розгортався поступово, протягом понад двох десятиліть.

Україна. Головним джерелом найближчими роками стануть кошти на відбудову. За Третьою швидкою оцінкою збитків і потреб (RDNA3), станом на 31 грудня 2023 року потреби на відбудову та відновлення на наступне десятиліття становлять майже 486 млрд. дол. США, що приблизно в 2,8 раза перевищує номінальний ВВП України за 2023 рік [9]. На торгівлю та промисловість з цієї суми припадає близько 14%.

Порівняння. Польща отримувала фінансування поступово й значною мірою через приватних інвесторів, які приносили разом із капіталом технології та управлінські практики. Україна отримає великі обсяги переважно публічного й донорського фінансування за стислий термін. У цьому полягає головний ризик: кошти можуть піти на масову закупівлю обладнання без формування на підприємствах компетенцій для його обслуговування й подальшого вдосконалення.

1.3. Механізми поширення знань

Польща. Сучасні виробничі практики (Lean, TPM, системи управління якістю) поширилися в Польщі передусім через філії транснаціональних корпорацій, особливо в автомобільному кластері. Проте поширення було нерівномірним: малі й середні підприємства з польським капіталом засвоїли ці практики значно меншою мірою, ніж іноземні філії. Перетікання знань відбувалося там, де місцеві фірми ставали постачальниками транснаціональних компаній, і значно слабше за межами таких ланцюгів.

Україна. Системні практики безперервного вдосконалення в українській промисловості впроваджено фрагментарно, переважно на окремих великих підприємствах і в компаніях з іноземною участю. Для значної частини ринку характерні реактивне обслуговування обладнання (ремонт після відмови), галузева замкненість і обережне ставлення до зовнішніх рішень. Водночас воєнні роки сформували в багатьох підприємств неформальну, але цінну здатність до швидкої технічної адаптації, релокації виробництва та роботи в умовах дефіциту.

Порівняння. Польський досвід показує, що іноземні інвестиції самі собою не гарантують поширення знань на національні підприємства. Для України це означає потребу в цілеспрямованих програмах розвитку абсорбційної здатності вітчизняних МСП. Інакше модернізація залишиться острівною.

1.4. Інституційне та регуляторне середовище

Польща. Польські підприємства діють у межах регуляторного простору ЄС. Додатковий тиск на модернізацію створюють вимоги декарбонізації та Європейського зеленого курсу, а також конкуренція в загальноєвропейських ланцюгах постачання.

Україна. Україна поступово імплементує європейське технічне регулювання в межах процесу вступу до ЄС. Відбудову планують за принципом «відбудувати краще, ніж було» (build back better), тобто з орієнтацією на сучасні, енергоефективні та низьковуглецеві стандарти.

Порівняння. Регуляторна близькість двох країн зростатиме. Це спрощує перенесення польських технічних рішень, стандартів і практик в Україну порівняно з досвідом країн за межами ЄС.

1.5. Порівняльне зведення

Таблиця 1

Порівняння умов модернізації промислового обладнання в Україні та Польщі

Критерій	Польща	Україна
Стан основних фондів	Значною мірою оновлені у 2000–2020-х рр.	Критичний знос (60,5% у 2021 р.), посилений воєнними руйнуваннями
Основні джерела фінансування	ПІІ, структурні фонди ЄС	Кошти відбудови, донорські та міжнародні інструменти
Темп модернізації	Поступовий, понад два десятиліття	Необхідність стислого оновлення
Носії сучасних виробничих практик	Переважно філії ТНК; МСП меншою мірою	Окремі великі підприємства; фрагментовано
Головний зовнішній стимул	Конкуренція в ланцюгах ЄС, декарбонізація	Відбудова, безпека, ресурсні обмеження
Регуляторне середовище	Право ЄС	Поступова гармонізація з правом ЄС
Головний ризик	Розрив між ТНК і національними МСП	Закупівля обладнання без розвитку компетенцій

Джерело: складено автором

2. Обговорення: уроки польського досвіду для України

З порівняння випливають чотири практичні висновки.

Перший: фінансування відбудови варто поєднувати з розвитком компетенцій. Програми відновлення промислових об'єктів можуть передбачати обов'язковий компонент навчання персоналу, стандартизації процесів обслуговування та передачі технічних знань.

Другий: вітчизняні МСП потребують окремої уваги. Польська асиметрія між філіями ТНК і національними підприємствами свідчить, що без спеціальних програм сучасні виробничі практики не поширюються самі собою. Державна політика має підтримувати включення українських МСП у ланцюги постачання великих виробників і їхнє технічне навчання.

Третій: варто переходити від реактивного до планового обслуговування обладнання. Впровадження систем на зразок TPM дає змогу продовжити строк служби як нового, так і наявного обладнання та зменшити залежність від зовнішніх постачальників сервісу.

