

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

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

INTERNATIONAL
SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»



№ 2(169) / 2025



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

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

Збірник наукових праць

№ 02 (169)

Київ 2025

ББК 1
УДК 001
М-43



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

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

В журналі опубліковані наукові статті з актуальних проблем сучасної науки.

Матеріали публікуються мовою оригіналу в авторській редакції.

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

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

Редакційна колегія:

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

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

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

Розділ «Економічні науки»:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Розділ «Юридичні науки»:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Член редакційної колегії: **Мушенко 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 (Сладковичово, Словачька Республіка)

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

Розділ «Технічні науки»:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Розділ «Педагогічні науки»:

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

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

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

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

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

Розділ «Медичні науки»:

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

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

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

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

Розділ «Історичні науки»:

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

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

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

Розділ «Філологічні науки»:

Член редакційної колегії: **Базарбаєва Альбіна Мінгаліївна** — PhD з філологічних наук, доцент (Ташкент, Республіка Узбекистан)

Член редакційної колегії: **Гомон Андрій Михайлович** — кандидат філологічних наук, доцент (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Маркова Мар'яна Василівна** — кандидат філологічних наук, доцент (Дрогобич, Україна)

Розділ «Архітектура»:

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

Розділ «Мистецтвознавство»:

Член редакційної колегії: **Симак Анна Іванівна** — кандидат мистецтвознавчих наук, доцент (Кишинів, Республіка Молдова)

Розділ «Фізичне виховання та спорт»:

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

Розділ «Фізико-математичні науки»:

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

ЗМІСТ
CONTENTS

АРХІТЕКТУРА

Skripka Vitaliy

MODERN TECHNOLOGIES FOR OPTIMIZING THE LIVING SPACE OF SMALL ROOMS 12

ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ

Зайвелев Юрій ІгоровичБЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОННИХ ПЛАТЕЖІВ У СИСТЕМАХ ПУБЛІЧНОГО АДМІНІСТРУВАННЯ
В УМОВАХ КІБЕРЗАГРОЗ..... 20

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Лобас Артем Олександрович

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АУДИТІ: ДОСВІД ВЕЛИКОЇ ЧЕТВІРКИ..... 26

ІСТОРИЧНІ НАУКИ

Муляр Анатолій МиколайовичДЕМОГРАФІЧНИЙ РОЗВИТОК ПОДІЛЬСЬКОЇ ГУБЕРНІЇ (1862–1872): СОЦІАЛЬНІ,
РЕЛІГІЙНІ ТА МІГРАЦІЙНІ АСПЕКТИ 32

МЕДИЧНІ НАУКИ

Chernii Volodymyr, Chernii AndriiFEATURES OF THE EFFECT OF THE DIETARY SUPPLEMENT “NEPHROBIOTIC”
ON INFLAMMATORY MARKERS, NITROGENOUS UREMIC TOXINS, AND THE CONDITION
OF THE GASTROINTESTINAL TRACT IN PATIENTS WITH CHRONIC KIDNEY FAILURE..... 44**Іванців Ольга Романівна, Поливкан Мар’яна Іванівна, Федяк Ірина Орестівна,
Попович Юрій Ілларіонович, Рожкова Олена Юріївна, Ткачук Зоряна Вікторівна,
Шибіста Діана Дмитрівна**ПРОБІОТИКИ ТА ПРЕБІОТИКИ У ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОМУ ВЕДЕННІ ДІТЕЙ
З ГОСТРИМ АПЕНДИЦИТОМ 51

МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

Yanko Maksym

USING TATTOOS TO COVER UP POST-SURGICAL SCARS AND FOR REHABILITATION 68

ПЕДАГОГІЧНІ НАУКИ

Четверіков Олександр Феодосійович

МОДЕЛЬ «AR-SA-PA-AA»: ВІД ТЕОРІЇ ДО ПРАКТИКИ В УКРАЇНСЬКІЙ ЕКСТРЕМОЛОГІЇ..... 71

ТЕХНІЧНІ НАУКИ**Chang Sukjoo**

DEEP LEARNING PROCESSING CNN MODEL IN SEIZURE DETECTION 74

Kostiuk Anastasiia

THE FUNCTIONALITY OF APPLICANT TRACKING SYSTEMS (ATS) 77

Kuzhym AntoninaINNOVATIONS IN AUGMENTED REALITY GLASSES: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES
(BRIDGING SERVICE TECHNOLOGIES AND CONSUMER NEEDS IN THE
AR OPTICS MARKET) 82**Yakubash Ivan**EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE PHYSICAL MODEL OF THE PROCESS OF DRYING
FRUIT AND VEGETABLE RAW MATERIALS USING A THERMOELECTRIC HEAT PUMP 90**Довжанин Юлія Василівна**

АНАЛІЗ ОБЛИЧЧЯ ЗА ДОПОМОГОЮ AI: НОВИЙ РІВЕНЬ ІНДИВІДУАЛІЗАЦІЇ МАКІЯЖУ 97

Короткіх Віктор Миколайович, Щербовських Сергій ВолодимировичОГЛЯД МЕТОДІВ ПОШУКУ 3D-МОДЕЛЕЙ У СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ПРОЕКТУВАННЯ 102**Фіалко Наталія Михайлівна, Навродська Раїса Олександрівна,****Шевчук Світлана Іванівна, Жученко Іван Михайлович, Гнедаш Георгій Олександрович**
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ БАЙПАСУВАННЯ ДЛЯ АНТИКОРОЗІЙНОГО
ЗАХИСТУ ГАЗОВІДВІДНИХ ТРАКТІВ СМІТТЄСПАЛЮВАЛЬНОГО КОТЛА 107**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ****Марченко Ольга Олексіївна, Самойленко Тетяна Анатоліївна**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НЕІЗОТЕРМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В НЕОДНОРІДНОМУ
ДВОФАЗОВОМУ ҐРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ У ВИПАДКУ ОСЬОВОЇ СИМЕТРІЇ 112**Ткаченко Іван Семенович**

СПРАКУЗЬКІ ПОСЛІДОВНОСТІ: ПРЯМОГО ТА ЗВОРОТНОГО СПРЯМУВАННЯ 119

ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ ТА СПОРТ**Жарська Наталія Валеріївна, Кучер Павло Вікторович**

ОСОБЛИВОСТІ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ТУРИЗМУ 123

ФІЛОЛОГІЧНІ НАУКИ**Іванов Олександр Сергійович, Іщенко Євгеній Олександрович**АНГЛІЙСЬКІ ПОЕТИ-РОМАНТИКИ ОЗЕРНОЇ ШКОЛИ: «ПОЕЗІЯ УЯВИ»
В ІСТОРИЧНОМУ ТА БІОГРАФІЧНОМУ КОНТЕКСТІ 127**ЮРИДИЧНІ НАУКИ****Старинський Микола Володимирович, Лимонько Анастасія Олександрівна**

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РЕФОРМУВАННЯ ПОДАТКОВОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ 134

ІНШЕ**Bordiuh Oleksandr**

COMBINING POWERLIFTING AND FUNCTIONAL TRAINING IN COMBAT SPORTS 140

Hrebeniuk Oksana

THE IMPACT OF COSMETIC PRODUCT QUALITY ON SKIN CONDITION WITH DAILY USE..... 145

Teselko Yurii

MODERN TEXTILE MATERIALS AND INNOVATIONS IN UNDERWEAR TEXTILES 150

Skripka Vitaliy*Director of the Construction Company "Sidvis"*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10692

MODERN TECHNOLOGIES FOR OPTIMIZING THE LIVING SPACE OF SMALL ROOMS

Summary. In the context of the global housing and environmental crisis, the problem of developing aesthetically pleasing and functional interior spaces in small spaces is becoming increasingly important. The project goal is to study modern technologies for optimizing the living space of small rooms. To achieve this goal, the psychological impact of arranging small rooms on the comfort and well-being of residents was studied; the principles of interior design of compact spaces were identified; the use of sliding systems, and modular, multifunctional, and transformable furniture were considered. Design solutions and color schemes have been identified to maintain a balance between functionality and aesthetic appeal of small rooms. The research used structural, functional, and theoretical research methods: analysis, generalization, and synthesis of literature in interior design. It was found that to optimize the living space of small rooms, it is worthwhile adhering to a minimalist design that meets practical needs, and improves the comfort and psychological well-being of residents.

Key words: optimization of living space, small room, interior design, functionality, aesthetics.

The problem of designing aesthetically pleasing and functional interiors in small spaces is becoming increasingly important in the context of the global housing and environmental crisis [1]. Residents of compact areas face problems of adaptability and privacy, as well as psychological problems of claustrophobia, insomnia, and anxiety [2]. These psychological factors have a significant impact on the overall quality of life of a person, his emotional stability, and mental health. Understanding and solving them is important for creating small, but comfortable, practical, and emotionally stable living spaces.

The project goal is to study modern technologies for optimizing the living space of small rooms. To achieve this, structural-functional and theoretical research methods were used: analysis, generalization, and synthesis of literature in interior design.

To transform small spaces into aesthetically pleasing and functional spaces, designers use advanced techniques to balance user needs, creativity, and visual appeal [3]. The extent to which small spaces can be useful and comfortable depends on the user's ability to perceive the space. Optical illusions, color schemes, and lighting are used to visually expand compact areas.

In confined spaces, functionality is crucial: ergonomic furniture arrangements and efficient usage patterns make small spaces fit the needs of the occupants [4]. Small interiors should prioritize practicality and functionality over excessive decoration. To create open, adaptive living spaces, unnecessary barriers and divisions must be eliminated.

The quality of the indoor environment affects a person's well-being, mood, and mental health. Poor planning and design of compact spaces can lead to stress, anxiety, mental disorders, and claustrophobia [5]. According to research, people living in small spaces are generally less happy and experience higher levels of stress. This problem has notably escalated during the COVID-19 pandemic and beyond, when the amount of people working from home had grown significantly [6].

A study of the main components of interior design, the relationships between psychological and cultural factors that influence the perception of space, showed that lighting, color schemes, and furniture arrangement make a significant contribution to the comfort and well-being of residents of small apartments [7]. In small spaces, it is advisable to use maximum lighting, multifunctional furniture elements, and light colors.

The interior design of a small room should be open: the living space is not limited to fixed structures but is characterized by a dynamic and versatile design that allows you to perform the required actions and use the space as needed [8]. One of the most important elements for implementing the idea of flexibility in the configuration of the interior space is sliding systems. Rollers and guides allow you to use panels of different sizes from different materials, and provide high strength and durability of structures under conditions of frequent opening and closing (Fig. 1).

An example of the use of multiple sliding systems is the transformable modular living space "YO! Home",



Fig. 1. Sliding interior door [9]

designed by Simon Woodroffe (Fig. 2) [10]. This is a 40 m² living space with movable elements that create the impression of a much larger house. The moving parts are created using engineering technologies taken from the mechanics of stage production, yacht, and car design. The functional irregularity of the roofs serves as a unifying element that encloses and shelters the various furniture in the living space, storage spaces, or beds that can be easily folded or opened as needed.

Small apartments are too small to accommodate all the necessary furniture at once, so they are used as

multi-purpose spaces: residents change and refurbish apartments throughout the day. Modular, multifunctional, and transformable furniture pieces allow for the most complete and functional use of space in places where different furniture is required and there is no possibility of full furnishing [11]. Multifunctional furniture eliminates the need for several pieces, freeing up space and creating a more open, uncluttered environment. It adapts to different situations, making it suitable for dynamic living spaces. For example, a sofa bed turns the living room into a bedroom, and a folding table creates a home office (Fig. 3).

Multifunctional furniture often features innovative and contemporary designs [12]. Designers and manufacturers are constantly pushing the boundaries of creativity, creating practical and aesthetically pleasing pieces that can serve as accent points in a room, complementing the overall decor. Innovative design incorporates advanced technology and smart engineering: from modular systems that can be customized to fit any space to furniture with hidden compartments and built-in functions. Additionally, the use of folding furniture allows for easy transformation of the style of the room.

Beds with storage drawers are a practical solution for bedrooms with limited closet space (Fig. 4). They feature built-in drawers or lift-up mattresses that provide ample storage for clothing, bedding, and other items. By integrating into the bed frame, storage compartments



Fig.2. YO! Home [10]



Fig. 3. Transformable home office [14]

help maximize the available space, reducing the need for additional furniture such as dressers or closets. Some beds with storage also feature headboards with built-in shelves, providing even more storage options for books, decor, and personal items. They are well suited for smaller bedrooms or studios where space is crucial.

Folding beds fold into a closet, wall, or storage area during the day, providing extra space (Fig. 5).

Bunk beds-transformers have been developed for families living in small apartments and having more than one child (Fig. 6). They consist of two single beds connected in a row, which are folded to make the most of the space. Like regular beds-transformers, they can be equipped with a table or a shelf.

Modular sofas are great for small spaces because they are flexible. They are designed to be reconfigured in a variety of ways, allowing homeowners to

customize the seating arrangement to suit their needs (Fig. 7). Many modular sofas feature fold-out and hidden storage compartments, adding functionality.

Sofa beds are used as a rest area during the day and as a bed at night. They can be a free-standing piece of furniture or an opening bed system in the wall that combines a bed with a sofa bench (Fig. 8).

A folding desk transforms from a compact coffee table that fits under a bed into a spacious dining or work desk (Fig. 9). Some folding desks are height-adjustable, allowing you to switch between sitting and standing positions, which can improve your posture and overall health. This versatility makes them a valuable addition to a home office.

Extendable dining tables are a practical solution for gatherings and family dinners (Fig. 10). They have hidden sliding doors that can be pulled out to increase the number of seats.

Insufficient thought and lack of visual openness in a small space can negatively affect the mood and mental well-being of the occupants, causing feelings of claustrophobia, stress, or discomfort [16]. To avoid this, designers need to maintain a balance between functionality and aesthetic appeal. Overemphasizing one of these aspects can lead to a cluttered or overly minimalistic space that does not meet the needs of the user. Furniture should not overload the space, be multifunctional and adaptable.

To avoid a space feeling cramped and overwhelming, it is necessary to use hidden storage solutions: built-in drawers in stairs, beds with pull-out mattresses, kitchen countertops with built-in organizers, built-in shelves, and hidden compartments that help to manage clutter [17]. Optimizing vertical space with high shelves, lofts, and mezzanines allows you to increase the number of storage spaces or functional areas



Fig. 4. Bed with storage drawers [13]



Fig. 5. Transforming bed [14]

without sacrificing floor space. Combining kitchen and living areas with multifunctional projects makes the spaces more dynamic, and comfortable and increases overall user satisfaction.

Poor lighting can make small spaces feel even more cramped, affecting the overall mood and usability. With natural light often in short supply, it's important to balance artificial lighting properly. Visually expanding a space can be achieved by using natural light properly, by amplifying it with large windows or skylights. The strategic placement of mirrors and glass that reflect light and views doubles the visual space in a room without adding physical clutter (Fig. 11).

When choosing a color scheme, it is important to consider the function of the room and the desired atmosphere [19]. Light tonal shades help create a sense of calm in heavily used areas, enveloping colors, deep grays, and earthy tones help create a cocoon-like shelter. When properly proportioned, dark colors look good in small rooms with limited natural light. Deep-pigmented shades can emphasize the character of the space, while bright shades on furniture and floors can create a playful color accent (Fig. 12).

Rich, dark shades like burgundy and deep purple bring a soft feel to the space, while rich greens bring a natural feel. You can add interest to a dark and



Fig. 6. Bunk bed-transformer [14]

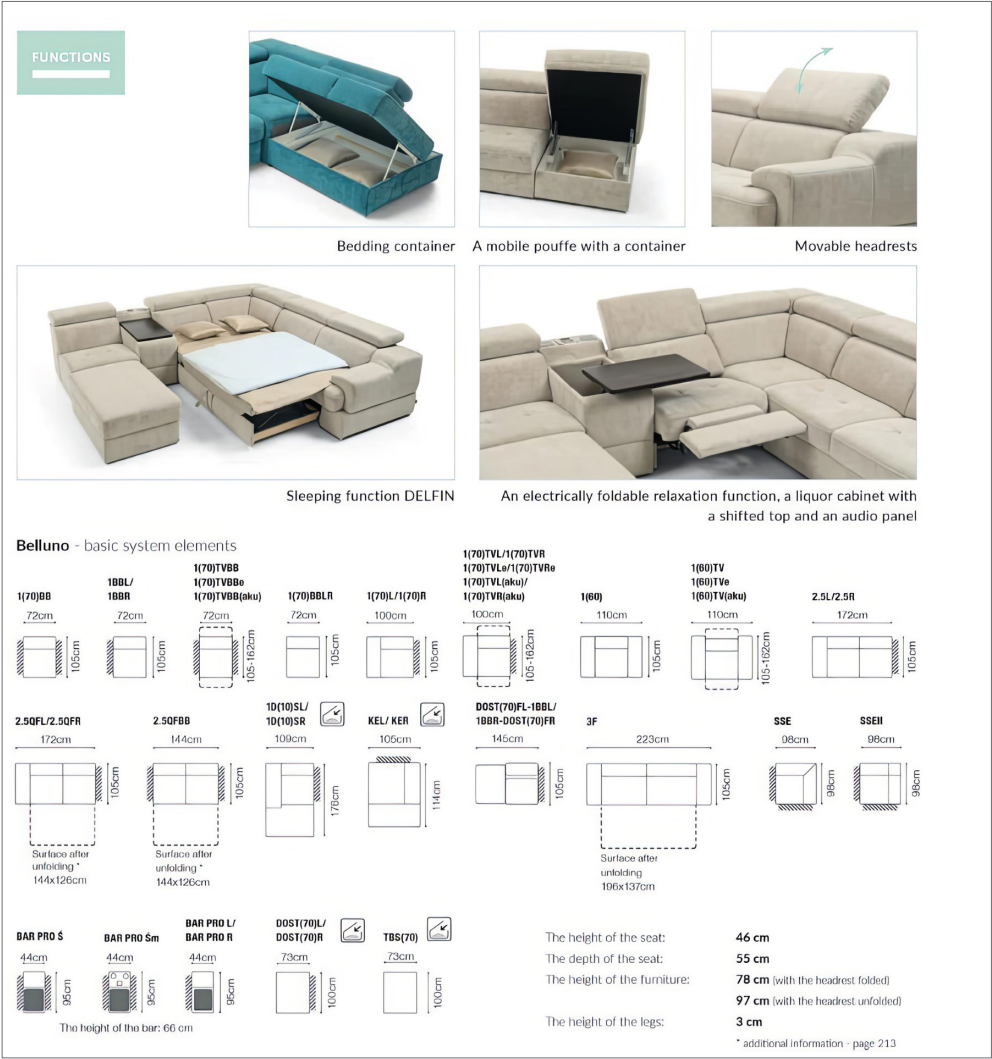


Fig. 7. Built-in options and variants of modular sofa modules [15]



Fig. 8. Sofa bed [14]



Fig. 9. Folding table [14]



Fig. 10. Folding dining table [14]



Fig. 11. Using lighting and mirrors to visually enlarge space [18]

intense scheme with a bold accent color on skirting boards, paneling, furniture, or textured elements.

A neutral color palette complements natural light in small spaces, making the space feel larger and more cohesive. Light colors reflect light and create a sense of openness (Fig. 13). Textures and subtle patterns add depth and interest to a space, but it's important not to overload the room with loud colors or patterns.

Thus, to optimize the living space of small premises, it is worth adhering to adaptive minimalist design based on the principles of simplicity and functionality. The use of modern design technologies allows you to create flexible multifunctional spaces in compact urban conditions that satisfy practical needs, and improve the comfort and psychological well-being of residents.



Fig. 12. Dark color scheme for a home office [19]



Fig. 13. Room decoration in soft light tones [19]

References

1. Al-Ramahi A., Iranmanesh A., Denerel S.B. Well-Being as an Effective Aspect in the Perception of Vital In-between Spaces within Art and Architecture Faculties. *Buildings*. 2023. Vol. 13, Iss. 6: 1467. DOI: 10.3390/buildings13061467.
2. *Claustrophobia (Fear of Enclosed Spaces)* (2023) Cleveland Clinic. Available at: <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/21746-claustrophobia> (accessed 19.12.2024).
3. Spence C. Senses of place: architectural design for the multisensory mind. *Cogn. Research*, 2020, vol. 5, no. 46. DOI: 10.1186/s41235-020-00243-4
4. Li Z., Wu J. Research on the design of small interior space. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 308. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202130801002
5. Heba-Talla H.M. Interior Architectural Elements That Affect Human Psychology and Behavior. *ARChive*. 2017. Vol. 1, No. 1. 10 p.
6. Morales-Bravo J., Navarrete-Hernandez P. Enlightening wellbeing in the home: The impact of natural light design on perceived happiness and sadness in residential spaces. *Building and Environment*. 2022. Vol. 223. 109317. DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109317.
7. Jahan I., Hossain Md.S., Aayaz R. Optimizing small spaces: a comprehensive study on interior design challenges, perceptual experiences, and innovative solutions. *Proceedings of the 7th International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development*. KUET, Khulna, Bangladesh, 2024. 11 p.
8. Saied A.R., Najmaddin R., Ali J.S. Impact of Flexible Furniture on Small Spaces in Residential Apartment with Smart Solutions. *Nanotechnology Perceptions*. 2024. Vol. 20, no. S3. P. 819–832.
9. Types of sliding interior doors. *City Porte*. 2020. Available at: <https://www.shpondveri.ru/poleznoe/peregorodki-i-dveri/vidy-dverej-mezhkomnatnyh-razdvizhnyh-s-foto/> (date of access: 19.12.2024).
10. Yo! Home. *Archello*. Available at: <https://archello.com/project/yo-home> (date of access: 19.12.2024).
11. Marquardt K. Transformer Furniture: The Multi-Functional Trend. *Loribeds*. 2024. Available at: <https://www.loribeds.com/blogs/murphy-bed-blog/transformer-furniture-the-multi-functional-trend?srsId=AfmBOortDcBHGsIyHy4dKLpF6vrrxe0pDQWEF-pT5YdUeZmLTDeLlZBv> (date of access: 19.12.2024).

12. Varun K. The Rise of Multifunctional Furniture: Transforming Spaces with Versatility. *Furnestry*. 2024. Available at: https://thefurnestry.com/The-Rise-of-Multifunctional-Furniture:-Transforming-Spaces-with-Versatility?srsltid=AfmBOoRQ7-b41wfe5MWMDwYCI1svnFDYkLNnUyXyER_RXGtqvaevst (date of access: 19.12.2024).
13. Bed with storage drawers Lazio. *Alicante*. Available at: <https://alicante.kitchen/product/krovat-s-jashhikami-dlja-hranenija-lacio/> (date of access: 19.12.2024).
14. Transforming Furniture. *Resource*. Available at: <https://resourcefurniture.com/collections/transforming-furniture?srsltid=AfmBOopKiCGaQP6qZKKdWHtlwXZu4Nluc-F4nI16qARIIH7DIkQenHcu> (date of access: 19.12.2024).
15. Modular sofa — what does it mean? *MEBEL BOS*. Available at: <https://mebelbos.ru/blog/stati/modulnyj-divan-cto-jeto/> (date of access: 19.12.2024).
16. Chaudhary I. Multifunctional Spaces: Transformable Interiors Shaping the Future of Residential Design. *The Decor Journal*. Available at: <https://www.thedecorjournalindia.com/multifunctional-spaces-transformable-interiors-shaping-the-future-of-residential-design> (date of access: 19.12.2024).
17. Sen E. A. Maximizing Space in Minimalist Designs: Creative Ideas and Solutions. *illustrarch LLC*. 2024. Available at: https://illustrarch.com/interior-design/23726-maximizing-space-in-minimalist-designs-creative-ideas-and-solutions.html?srsltid=AfmBOoE7pAq5306icBNeb9WiECdSg_t6TQRHrIVumXqMBFUSG4oSic7 (date of access: 19.12.2024).
18. How to visually enlarge space using mirrors? *Art Manor*. Available at: <https://dzen.ru/a/ZhXPUYTikRuskLXc> (date of access: 19.12.2024).
19. Choosing Color Schemes for Small Spaces. *The Little Greene Paint Company*. Available at: <https://www.littlegreene.eu/advice-hub/choosing-colour-schemes-for-small-spaces> (date of access: 19.12.2024).