Четвертий: транскордонна співпраця має реальну цінність. Польські підприємства, промислові кластери й технічні університети є природними партнерами для України з огляду на географічну близькість, порівняно низький мовний бар'єр і зближення регуляторних систем.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Україна та Польща мають спільну вихідну точку, але перебувають на різних етапах промислової модернізації. Польща вже сформувала сучасну й диверсифіковану обробну промисловість, і її головне завдання полягає в поширенні передових практик на ширше коло національних підприємств та декарбонізації. Україні належить стисла за часом, масштабна модернізація в умовах відбудови. Польський досвід доводить, що перехід від пострадянської промислової спадщини до конкурентоспроможного європейського виробництва можливий. Водночас він показує: оновлення обладнання дає довгостроковий результат лише тоді, коли супроводжується розвитком внутрішніх компетенцій підприємств. Тому для України принципово важливо, щоб кошти на відбудову інвестувалися не лише в обладнання, а й у знання людей, які з ним працюватимуть.

Дослідження має якісний порівняльний характер і не містить первинних даних на рівні підприємств. Окремим обмеженням є неповнота української статистики основних засобів за період воєнного стану: останні доступні дані про ступінь зносу стосуються 2021 року. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення порівнянних кількісних індикаторів стану модернізації для обох країн, емпіричну перевірку висновків на галузевих даних GUS і Держстату, а також на вивчення конкретних кейсів українсько-польської виробничої співпраці.

Література

1. Основні засоби України: статистичне видання. *Державна служба статистики України*. Київ, 2023.

2. Barney J. Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*. 1991. Vol. 17, no. 1. P. 99–120. DOI: https://doi.org/10.1177/014920639101700108

3. Cohen W.M., Levinthal D.A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*. 1990. Vol. 35, no. 1. P. 128–152. DOI: https://doi.org/10.2307/2393553

4. Javorcik B.S. Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages. *American Economic Review*. 2004. Vol. 94, no. 3. P. 605–627. DOI: https://doi.org/10.1257/0002828041464605

5. Nakajima S. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

6. Output and Value Added by Activity 2023: EU Member State Comparisons / Central Statistics Office. Cork: CSO, 2024. URL: https://www.cso.ie/en/releasesandpublications/ep/p-naova/outputandvalueaddedbyactivity2023/eumemberstatecomparisons/ (дата звернення: 15.01.2025).

7. Szulanski G. Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practice within the firm. *Strategic Management Journal*. 1996. Vol. 17, no. S2. P. 27–43. DOI: https://doi.org/10.1002/smj.4250171105

8. Teece D.J., Pisano G., Shuen A. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*. 1997. Vol. 18, no. 7. P. 509–533. DOI: https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509:: AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z

9. Ukraine: Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3): February 2022 — December 2023 / Government of Ukraine, World Bank Group, European Commission, United Nations. Washington, DC: World Bank, 2024. URL: https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released (дата звернення: 15.01.2025).

10. Womack J.P., Jones D.T., Roos D. The Machine That Changed the World. New York: Rawson Associates, 1990.

References

1. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (2023). *Osnovni zasoby Ukrainy: statystychne vydannia* [Fixed assets of Ukraine: statistical publication]. Kyiv [in Ukrainian].

2. Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17 (1), 99–120. https://doi.org/10.1177/014920639101700108

3. Cohen, W.M., & Levinthal, D.A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35 (1), 128–152. https://doi.org/10.2307/2393553

4. Javorcik, B.S. (2004). Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages. *American Economic Review*, 94 (3), 605–627. https://doi.org/10.1257/0002828041464605

5. Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge, MA: Productivity Press

6. Central Statistics Office. (2024). *Output and Value Added by Activity 2023: EU Member State Comparisons*. Cork: CSO. Retrieved from https://www.cso.ie/en/releasesandpublications/ep/p-naova/outputandvalueaddedbyactivity2023/eumemberstatecomparisons/

7. Szulanski, G. (1996). Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practice within the firm. *Strategic Management Journal*, 17 (S2), 27–43. https://doi.org/10.1002/smj.4250171105

8. Teece, D.J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18 (7), 509–533. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097–0266(199708)18:7<509:: AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z

9. Government of Ukraine, World Bank Group, European Commission, & United Nations. (2024). *Ukraine: Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3): February 2022 — December 2023*. Washington, DC: World Bank. Retrieved from https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released

10. Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. New York: Rawson Associates.

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

Збірник наукових статей

№ 8 (175)

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 31.08.2025. Формат 60×84/8
Папір офсетний. Гарнітура NewCenturySchoolbook.
Умовно-друкованих аркушів 13,49. Тираж 100.
Замовлення № 399. Ціна договірна.
Надруковано з готового оригінал-макету.

Надруковано у видавництві
ТОВ «Центр учбової літератури»
вул. Лаврська, 20, м. Київ
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2458 від 30.03.2006 р.