Зайвелев Юрій Ігорович*аспірант кафедри державного управління**Київського національного університету імені Тараса Шевченка***Zaiveliev Yurii***Postgraduate Student of the**Department of Public Administration**Taras Shevchenko National University of Kyiv*

ORCID: 0009-0005-4382-096X

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10702

БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОННИХ ПЛАТЕЖІВ У СИСТЕМАХ ПУБЛІЧНОГО АДМІНІСТРУВАННЯ В УМОВАХ КІБЕРЗАГРОЗ

SECURITY OF ELECTRONIC PAYMENTS IN PUBLIC ADMINISTRATION SYSTEMS IN THE FACE OF CYBER THREATS

Анотація. Вступ. Електронні платежі стають все більш популярним способом спілкування між людьми, компаніями та державою. Цифрові фінансові операції зменшують адміністративні перешкоди, прискорюють надання державних послуг і роблять публічне адміністрування більш прозорим. Запровадження електронних платіжних систем для сплати податків, адміністративних зборів, штрафів та інших послуг стало важливим кроком у розвитку цифрової держави.

Але ризики, пов'язані з кібератаками, фінансовим шахрайством, витоком конфіденційних даних і маніпуляцією транзакціями, зростають разом із розширенням доступу до державних електронних фінансових платформ. Ця проблема особливо важлива в умовах воєнного стану в Україні, оскільки державні платіжні системи можуть стати ціллю кібератак, які можуть дестабілізувати фінансовий сектор країни.

Таким чином, дослідження проблем, пов'язаних із безпекою електронних платежів у сфері публічного адміністрування, є важливою частиною захисту національної кіберінфраструктури, що вимагає розробки ефективних механізмів для боротьби з можливими небезпеками.

Мета. Метою статті є визначення головних ризиків, що виникли перед електронними платіжними системами у області публічного адміністрування, аналіз механізмів захисту від них та формулювання рекомендацій щодо підвищення безпеки цифрових розрахунків у державному секторі.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є: 1) нормативно-правові акти, що регулюють електронні платежі та кібербезпеку в Україні; 2) міжнародні стандарти безпеки електронних платежів; 3) дослідження вітчизняних та зарубіжних авторів, що стосуються захисту фінансових даних у державному секторі.

Теоретичне узагальнення, формалізація, аналіз і логічне узагальнення результатів (формулювання висновків) були науковими методами, які використовувалися для проведення дослідження. Цей комплексний підхід було створено за допомогою цих методів; він включає системний і порівняльний аналіз, аналіз сучасних наукових джерел і моделювання організаційно-інформаційного забезпечення для ефективного цифрового управління. Крім того, було розглянуто конкретні випадки атак на платіжні платформи, які належать державі. Це дало можливість оцінити ефективність існуючих захисних заходів і визначити основні вразливості електронних фінансових послуг, які під контролем публічного адміністрування.

Результати. У дослідженні було виявлено, що електронні платежі в системах публічного адміністрування є важливою частиною цифрової держави, але вони все ще схильні до багатьох кіберзагроз. Аналіз показав, що основними небезпеками для державних платіжних систем є фішингові атаки, витік персональних даних, несанкціонований доступ до фінансових ресурсів, атаки DDoS і маніпуляції з платіжними транзакціями. Крім того, було відзначено, що під час воєнного стану ймовірність кіберзлочинності значно зросла, що вимагає посилення заходів захисту.

Дослідження підтвердило, що впровадження міжнародних стандартів кібербезпеки, використання сучасних методів аутентифікації, використання блокчейн-технологій для гарантії незмінності даних і автоматизація аналізу фінансових операцій за допомогою штучного інтелекту визначають рівень кібербезпеки електронних платежів у державному секторі.

Проведений аналіз вказує на те, що необхідно створити єдину стратегію захисту платіжних сервісів для держави. Ця стратегія має базуватися на багаторівневій моделі кібербезпеки та адаптивних механізмах реагування на кіберзагрози.

Перспективи. Подальші дослідження мають бути спрямовані на створення комплексної системи кіберзахисту державних електронних платежів. Застосування найновіших технологій криптографічного захисту, створення складних систем моніторингу загроз і розширення можливостей для міжнародної співпраці у сфері кібербезпеки є всіма прикладами цього. Особливу увагу слід привернути до вдосконалення законодавства щодо цифрових платежів і кіберзахисту, створення інфраструктури безпечних електронних платежів на національному рівні та розробки стандартів цифрової ідентифікації громадян.

Використання штучного інтелекту та аналітичних систем для виявлення аномалій у фінансових транзакціях може стати важливим компонентом боротьби з фінансовими злочинами. Крім того, важливим напрямком майбутніх досліджень є інтеграція технологій блокчейну в державні фінансові сервіси з метою підвищення рівня прозорості та захисту транзакцій від втручання ззовні. Створення кіберінфраструктури, стійкої до атак, є стратегічно важливим завданням, яке потребує спільних зусиль науковців, урядових органів і міжнародних партнерів. Зважаючи на сучасні виклики, це завдання потребує спільних зусиль.

Ключові слова: електронні платежі, публічне адміністрування, кібербезпека, цифрові фінансові послуги, державне управління, блокчейн, криптографічний захист, штучний інтелект, цифрова ідентифікація.

Summary. Introduction. Electronic payments are becoming an increasingly popular way of communicating between people, companies, and the state. Digital financial transactions reduce administrative barriers, speed up the delivery of public services, and make public administration more transparent. The introduction of electronic payment systems for paying taxes, administrative fees, fines, and other services has become an important step in the development of the digital state.

However, the risks associated with cyberattacks, financial fraud, confidential data leakage, and manipulation of transactions are increasing as access to public electronic financial platforms grows. This problem is especially important in the context of martial law in Ukraine, as state payment systems may become a target of cyberattacks that could destabilize the country's financial sector.

Thus, the study of problems related to the security of electronic payments in the field of public administration is an important part of protecting the national cyber infrastructure, which requires the development of effective mechanisms to combat possible dangers.

Purpose. The purpose of the article is to identify the main risks faced by electronic payment systems in the field of public administration, to analyze the mechanisms of protection against them, and to formulate recommendations for improving the security of digital payments in the public sector.

Materials and methods. The research materials are: 1) legal acts regulating electronic payments and cybersecurity in Ukraine; 2) international standards for electronic payment security; 3) studies by domestic and foreign authors on the protection of financial data in the public sector.

Theoretical generalization, formalization, analysis, and logical summarization of the results (formulation of conclusions) were the scientific methods used to conduct the study. This comprehensive approach was created using these methods; it includes systematic and comparative analysis, analysis of modern scientific sources and modeling of organizational and information support for effective digital governance. In addition, specific cases of attacks on state-owned payment platforms were considered. This made it possible to assess the effectiveness of existing protective measures and identify the main vulnerabilities of electronic financial services under the control of public administration.

Results. The study found that electronic payments in public administration systems are an important part of the digital state, but they are still exposed to many cyber threats. The analysis showed that the main dangers to public payment systems are phishing attacks, personal data leakage, unauthorized access to financial resources, DDoS attacks, and manipulation of payment transactions. In addition, it was noted that during martial law, the likelihood of cybercrime has increased significantly, which requires strengthening of security measures.

The study confirmed that the implementation of international cybersecurity standards, the use of modern authentication methods, the use of blockchain technologies to guarantee data integrity, and the automation of financial transaction analysis using artificial intelligence determine the level of cybersecurity of electronic payments in the public sector. The analysis shows that it is necessary to create a unified strategy for protecting payment services for the state. This strategy should be based on a multi-level cybersecurity model and adaptive mechanisms for responding to cyber threats.

Discussion. Further research should be aimed at creating a comprehensive cybersecurity system for public electronic payments. The use of the latest cryptographic protection technologies, the creation of sophisticated threat monitoring systems, and the expansion of opportunities for international cooperation in the field of cybersecurity are all examples of this. Particular attention should be paid to improving legislation on digital payments and cybersecurity, creating a secure electronic payment infrastructure at the national level, and developing standards for digital identification of citizens.

The use of artificial intelligence and analytical systems to detect anomalies in financial transactions can be an important component of the fight against financial crime. In addition, an important area for future research is the integration of blockchain technologies into public financial services to increase transparency and protect transactions from external interference. Creating a cyber infrastructure that is resistant to attacks is a strategically important task that requires joint efforts of scientists, government agencies, and international partners. Given the current challenges, this task requires joint efforts.

Key words: electronic payments, public administration, cybersecurity, digital financial services, public administration, blockchain, cryptographic protection, artificial intelligence, digital identification.

Постановка проблеми. Швидкий розвиток цифрових технологій і зростання обсягу електронних платежів є ознаками сучасних світових фінансово-економічних подій. У сфері публічного адміністрування впровадження електронних платіжних систем є важливим кроком до підвищення прозорості та ефективності державного управління. Уряди багатьох країн активно використовують цифрові платформи для безготівкового розрахунку, сплати податків, штрафів, адміністративних зборів і соціальних виплат. Це допомагає оптимізувати державні фінанси, покращити доступ до державних послуг і зменшити бюрократію.

З іншого боку, зростання використання електронних платежів супроводжується збільшенням кількості кіберзагроз, які створюють серйозний ризик для державних фінансових систем. Кібератаки на платіжні системи можуть призвести до фінансових втрат, компрометації персональних даних громадян і дестабілізації роботи державних установ. Ця проблема є особливо важливою в умовах воєнного стану та гібридних загроз, коли державні фінансові системи є ціллю атак організованих кіберзлочинних груп і ворожих державних структур.

Фінансова інфраструктура стає більш вразливою через відсутність єдиних правил захисту державних електронних платежів, низьку обізнаність користувачів про потенційні ризики та обмеженість ресурсів для забезпечення кібербезпеки. Покращення безпеки цифрових платежів у сфері публічного адміністрування вимагає впровадження комплексних заходів. Ці заходи включають впровадження багаторівневої аутентифікації, покращення систем моніторингу транзакцій, посилення контролю за діяльністю фінансових посередників і впровадження сучасних технологій кіберзахисту. Таким чином, питання безпеки електронних платежів у публічному адмініструванні набуває стратегічного значення та потребує всебічного дослідження, щоб створити ефективні методи захисту та мінімізації ризиків фінансових та інформаційних злочинів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці в Україні та за кордоном активно досліджують проблеми безпеки електронних платежів у публічному адмініструванні. Вони зосереджуються на цифровій безпеці, контролі електронних фінансових транзакцій, впровадженні сучасних технологій захисту та оцінці впливу кіберзагроз на державні платіжні системи.

У статті Євгена Живилю «Актуальні проблеми кібербезпеки в системах електронних комунікацій учасників фінансового ринку України з урахуванням міжнародних практик у цій галузі» аналізується сучасний стан кібербезпеки фінансових комунікацій в Україні та підкреслюється необхідність впровадження національних стандартів кібербезпеки, щоб захистити електронні платежі [1].

У своїй монографії «Фінансові технології» Олена Іванівна Береславська та Андрій Іванович Гулей

досліджують вплив фінансових технологій на модернізацію економіки та фінансової системи України. Автори підкреслюють важливість цифрової безпеки в умовах зростаючої цифровізації [2].

У статті «Управління діяльністю фахівців з кібербезпеки в умовах повномасштабного вторгнення» Л. В. Мазник та З. П. Двудіт розглядають питання управління кібербезпекою в умовах військових конфліктів, підкреслюючи важливість підготовки кваліфікованих працівників для захисту державних платіжних систем [3].

Дослідники також звертають увагу на безпеку електронних платежів на міжнародному рівні. Організація економічного співробітництва та розвитку (OECD) аналізує методи підвищення стійкості цифрових фінансових систем України та пропонує сучасні технології захисту [4].

Таким чином, аналіз досліджень свідчить про те, що для забезпечення кібербезпеки електронних платежів у публічному адмініструванні необхідно використовувати комплексний підхід, який включає розробку національних стандартів, впровадження сучасних технологій захисту та навчання кваліфікованих фахівців у сфері кібербезпеки.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає в тому, щоб визначити основні загрози безпеці електронних платежів у системах публічного адміністрування, проаналізувати сучасні методи захисту цих платежів і розробити поради щодо підвищення кібербезпеки державних фінансових платформ, особливо під час воєнного стану.

Виклад основного матеріалу. Щоб зробити державні послуги більш ефективними, зробити фінансові операції більш ефективними та зробити адміністративні процеси більш прозорими, сучасний етап розвитку державного управління характеризується активною цифровою трансформацією. Впровадження електронних платежів у систему публічного адміністрування було важливим кроком у цьому напрямку, оскільки це дозволяє громадянам і компаніям проводити фінансові операції швидше, зручніше та безпечніше.

Цифровізація фінансових операцій у державному секторі призводить до нових проблем, особливо у сфері кібербезпеки, незважаючи на численні переваги. У зв'язку з зростаючими ризиками шахрайства, кібератак, витоку персональних даних і ймовірністю зловживання адміністративними ресурсами необхідно використовувати сучасні технології захисту. Це особливо важливо зараз, коли в Україні триває війна, оскільки російська агресія поставила під загрозу фінансову стабільність країни, включаючи цілеспрямовані атаки на державні платіжні системи, банківські установи та електронні сервіси.

В умовах війни державні електронні фінансові платформи стали не лише засобом оплати, а й важливою частиною соціального забезпечення. Громадяни можуть дистанційно отримувати виплати,

допомогу для внутрішньо переміщених осіб, компенсації та субсидії завдяки цифровим технологіям, які є життєво важливими у період гуманітарної кризи. Однак противник активно використовує кіберзброю, щоб дестабілізувати цю систему. У зв'язку з масовими DDoS-атаками, спробами перехоплення транзакцій і маніпуляціями з фінансовими даними уряду повинні вдосконалювати свої системи захисту та дотримуватися міжнародних стандартів кібербезпеки.

Кіберзлочинці неодноразово атакували українську фінансову систему в останні роки, здійснюючи масштабні атаки на банківські сервіси та державні платіжні платформи. Одним із найгучніших випадків була DDoS-атака на Монобанк у 2022 році, яка зупинила онлайн-банкінг і заблокувала платежі. Перевантаження серверів спричинило значні незручності як для бізнесу, так і для громадян, оскільки користувачі не могли отримати доступ до своїх рахунків, оплачувати чи пересилати гроші. Інші комерційні банки, такі як ПриватБанк і ОщадБанк, також були об'єктами подібних атак. Вони поставили під загрозу онлайн-банкінг і системи прийому платежів через термінали.

Кіберзлочинці використовують фішингові схеми, щоб отримати доступ до персональних даних громадян, крім DDoS-атак. Одним із прикладів є масштабна фішингова кампанія, спрямована на користувачів системи «Дія», у якій шахраї створювали підроблені сайти для крадіжки банківських реквізитів. Вони використовували соціальну інженерію, щоб переконати людей вводити свої дані, щоб вони нібито отримали гроші, але насправді вони втратили гроші.

Контроль над транзакціями в державних платіжних системах є ще одним типом атак, який став більш поширеним. Наприклад, у 2023 році було виявлено випадки підміни реквізитів під час перерахування соціальних виплат; це дозволило зловмисникам переадресувати гроші на шахрайські рахунки.

Захист персональних даних громадян залишається значним викликом. Злом електронних реєстрів може бути дуже шкідливим, зокрема для безпеки військових або осіб, які перебувають на тимчасово окупованих територіях. Зміцнення стійкості державних платіжних платформ залежить від впровадження багаторівневої аутентифікації, використання криптографічних методів шифрування та використання штучного інтелекту для відстеження транзакцій.

В Україні було вжито низку заходів, щоб зменшити ймовірність атак і підвищити безпеку державних електронних платежів. Більшість державних і фінансових платформ почали вимагати двофакторну автентифікацію (2FA) для підтвердження особи користувача, що значно ускладнило несанкціонований доступ до фінансових даних. Крім того, високотехнологічні криптографічні алгоритми активно застосовуються для шифрування даних під час їх передачі між користувачем і сервером.

Для підвищення рівня кібербезпеки у сфері публічного адміністрування необхідно продовжувати впроваджувати новітні технології та вдосконалювати регуляторну базу. Щоб гарантувати незмінність і прозорість державних платежів, децентралізовані реєстри, засновані на блокчейні, унеможливають маніпуляції з транзакціями.

Крім того, вкрай важливо активно створювати автоматизовані системи реагування на загрози. Ці системи можуть аналізувати підозрілі фінансові операції в режимі реального часу та негайно блокувати потенційно шахрайські транзакції. Запровадження додаткових перевірок для небанківських установ допоможе зменшити ймовірність шахрайства.

Зміцнення міжнародної співпраці у сфері кібербезпеки також є важливим напрямом, оскільки це дозволить обмінюватися досвідом і інтегрувати найкращі світові практики захисту даних. Удосконалення законодавства для відповідності міжнародним стандартам безпеки, таким як PSD2 та GDPR, покращить захист даних громадян.

Таким чином, необхідно продовжувати розвивати системи кібербезпеки, використовувати нові технології та посилювати регулювання, щоб ефективно захистити державні фінансові сервіси від потенційних небезпек. У сфері публічного адміністрування лише комплексний підхід може гарантувати безпеку та стабільність цифрових платежів і мінімізувати ризики кіберзлочинності.

Очевидно, що обмежене фінансування є основним викликом для впровадження онлайн-платіжних систем у публічному адмініструванні. Це робить розробку та інтеграцію сучасних технологічних рішень складною. Економічні проблеми, спричинені війною, змушують державу спрямовувати ресурси на оборонні та соціальні потреби, не підтримуючи цифрові ініціативи. Водночас важливим залишається питання залучення альтернативних джерел фінансування, таких як гранти фінансових організацій, державно-приватне партнерство та технічна допомога за кордоном, яка дозволила б продовжувати розвиток цифрових фінансових послуг у державному секторі.

Окрім проблем з грошима, є багато технічних перешкод. Упровадження електронних платежів у державному управлінні значно ускладнюється браком інфраструктури, застарілими інформаційними системами та обмеженим доступом до Інтернету, особливо в сільських та прифронтових районах. Згідно з дослідженнями, оновлення цифрової інфраструктури є життєво важливим для забезпечення доступності Інтернет-платіжних послуг у всіх регіонах країни.

Не менш серйозним викликом є перешкоди, пов'язані з організацією та управлінням. Розбалансованість процесу цифровізації виникає через відсутність єдиної стратегії розвитку цифрових платежів у державному секторі та фрагментарність

законодавчої бази. Наявні правила, що регулюють електронні фінансові операції, часто не відповідають сучасним стандартам і не враховують міжнародні стандарти кібербезпеки. Зокрема, необхідно посилити законодавство щодо захисту персональних даних і боротьби з кіберзлочинністю, щоб зробити державні веб-сайти безпечними.

Недостатня цифрова грамотність громадян і державних службовців є ще одним значним фактором, що перешкоджає розвитку електронних платежів у публічному адмініструванні. Багато людей продовжують віддавати перевагу звичайним фінансовим операціям через недовіру до цифрових сервісів або погане розуміння того, як вони працюють. Крім того, державні установи стикаються з проблемою нестачі кваліфікованих працівників у сфері ІТ та кібербезпеки. Це робить розробку та впровадження ефективних цифрових рішень більш складним завданням. Згідно з дослідженнями, однією з основних причин неефективності цифрових реформ є дефіцит спеціалістів у сфері публічного адміністрування.

Отже, для подолання цих проблем потрібен комплексний підхід, який включає фінансову підтримку цифрових ініціатив, модернізацію технологічної інфраструктури, удосконалення нормативно-правової бази та підвищення рівня цифрової грамотності населення та працівників державного сектору. Завдяки синхронному вирішенню цих проблем можна досягти високого рівня ефективності та безпеки державних онлайн-платіжних систем, що сприятиме розвитку цифрового публічного адміністрування.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Таким чином, впровадження електронних платіжних систем у сфері публічного адміністрування є важливим етапом цифрової трансформації державного управління. Ці системи покращують якість фінансових послуг, зменшують бюрократію та роблять фінансові операції більш прозорими. Однак недостатнє фінансування, технічні обмеження, регуляторні прогалини та низький рівень цифрової грамотності населення — це деякі з проблем, які перешкоджають цифровізації. Усунення цих перешкод є необхідною умовою створення надійної, безпечної та ефективної системи електронних платежів для державних цілей. Коли вони знають про проблеми кібербезпеки, потенційні загрози шахрайства та недоліки фінансової інфраструктури, держави можуть змінити свої існуючі засоби захисту та створювати кращі моделі управління електронними фінансовими потоками.

Дослідження повинні зосередитися на вдосконаленні законодавства щодо цифрових фінансових операцій, кібербезпеці електронних платежів і підвищенні обізнаності громадян щодо безпечного використання державних онлайн-сервісів. Крім того, вивчення міжнародного досвіду цифрових фінансових технологій і можливостей їх адаптації до українських реалій є важливим напрямом. Розробка комплексного підходу до оцінки ефективності впровадження електронних платіжних систем дозволить не лише покращити їхню роботу, але й визначити найкращі шляхи подальшої цифровізації державного управління.

Література

1. Живилю С. О. Актуальні проблеми кібербезпеки в системах електронних комунікацій учасників фінансового ринку України з урахуванням міжнародних практик у цій сфері. *Публічне управління XXI століття: особливості воєнного і післявоєнного періодів: XXIII Міжнародний науковий конгрес.* Харків, 2023. С. 485–488. URL: https://www.researchgate.net/publication/380908571_Aktualni_problemi_kiberbezpeki_v_sistemah_elektronnih_komunikacij_ucasnikiv_finansovogo_rinku_Ukraini_z_urahuvannam_miznarodnih_praktik_u_cij_sferi (дата звернення: 13.02.2025).
2. Береславська О. І., Гулей А. І. Фінансові технології: навчальний посібник. Дніпро: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2022. 260 с. URL: <https://dpu.edu.ua/images/Documents/NAUKA/Naukova%20biblioteka/Navcalno-metodicna%20literatura/F/Finansovi%20tehnologii.pdf> (дата звернення: 13.02.2025).
3. Мазник Л. В., Двудіт З. П. Управління діяльністю фахівців з кібербезпеки в умовах повномасштабного вторгнення. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку.* 2023. № 2 (9). С. 54–65. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/dec/32677/menedzhment223maket-54-65.pdf> (дата звернення: 13.02.2025).
4. Організація економічного співробітництва та розвитку (OECD). Enhancing Resilience by Boosting Digital Business Transformation in Ukraine. 2024. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/uk/publications/reports/2024/05/enhancing-resilience-by-boosting-digital-business-transformation-in-ukraine_c2e06e50/5d9e86a7-uk.pdf (дата звернення: 14.02.2025).

References

1. Actual problems of cybersecurity in electronic communication systems of financial market participants in Ukraine, taking into account international practices in this area. *Public Administration of the XXI Century: Peculiarities of the Military and Postwar Periods: XXIII International Scientific Congress.* Kharkiv, 2023. С. 485–488. URL: https://www.researchgate.net/publication/380908571_Aktualni_problemi_kiberbezpeki_v_sistemah_elektronnih_komunikacij_ucasnikiv_finansovogo_rinku_Ukraini_z_urahuvannam_miznarodnih_praktik_u_cij_sferi [in Ukrainian].

2. Bereslavskaya O.I., Hulei A.I. Financial technologies: a textbook. Dnipro: Oles Honchar Dnipro National University, 2022. 260 c. URL: <https://dpu.edu.ua/images/Documents/NAUKA/Naukova%20biblioteka/Navcalno-metodicna%20literatura/F/Finansovi%20tehnologii.pdf> [in Ukrainian].

3. Maznyk L.V., Dvulit Z.P. Management of cybersecurity specialists in the conditions of a full-scale invasion. *Management and entrepreneurship in Ukraine: stages of formation and development problems*. 2023. № 2 (9). C. 54–65. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/dec/32677/menedzhment223maket-54-65.pdf> [in Ukrainian].

4. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Enhancing Resilience by Boosting Digital Business Transformation in Ukraine. 2024. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/uk/publications/reports/2024/05/enhancing-resilience-by-boosting-digital-business-transformation-in-ukraine_c2e06e50/5d9e86a7-uk.pdf [in Ukrainian].

Лобас Артем Олександрович*здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти**Київського національного університету імені Тараса Шевченка***Lobas Artem***second (Master's) Level higher Education Student**Taras Shevchenko National University of Kyiv*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10730

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АУДИТІ: ДОСВІД ВЕЛИКОЇ ЧЕТВІРКИ

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AUDITING: THE EXPERIENCE OF THE BIG FOUR

Анотація. У статті проаналізовано впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) в аудиті та їх вплив на сучасні аудиторські процеси. Основна увага приділяється розгляду можливостей ШІ для підвищення точності перевірок, автоматизації рутинних завдань і вдосконалення методів оцінки фінансових ризиків. Актуальність дослідження зумовлена швидким впровадженням цифрових технологій у сфері аудиту, що вимагає адаптації до сучасних викликів та підвищення якості аудиторських послуг. Метою дослідження є оцінка ефективності застосування платформ ШІ в аудиторській діяльності на прикладі компаній «великої четвірки» (PwC, Deloitte, EY, KPMG). У ході дослідження проведено аналіз ключових аспектів використання ШІ в аудиті, визначено його вплив на якість аудиторських процедур, а також виявлено основні виклики та ризики, пов'язані із застосуванням алгоритмів. На основі порівняння підходів компаній «великої четвірки» запропоновано рекомендації для вдосконалення платформ та підвищення ефективності роботи зі ШІ в аудиті.

Ключові слова: автоматизація, аудит, «велика четвірка», машинне навчання, цифрова трансформація, штучний інтелект.

Summary. The article is analyzing the implementation of artificial intelligence (AI) technologies in auditing and their impact on modern auditing processes. The main attention is paid to considering the possibilities of AI for increasing the accuracy of audits, automating routine tasks and improving methods for assessing financial risks. The relevance of the study is due to the rapid introduction of digital technologies in the field of auditing, which requires adaptation to modern challenges and improving the quality of audit services. The purpose of the study is to assess the effectiveness of the use of AI tools in auditing using the example of the Big Four companies (PwC, Deloitte, EY, KPMG). The study analyzed key aspects of the use of AI in auditing, determined its impact on the quality of audit procedures, and identified the main challenges and risks associated with the use of algorithms. Based on a comparison of the approaches of the Big Four companies, recommendations are proposed for improving platforms and increasing the efficiency of working with AI in auditing.

Key words: artificial intelligence, automation, audit, Big Four, digital transformation, machine learning.

Постановка проблеми. Сучасний аудит стикається зі зростаючими викликами, пов'язаними зі стрімкою діджиталізацією економіки, зростанням обсягів фінансових та нефінансових даних та необхідністю підвищення ефективності аудиторських процедур. Традиційні методи аудиту, засновані на вибірковому аналізі даних і людському судженні, не завжди відповідають вимогам сучасного бізнес-середовища, де операції стають складнішими, а ризики — динамічнішими. ШІ відкриває нові можливості для аудиторських фірм, дозволяючи їм автоматизувати аналіз великих обсягів даних, виявлення аномалій та оцінку ризиків у режимі реального часу. Зокрема,

«велика четвірка» (PwC, Deloitte, EY та KPMG) активно застосовують ШІ в аудиті, використовуючи інноваційні платформи для автоматизації перевірок, прогнозування фінансових ризиків та вдосконалення систем контролю. Водночас використання ШІ в аудиті ставить нові виклики. Основними питаннями є алгоритмічна прозорість, необхідність підзвітності результатів, регуляторні обмеження та дотримання стандартів професійної етики. Крім того, аудитори стикаються з проблемою адаптації традиційних методів аудиту до нової цифрової реальності, що вимагає змін у підходах до оцінки доказів, управління ризиками та навчання. Тому аналіз впливу ШІ

на аудит та оцінка практичного досвіду компаній «великої четвірки» є актуальним завданням для виявлення ефективних механізмів впровадження цифрових технологій в аудиторську сферу та визначення шляхів їх подальшого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У сучасних дослідженнях у сфері аудиту велику увагу приділяють використанню ІІІ для автоматизації аудиторських процедур, виявлення фінансових аномалій і підвищення ефективності аудиту. Деякі наукові роботи присвячені перевагам машинного навчання в прогнозуванні ризиків і проблемам, пов'язаним із прозорістю алгоритмів і регуляторними обмеженнями. Такі науковці як Alsulami F. [3], Dong M. M. [2], Stratopoulos T. C. [2] та Wang V. X. [2] досліджують сучасні технології ІІІ та впровадження їх у різні сфери життя, а Babayeva A. та Manousaridis N. D. [4], Lakatos L. P. та Wassie F. A. [1] досліджують їх вплив на бухгалтерський облік та аудит.

Також, вітчизняні автори, такі як Головчак Г. В. та Скрипник С. В. [5], Шевченко А. І. [10], та інші, досліджують використання ІІІ. У своїй роботі «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні» А. І. Шевченко розглядає передумови та наукові засади створення стратегії розвитку ІІІ в Україні, а також засоби та шляхи її ефективної імплементації, тоді як Г. В. Головчак та С. В. Скрипник у роботі «Інтеграція розумних технологій та штучного інтелекту в бухгалтерський облік: ключові аспекти цифрової революції» — вплив ІІІ на автоматизацію облікових процесів, підвищення їх ефективності та забезпечення надійності фінансової звітності. Їх наукові роботи описують проблеми та перспективи впровадження ІІІ, зокрема щодо виявлення аномалій, оцінки ризиків та забезпечення прозорості аудиторських процедур. Аналіз наукових джерел підтверджує, що компанії «великої четвірки» активно впроваджують ІІІ в аудит, що допомагає їм скоротити час аудиту і підвищити його якість.

Попри значний обсяг досліджень, присвячених застосуванню ІІІ в аудиті, багато ключових питань залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, відсутній уніфікований підхід до оцінювання ефективності алгоритмів ІІІ у виявленні ризикованих угод і випадків шахрайства. Також не вирішеним залишається питання відповідальності за рішення, ухвалені на основі ІІІ, що створює складнощі у дотриманні міжнародних стандартів аудиту. Окрім цього, бракує досліджень, спрямованих на адаптацію аудиторських методологій у компаніях «великої четвірки», із врахуванням нормативних вимог та етичних аспектів використання ІІІ в професійній діяльності.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті полягає у вивченні специфіки впровадження ІІІ в аудиті на прикладі компаній «великої четвірки», а також у оцінці результативності застосування цифрових технологій для

автоматизації аудиторських процесів. Основними завданнями є:

- 1) аналіз сучасних підходів до використання ІІІ в аудиті;
- 2) виявлення ключових переваг та викликів, які супроводжують його інтеграцію;
- 3) розгляд регуляторних і етичних аспектів застосування інтелектуальних алгоритмів у сфері фінансового контролю.

У статті застосовуються такі методи дослідження: аналіз літературних джерел, порівняльний аналіз, систематизація отриманих даних та метод узагальнення для формулювання рекомендацій щодо вдосконалення платформ ІІІ в аудиті.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Сучасний аудит знаходиться на етапі значної цифрової трансформації, зумовленої впровадженням ІІІ у ключові аудиторські процеси. Компанії «великої четвірки» активно застосовують алгоритми машинного навчання для проведення аудиторських процедур, що дозволяє виявляти ризикові операції, автоматизувати процеси відбору необхідних і матеріальних для аудиту елементів та тестування пов'язаних з ними первинних документів, підвищувати точність оцінки фінансової звітності [1, с. 3].

Згідно з дослідженнями [2, с. 11; 3, с. 41; 4, с. 39], використання ІІІ в аудиті зосереджене на напрямках, визначених у рис. 1.

Попри численні переваги, інтеграція ІІІ в аудит супроводжується рядом викликів:

- ясність рішень ІІІ — алгоритми можуть ухвалювати рішення без зрозумілого пояснення, що ускладнює їх застосування у відповідності до міжнародних стандартів аудиту;
- регуляторні обмеження — у різних країнах існують неоднакові підходи до використання ІІІ в аудиті, що може створювати бар'єри для його впровадження;
- проблеми із неправильними алгоритмами — помилки в алгоритмах можуть призводити до хибних висновків аудиту, що підвищує ризик прийняття невірних управлінських рішень;
- кібербезпека — використання ІІІ збільшує ймовірність кібератак, тому необхідно забезпечувати надійний захист даних та інфраструктури, що обробляє інформацію;
- потреба у підготовці кадрів — аудитори повинні мати необхідні компетенції для роботи з алгоритмами ІІІ та аналізу їх результатів [5, с. 41; 6].

Компанії PwC, Deloitte, EY та KPMG на початку 2020-х власні технологічні рішення для оптимізації аудиту. Розглянемо платформи ІІІ, які використовує Велика четвірка.

Компанія PwC програмний бот, особистої розробки у співпраці з H2O.ai, що використовує ІІІ для аналізу генеральної бухгалтерської книги. Він здатен обробляти мільярди транзакцій за лічені секунди, виявляючи аномалії та потенційні ознаки

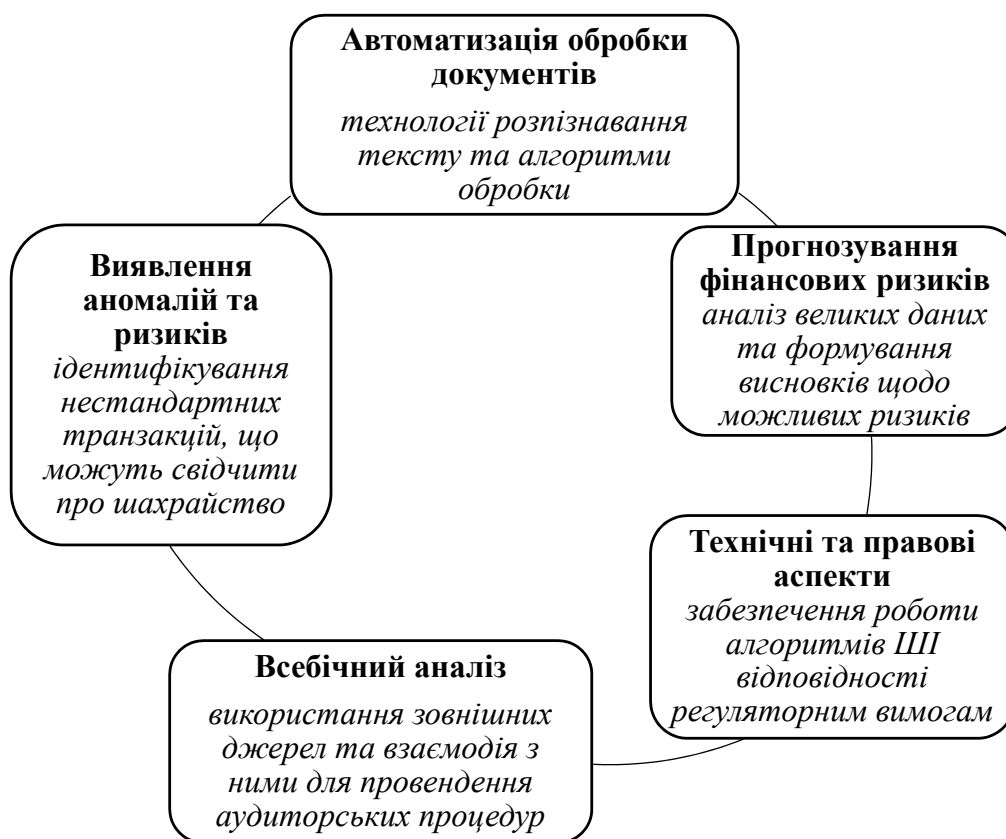


Рис. 1. Ключові переваги впровадження ІІІ

Джерело: складено автором за даними [2; 3; 4]

шахрайства. GL.ai аналізує кожну транзакцію, користувача, суму та рахунок, щоб ідентифікувати незвичайні операції без упередженості. Ця платформа вже була успішно протестована на 20 аудитах у 12 країнах, включаючи Канаду, Німеччину, Швецію та Великобританію. Його впровадження дозволяє прискорити аудиторський процес, підвищити ефективність та зосередити увагу на ділянках з високим рівнем ризику [6; 7].

Компанія Deloitte розробила CortexAI як платформу ІІІ для покращення процесів прийняття рішень та підвищення ефективності місій урядових та публічних організацій. Вона поєднує в собі ІІІ та бізнес-аналітику, дозволяючи автоматизувати робочі процеси, виявляти та аналізувати тенденції в даних, а також надавати надійні та дієві інсайди. CortexAI допомагає організаціям впроваджувати генеративні моделі ІІІ та машинного навчання для вирішення складних завдань та покращення обслуговування громадян [6].

Фахівці компанії ЕУ розробили та використовують ЕУ Helix як глобальну аналітичну платформу, яка включає набір інструментів для збору та аналізу даних. Вона дозволяє аудиторам інтегрувати аналітику в усі значущі аспекти аудиту, обробляючи великі обсяги даних для отримання глибших інсайдів та кращого розуміння фінансової діяльності клієнтів. ЕУ Helix підтримує аудит від оцінки ризиків

до виконання, охоплюючи весь операційний цикл бізнесу. Проте вона не є повноцінною системою ІІІ в тому розумінні, яке мають інші платформи, такі як GL.ai (PwC) або CortexAI (Deloitte) [8].

KPMG Clara — це глобальна інтелектуальна аудиторська платформа, розроблена компанією KPMG, яка інтегрує можливості ІІІ для покращення якості та ефективності аудиту. У 2024 році KPMG оголосила про впровадження генеративного ІІІ в KPMG Clara, що дозволяє автоматизувати процеси оцінки ризиків, розробки тестових процедур та покращення аудиторської документації. Це нововведення допомагає аудиторам швидше ідентифікувати ризики, розробляти відповідні процедури тестування та підвищувати якість аудиторських звітів [9].

Отже, кожна з цих платформ має унікальні можливості, які спрямовані на оптимізацію аудиторських процедур, проте їхнє впровадження та розвиток функціоналу супроводжується певними викликами. Для кращого розуміння ефективності платформ ІІІ, які використовують «велика четвірка», доцільно провести порівняння їхньої функціональності, переваг і недоліків, котрі представлено у табл. 1.

Кожна з платформ, що використовуються компаніями «великої четвірки», створена у доволі конкурентному середовищі, а отже, має різні переваги та недоліки. Порівняння цих переваг та недоліків

Таблиця 1

Порівняння функціональності платформ ІІІ

Функція	GL.ai	CortexAI	EY Helix	KPMG Clara
Основне призначення	Виявлення аномалій у фінансових транзакціях	Автоматизація аналітики даних для бізнесу	Аналітика фінансової звітності та ризиків	Хмарна платформа для управління аудиторськими процесами
Обробка великих даних	✓	✓	✓	✓
Виявлення помилок	✓	✓	✓	✓
Інтеграція з ERP-системами	Частково	✓	✓	✓
Машинне навчання (ML)	✓	✓	Частково	✓
Хмарна інфраструктура	×	✓	✓	✓
Прогнозування ризиків	✓	✓	✓	✓
Інтеграція з комунікаційними платформами	×	Частково	×	✓

Джерело: складено автором на основі [6; 7; 8; 9]

дозволяє краще зрозуміти, яка платформа найбільш ефективно відповідає потребам сучасного аудиту, що представлено у табл. 2.

Різниця у функціоналі платформ, пояснюється різними, неуніфікованими уявленнями та підходами компаній «великої четвірки» щодо їх впровадження та розвитку. На основі їх аналізу їх переваг та недоліків, а також загально розповсюджених проблем зі ІІІ визначимо напрями та кроки щодо удосконалення платформ і підвищення ефективності використання ІІІ в аудиті у табл. 3.

Запровадження рекомендованих заходів для вдосконалення платформ ІІІ в аудиті надає низку значних переваг. Покращення якості алгоритмів та аналітики дозволить підвищити точність аудиторських висновків, зменшити кількість хибних результатів. Забезпечення прозорості та відповідності стандартам підвищить довіру до результатів аудиту, а також полегшить інтеграцію ІІІ у відповідність до міжнародних стандартів аудиту. Посилення заходів кібербезпеки, включно з регулярними аудитами безпеки та шифруванням даних, зведе до мінімуму

ризиків витоку інформації та підвищить надійність систем, забезпечуючи конфіденційність обробки інформації. Автоматична перевірка якості вхідних даних знизить ймовірність помилок і підвищить достовірність аналізу. Водночас навчання аудиторів та підготовка кадрів буде сприяти зростанню їхньої компетентності у роботі з платформами ІІІ, що дозволить їм краще аналізувати результати та приймати обґрунтовані рішення. Розвиток функціоналу платформ підвищить ефективність аудиторських процедур і дозволить платформам адаптуватися до змін у бізнес-середовищі, а забезпечення етичності та відповідальності за використання ІІІ також підвищить довіру до їхніх рішень.

Загалом реалізація цих рекомендацій дозволить значно підвищити якість, надійність та ефективність аудиторських процедур, забезпечити відповідність міжнародним стандартам та мінімізувати ризики, пов'язані з використанням ІІІ.

Висновки та дискусія. Таким чином, дослідження показало, що компанії «великої четвірки» PwC, Deloitte, EY і KPMG — активно впроваджують

Таблиця 2

Порівняння переваг та недоліків платформ ІІІ

Платформа	Основні переваги	Основні недоліки
GL.ai	– швидке виявлення аномалій у транзакціях; – автоматичний аналіз кожної транзакції; – безперервне навчання системи на основі нових даних	– висока залежність від якості вхідних даних; – відсутність хмарної інфраструктури; – необхідність експертної перевірки результатів
CortexAI	– масштабована хмарна інфраструктура; – інтеграція з бізнес-аналітикою; – наявність готових шаблонів для швидкого впровадження	– складність інтеграції з існуючими системами; – високі витрати на впровадження та навчання персоналу
EY Helix	– аналітика для всіх ключових аспектів аудиту; – глибокий аналіз фінансових даних; – централізоване зберігання даних та візуалізація	– обмежені можливості для самонавчання системи; – потреба у високій якості даних для точних результатів
KPMG Clara	– інтеграція з Microsoft Teams для спільної роботи; – прозорість аудиторських процесів; – автоматизація ризик-орієнтованого аудиту	– складність налаштування та інтеграції; – залежність від регулярних оновлень для забезпечення актуальності функціоналу

Джерело: складено автором на основі [6; 7; 8; 9]

Таблиця 3

Рекомендації для вдосконалення платформ ІІІ та підвищення ефективності аудиторських процедур

Напрямок удосконалення	Детальні(покрокові) рекомендації
Покращення якості алгоритмів та аналітики	1. Регулярне оновлення алгоритмів з урахуванням змін у нормативних вимогах та аудиторській практиці. 2. Перевірка точності алгоритмів для уникнення хибних висновків. 3. Запровадження систем пояснюваності для прозорості ухвалення рішень.
Забезпечення прозорості та відповідності стандартам	1. Розробка єдиних стандартів оцінки ефективності платформ ІІІ. 2. Впровадження системи підзвітності для рішень, ухвалених на основі ІІІ. 3. Незалежна перевірка алгоритмів на відповідність етичним та професійним стандартам.
Захист даних та кібербезпека	1. Посилення заходів кібербезпеки на рівні платформ. 2. Забезпечення шифрування даних під час їх передачі та зберігання. 3. Регулярні аудити безпеки для виявлення вразливостей.
Підвищення якості даних	1. Стандартизація процесів збору, обробки та перевірки даних. 2. Інтеграція платформ ІІІ з ERP-системами для отримання достовірних даних. 3. Автоматична перевірка якості вхідних даних для точного аналізу.
Навчання та підготовка кадрів	1. Організація тренінгів та семінарів для аудиторів щодо роботи з ІІІ. 2. Включення цифрових технологій до програм професійної підготовки. 3. Створення платформ для обміну досвідом впровадження ІІІ.
Розвиток функціоналу платформ	1. Інтеграція платформ ІІІ з іншими бізнес-системами. 2. Розширення можливостей самонавчання алгоритмів. 3. Забезпечення гнучкості платформ для адаптації під специфіку кожного аудиту.
Етичність та відповідальність	1. Забезпечення прозорості алгоритмів та ясності результатів аналізу. 2. Впровадження механізмів відповідальності за рішення, ухвалені ІІІ. 3. Розробка кодексу етичного використання ІІІ в аудиті.

Джерело: складено автором на основі [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10]

інноваційні платформи ІІІ, такі як GL.ai, CortexAI, EY Helix і KPMG Clara, кожна з яких володіє своїми особливостями, перевагами та недоліками.

Зокрема, GL.ai компанії PwC унікальна тим, що аналізує транзакції на високій швидкості для виявлення аномалій і підвищення ефективності аудиту фінансових даних. CortexAI від Deloitte об'єднує ІІІ та бізнес-аналітику для автоматизації робочих процесів і отримання глибших знань; EY Helix націлена на комплексний аналіз фінансових показників; KPMG Clara забезпечує інтеграцію з хмарними сервісами та комунікаційними платформами; GL.ai забезпечує ефективніший та результативніший процес аудиту, покращує взаємодію між аудиторськими групами.

Однак впровадження ІІІ пов'язане з низкою проблем, включно із забезпеченням прозорості алгоритмів, контролем якості даних, дотриманням етичних норм і відповідністю міжнародним стандартам аудиту. Відсутність єдиного підходу до оцінки ефективності ІІІ та необхідність навчання аудиторів роботі з новими технологіями залишаються актуальними питаннями для галузі.

Для підвищення ефективності аудиторських процедур бажано зосередитися на вдосконаленні професійних навичок аудиторів у сфері ІІІ, для чого необхідно організувати тренінги та семінари, а також

включити відповідні програми до схем професійного навчання. Також важливо забезпечити високу якість вихідних даних шляхом стандартизації процесів їх збирання, оброблення та перевірки, оскільки від надійності інформації залежить точність аудиторських висновків. Не менш важливо розробити єдині нормативні стандарти використання ІІІ в аудиті, що дасть змогу гармонізувати підходи до його застосування та підвищити довіру до результатів аудиту.

Подальше вдосконалення аудиторських платформ, передбачає інтеграцію з іншими бізнес-системами, розширення можливостей самонавчання, інтеграцію інших бізнес-систем, розширення можливостей самонавчання та підвищення гнучкості платформи. Особливу увагу слід приділити етичності використання ІІІ, зокрема забезпеченню прозорості алгоритмів, ясності аналітичних результатів і відповідальності за ухвалення рішень. Загалом подальше впровадження ІІІ в аудит потребує комплексного підходу, що включає як технологічні інновації, так і розвиток професійних навичок аудиторів; оптимізація аудиторських процедур завдяки інтеграції ІІІ дасть змогу не лише підвищити точність аудиту, а й зробити процес аудиту прозорішим, ефективнішим і орієнтованішим на розв'язання майбутніх завдань.

Література

1. Wassie F.A., Lakatos L.P. Artificial intelligence and the future of the internal audit function. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2024. pp. 3–11. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02905-w>.
2. Dong M.M., Stratopoulos T.C., Wang V.X. A scoping review of ChatGPT research in accounting and finance. *International Journal of Accounting Information Systems*. 2024. pp. 4–25. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2024.100715>.
3. Alsulami F. Digital innovation and sustainable accounting practices: A systematic literature review through the governance context. *Journal of Governance and Regulation*. 2024. Vol. 4. No 1. P. 33–48. <https://doi.org/10.22495/jgrv14i1art4>.
4. Babayeva A., Manousaridis N.D. The Effects of Digitalization on Auditing. *Lund University*. 2020. pp. 8–57. URL: <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9021291> (дата звернення: 18.02.2025).
5. Головчак Ю., Головчак Г., Скрипник С. Інтеграція розумних технологій та штучного інтелекту в бухгалтерський облік: ключові аспекти цифрової революції. Інвестиції: практика та досвід. 2024. № 6. С. 38–44. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.6.38>.
6. Artificial Intelligence in the Accounting Big Four — Comparing Deloitte, PwC, KPMG, and EY. Emerj. URL: <https://emerj.com/ai-in-the-accounting-big-four-comparing-deloitte-pwc-kpmg-and-ey/> (дата звернення: 18.02.2025).
7. Harnessing the power of AI to transform the detection of fraud and error. *Pw C*. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/about/stories-from-across-the-world/harnessing-the-power-of-ai-to-transform-the-detection-of-fraud-and-error.html> (дата звернення: 18.02.2025).
8. EY Helix — Audit technology. *EY*. URL: https://www.ey.com/en_us/services/audit/technology/helix (дата звернення: 18.02.2025).
9. KPMG. Harnessing AI for Audit Innovation. *KPMG Insights*. 2024. URL: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2024/ai-in-audit.html> (дата звернення: 18.02.2025).
10. Шевченко А. І. Використання штучного інтелекту в аудиті: сучасні тенденції та перспективи. *Стратегія розвитку*. 2023. № 4. С. 1–307. https://doi.org/10.15407/development_strategy_2023.

References

1. Wassie F.A., Lakatos L.P. (2024) Artificial intelligence and the future of the internal audit function. *Humanities and Social Sciences Communications*. pp. 3–11. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02905-w>.
2. Dong M.M., Stratopoulos T.C., Wang V.X. (2024) A scoping review of ChatGPT research in accounting and finance. *International Journal of Accounting Information Systems*. pp. 4–25. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2024.100715>.
3. Alsulami F. (2024) Digital innovation and sustainable accounting practices: A systematic literature review through the governance context. *Journal of Governance and Regulation*. 2024. Vol. 4. No 1. P. 33–48. <https://doi.org/10.22495/jgrv14i1art4>.
4. Babayeva A., Manousaridis N.D. (2020) The Effects of Digitalization on Auditing. *Lund University*. pp. 8–57. URL: <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9021291>.
5. Holovchak Yu., Holovchak H., Skrypyk S. (2024) Intehratsiia rozumnykh tekhnolohii ta shtuchnoho intelektu v bukhhalterskyi oblik: kliuchovi aspekty tsyfrovoy revoliutsii [Integration of smart technologies and artificial intelligence in accounting: crucial aspects of the digital revolution]. *Investytsii: praktyka ta dosvid — Investments: practice and experience*. № 6. pp. 38–44. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.6.38> [in Ukrainian]
6. Artificial Intelligence in the Accounting Big Four — Comparing Deloitte, PwC, KPMG, and EY. Emerj. URL: <https://emerj.com/ai-in-the-accounting-big-four-comparing-deloitte-pwc-kpmg-and-ey/>.
7. Harnessing the power of AI to transform the detection of fraud and error. *Pw C*. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/about/stories-from-across-the-world/harnessing-the-power-of-ai-to-transform-the-detection-of-fraud-and-error.html>.
8. EY Helix — Audit technology. *EY*. URL: https://www.ey.com/en_us/services/audit/technology/helix.
9. KPMG. Harnessing AI for Audit Innovation. *KPMG Insights*. 2024. URL: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2024/ai-in-audit.html>.
10. Shevchenko A.I. (2023) Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini [Strategy for the development of artificial intelligence in Ukraine]. *Shtuchnyi Intelekt — Artificial Intelligence*. № 28(0). pp. 1–307. https://doi.org/10.15407/development_strategy_2023 [in Ukrainian].

УДК 94:[323.3:66-051](477)»16/17»

Муляр Анатолій Миколайович*кандидат історичних наук,
доцент кафедри суспільно-гуманітарних дисциплін
Університету економіки і підприємництва***Mulyar Anatoly***Candidate of Historical Sciences,
Associate Professor of the Department of Social and Humanities
University of Economics and Entrepreneurship
ORCID: 0000-0002-7629-301X*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10691

ДЕМОГРАФІЧНИЙ РОЗВИТОК ПОДІЛЬСЬКОЇ ГУБЕРНІЇ (1862–1872): СОЦІАЛЬНІ, РЕЛІГІЙНІ ТА МІГРАЦІЙНІ АСПЕКТИ

DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT OF THE PODILLIA PROVINCE (1862–1872): SOCIAL, RELIGIOUS AND MIGRATION ASPECTS

Анотація. У цій статті досліджується демографічний розвиток Подільської губернії в період з 1862 по 1872 рік, зосереджуючись на ключових аспектах, таких як чисельність населення, його соціальна, релігійна та етнічна структура, а також природний приріст і міграційні процеси. За період дослідження населення губернії зросло з 1,869,361 особи до 2,208,100 осіб, що свідчить про позитивну демографічну динаміку. Основним чинником цього зростання був природний приріст, оскільки народжуваність переважала смертність, незважаючи на високі показники останньої, зумовлені епідеміями, поганим медичним обслуговуванням та важкими умовами життя.

Середньорічний приріст населення становив близько 1,79%, що підкреслює стабільність демографічного розвитку. Соціальна структура губернії відображала загальноімперські тенденції, з переважанням сільського населення (понад 93%), що підкреслювало аграрний характер економіки регіону. Міське населення залишалося незначним, зростаючи повільно, що свідчило про обмежену урбанізацію.

Серед соціальних груп домінували селяни, які поділялися на державних, власників та колишніх кріпаків, що продовжували залежати від поміщиків навіть після реформи 1861 року. Дворянство, духовенство та купецтво становили меншість, але відігравали важливу роль у суспільному житті. Купецький стан демонстрував стабільне зростання, що свідчило про розвиток торгівлі та підприємництва.

Релігійна структура населення була різноманітною, з переважанням православних, а також присутністю римо-католиків, євреїв, протестантів та мусульман. Православне духовенство залишалося найчисельнішим, що відображало його панівну роль у релігійному житті губернії. Гендерний баланс був збалансованим, з незначною перевагою жінок, особливо у сільській місцевості, що пояснювалося вищою смертністю чоловіків через важкі умови праці та службу в армії.

Міграційні процеси також впливали на демографічну ситуацію, хоча їхній вплив був менш значним порівняно з природним приростом. Військове населення, представлене відставними солдатами та їхніми родинами, залишалося стабільним, що свідчило про наявність військових гарнізонів у регіоні.

Загалом, дослідження демонструє складний взаємозв'язок соціально-економічних, культурних та релігійних факторів, що впливали на демографічний розвиток Подільської губернії. Стабільне зростання населення, незважаючи на високу смертність, підкреслює життєздатність регіону, але водночас вказує на обмеженість ресурсів для покращення умов життя.

Ключові слова: демографічний розвиток, Подільська губернія, природний приріст, смертність, народжуваність, соціальна структура, сільське населення, міське населення, релігійна структура, міграційні процеси, економічні фактори, селянська реформа 1861 року, кріпацтво.

Summary. This article examines the demographic development of the Podillia province between 1862 and 1872, focusing on key aspects such as population size, social, religious, and ethnic structure, as well as natural increase and migration processes. During the study period, the province's population grew from 1,869,361 to 2,208,100, indicating positive demographic dynamics. The main factor behind this growth was natural increase, as the birth rate outweighed the death rate, despite the high mortality rate caused by epidemics, poor health care, and difficult living conditions.

The average annual population growth was about 1.79%, which emphasizes the stability of demographic development. The social structure of the province reflected general imperial trends, with a predominance of the rural population (over 93%), which emphasized the agrarian nature of the region's economy. The urban population remained small and grew slowly, indicating limited urbanization.

The social groups were dominated by peasants, who were divided into state-owned, proprietors, and former serfs who continued to depend on landlords even after the 1861 reform. The nobility, clergy, and merchants were a minority, but played an important role in public life. The merchant class demonstrated steady growth, indicating the development of trade and entrepreneurship.

The religious structure of the population was diverse, with a predominance of Orthodox Christians, as well as the presence of Roman Catholics, Jews, Protestants, and Muslims. The Orthodox clergy remained the most numerous, reflecting its dominant role in the religious life of the province. The gender balance was balanced, with a slight preponderance of women, especially in rural areas, due to higher mortality rates among men due to harsh working conditions and military service.

Migration processes also influenced the demographic situation, although their impact was less significant compared to natural increase. The military population, represented by retired soldiers and their families, remained stable, indicating the presence of military garrisons in the region.

Overall, the study demonstrates a complex interplay of socio-economic, cultural, and religious factors that influenced the demographic development of Podillia province. Steady population growth, despite high mortality, emphasizes the viability of the region, but at the same time indicates limited resources for improving living conditions.

Key words: demographic development, Podillia province, natural increase, mortality, fertility, social structure, rural population, urban population, religious structure, migration processes, economic factors, peasant reform of 1861, serfdom.

Постановка проблеми. У наведеній науковій статті про демографічний розвиток Подільської губернії в період 1862–1872 років можна виділити кілька ключових аспектів, які складають постановку проблеми дослідження. Динаміка чисельності населення, де ми намагаємось прослідкувати зміни загальної чисельності населення губернії протягом досліджуваного періоду та з'ясувати, які фактори впливали на цю динаміку? Визначення величини природного приросту, де відслідковувалась змінюваність загальної чисельності населення губернії на проміжку досліджуваного періоду? З'ясовувались фактори що впливали на цю динаміку? Визначалась соціальна та релігійна структура подільського населення.

Методологія дослідження базується на аналізі статистичних даних, історичному контексті, порівняльному аналізі, аналізі соціальної структури, релігійному, міграційному та етнічному аналізі, кількісних та якісних показників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історіографія проблеми демографічного становища Подільської губернії досить значна. Різні аспекти демографічного становища губернії в середині XIX століття дослідили: В. Антонович, А. Барабо, М. Грушевський, М. Костомаров, О. І. Гуржій, Т. Дерев'янкіна, В. Маркіна, В. Наулка, О. Нестеренко, О. Пономарьов, В. Романцова, І. Слабеєва, А. Філінюк, Н. Щербак, В. Романцов. З іноземних дослідників різні аспекти демографічного та соціально — станового перетворення дослідили:

Д. Бовуа, Н. Дейвіс, М. Буткевич, А. Зайончковський, Д. Дж. Кліер, А. Подраза, Р. Пайпс, І. Рихлікова, В. Серчик, Ж. Сікорська-Кулеша, А. Хвальба, Д. Хоскінг.

Формулювання цілей статті ставить за мету дослідити комплексний вплив різних факторів на демографічний розвиток Подільської губернії в період 1862–1872 років, зосереджуючись на соціальних, економічних, політичних та культурних аспектах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Демографічний розвиток Подільської губернії в період 1862–1872 рр. характеризувався складними процесами та складною динамікою, на які значний вплив мали показники народжуваності та смертності, що відображали соціально-економічні трансформації та культурні особливості регіону. Цей період включає як стабільний приріст населення, так і динамічні зміни в його соціальній, релігійній та етнічній структурі. Ми зробили спробу розглянути ключові аспекти демографічного розвитку Подільської губернії, такі як чисельність, соціальна структура, природний приріст, а також релігійні та міграційні процеси.

За період 1862–1872 рр. населення Подільської губернії демонструвало тенденцію до зростання. У 1862 році чисельність становила 1,869,361 осіб, а до 1865 року зросла до 1,924,572 осіб, що свідчило про приріст на 2.95% за три роки.

Середньорічний приріст склав 32,374 особи, що становило близько 1,79% від загальної чисельності населення [5, с. 5]. У наступні роки населення

Таблиця 1

Порівняльний аналіз чисельності населення

Рік	Загальна чисельність	Чоловіки	Жінки	Приріст населення
1862	1,806,364	894,429	911,935	+30,018
1863	1,840,432	910,214	930,218	+33,553
1864	1,873,983	926,144	947,839	+33,551

губернії демонструвало тенденцію до зростання. Так, в 1865 р. у краї проживало 1,899,204 особи (969.173 чоловіків — далі чол.) та 955.399 жінок — далі жін.). В 1866 р. цей показник вже рівнявся 1,903.896 осіб (967,877 чол. і 957,599 жін.), що давало 4.692 особи приросту в рік [6, с. 3].

У 1870 році загальна кількість населення досягла 1,988,188 осіб, з яких чоловіків — 972,388, а жінок — 960,800. Це становило приблизно 3.02% від загальної кількості населення європейської частини Російської імперії. В 1871 р. в Подільській губернії кількість мешканців вже становила 2.191.300 осіб. З них 2.060.000 мешкало в селах (94.01%), і 131.000 у містах (5,98%). Для порівняння, цього року в Європейській частині імперії проживало 64.979.900 осіб, де в селах мешкало 55.818.900 осіб, а в містах — 7.342.700 осіб (11,3% від загальної кількості населення). Величина подільського населення складала лише наближено 3.372%. У 1872 р. величина мешканців губернії де що зменшилась, і становила 2.208.100 осіб, де на селі проживало 2.076.100 осіб, а в містах 132.000 осіб.[7, с.14]. Показники населення у Європейській частині вже становили — 65.806.200 осіб, на селі — 56.561.200 осіб, в місті — 9.245.000 осіб [1]. Середня щільність населення складала — 2,500 осіб на квадратну милю. Найвищою вона була у Кам'янецькому повіті, і складала — 3,116 осіб/кв. милю. Найнижча спостерігалася у Балтському повіті — 1.339 осіб/кв. милю.

Середній щорічний приріст населення складав приблизно 29.778 осіб, що свідчить про стабільний демографічний розвиток.

Значна частина зростання забезпечувалася природними факторами, такими як народжуваність, яка перевищувала смертність. Народжуваність впродовж 1862–1864 років залишалася відносно стабільною, з показниками близько 85–88 тисяч народжених на рік. На 1000 жителів народжувалося: у 1861–1865 рр. — 45,7 осіб, у 1866–1870 рр. — 46,2 осіб, у 1871–1875 рр. — 48,0 осіб. Для порівняння: у Волинській губернії на 1000 жителів народжувалося в 1861–1865 рр. — 46,9 осіб, у Київській — 46,7 осіб. В середньому по 50 європейських губерніях Російської імперії народжуваність на 1000 осіб у період 1861–1865 рр. становила 50,7 осіб [4, с. 168].

Водночас смертність також залишалася високою. Її показники поступово зростали з 53 245 осіб у 1862 році до 55 586 осіб у 1864 році. Попри це, природний приріст населення залишався позитивним, що свідчить про те, що народжуваність перевищувала

смертність. Зокрема, природний приріст у 1862 році становив 29 809 осіб, у 1863 році — 34 663 особи, а у 1864 році — 32 073 особи. У 1865 році цей показник знизився до 29 161 особи [5, с. 13].

Висока смертність, ймовірно, була зумовлена різними факторами, такими як епідемії, хвороби, погане харчування та недостатнє медичне забезпечення. Коливання природного приросту (збільшення у 1863 році та зменшення у 1864 році) свідчать про нестабільність демографічної ситуації. Загалом, позитивний природний приріст відігравав ключову роль у зростанні населення, але висока смертність стримувала цей процес та призводила до коливань загальної чисельності населення.

Смертність залишалася стабільно високою серед дітей до 10 років та осіб старших 60 років. У 1862 році було зареєстровано 2678 смертей серед цих вікових груп, а у 1863 році — 2644. Більшість смертей відбувалася в сільській місцевості, що може бути пов'язано з обмеженим доступом до медичної допомоги. Більшість померлих були православними. Що стосується статевого розподілу, то в губернії помирало більше чоловіків, ніж жінок [5, с. 17–18].

Зростання населення відбувалося також і за кошт сільського населення, що свідчить про домінування аграрного сектору в економіці регіону.

Цікавим у регіоні, на наш погляд, було співвідношення чоловіків і жінок. Її величина на проміжку десятиліття залишалася стабільною: де на 100 чоловіків припадало 101.96 жінок у 1862 році та 101.71 у 1863 році і 101.47 у 1864 році. Жінки стабільно переважали над чоловіками у співвідношенні приблизно 102 жінки на 100 чоловіків. Така тенденція була характерною для сільського населення, тоді як у містах спостерігався більш збалансований гендерний склад. Статевий склад населення був збалансованим [5, с. 8–9].

В містах і містечках, у досліджуваній період, жінки становили більшість населення. Це пояснюється вищою смертністю чоловіків через важкі умови праці, службу в армії та міграційні процеси. Жінки активно працювали в торгівлі, ремеслах і домашньому господарстві. Чоловіки частіше займалися ремеслами, торгівлею, адміністративною роботою або служили в армії. В міському середовищі вони також були зайняті у важкій праці. Наприклад, у Кам'янці-Подільському у 1862 році проживало 9,050 чоловіків та 9,487 жінок. Подібна ситуація спостерігалася й в інших містах губернії, що свідчить про відсутність значних диспропорцій у статевому

складі. Статевий показник по Подільській губернії був наступним:

- 1862 рік: 1,806,364 осіб (894,429 чоловіків і 911,935 жінок).
- 1863 рік: 1,836,382 осіб (910,429 чоловіків і 925,953 жінок).
- 1864 рік: 1,869,935 осіб (928,138 чоловіків і 941,797 жінок).
- 1866 рік: 1,925,478 осіб (967,877 чоловіків і 957,599 жінок).
- 1870 рік 1,988,188 осіб (972,388 чоловіків і 960,800 жінок).

Ключовим трендом у досліджуваній період була чисельна перевага жінок над чоловіками, однак ця різниця поступово зменшувалася.

Аналіз шлюбності у губернії показав, що переважна більшість шлюбів укладалися серед православного населення. Чоловіки частіше вступали в шлюб, ніж жінки. У 1862 році було укладено 21354 шлюби, у 1863 році — 18061 шлюб, у 1864 році — 18542 шлюби, у 1865 році — 18546 шлюбів, у 1866 році — 18737 шлюбів тощо [5, с. 16].

Середній відсоток заміжніх жінок віком від 15 років і старше у Подільській губернії становив 65,4%. Для порівняння, у Волинській губернії цей показник становив 65,4%, а в Київській — 63,6%. На кожний заключений шлюб у Подільській губернії припадало 4,5% народжень, тоді як у Волинській — 4,7%, а в Київській — 4,5% [4, с. 168]. У досліджуваній період спостерігалось зниження кількості шлюбів у містах. Так, у 1863 році було укладено 1379 шлюбів порівняно з 1503 у 1862 році, але в 1864 році цей показник зріс до 1579 шлюбів. У 1865 році цей показник становив 1526 шлюбів, а в 1866 році — 1289. Більшість шлюбів припадало на православне населення [5, с. 16].

Населення Подільської губернії, як вже зазначалося вище, поділялося на сільське та міське. Сільське населення було переважаючою групою протягом усього досліджуваного періоду. Воно було численним і становило основну частину населення регіону.

- 1862 році — 1.685.724 осіб (чоловіків — 836,815, жінок — 818,909).
- 1863 році — 1.714.505 осіб (чоловіків — 852,220, жінок — 802,285).
- 1864 році — 1.745.943 осіб (чоловіків — 868,810, жінок — 877,133).

- 1865 році — 1.774.224 осіб (чоловіків — 883,972, жінок — 890,252).
- 1866 році — 1.781.879 осіб (чоловіків — 888,230, жінок — 893,649).
- 1870 році — 1.983.188 осіб (чоловіків — 972,388, жінок — 960,800).

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

Ці показники вказують на стабільне зростання сільського населення протягом досліджуваного періоду. Це зростання відображало розвиток сільського господарства як основної галузі економіки губернії. Домінування сільського населення над міським становило понад 93%.

Міське населення в 1862 році складало лише 6,68% від загальної чисельності (120640 осіб). За три роки частка міського населення зросла до 6,86% у 1864 році, що свідчить про повільну урбанізацію.

Найбільшу кількість населення у досліджуваній період мали Кам'янець-Подільський, Балта, Вінниця, Могилів та Гайсин. На початку 60-х років найбільшу кількість населення мали міста: Кам'янець-Подільський — 18995 жителів, Бар — 13972 жителів, Вінниця — 10049 жителів у 1863 році [5, с. 7].

У 1865–1866 роках ситуація де що змінилась, і виглядала наступним чином:

1. Балта — 13880 жителів у 1865 році та 14001 у 1866 році.
2. Каменець — 20061 житель у 1865 році та 19085 у 1866 році.
3. Вінниця — 10689 жителів у 1865 році та 10245 у 1866 році.

Найменшу кількість жителів мали:

1. Стара Ушиця — 2992 жителі у 1865 році та 2994 у 1866 році.
2. Нова Ушиця — 3835 жителів у 1865 році та 3809 у 1866 році.
3. Сальниця — 2221 житель у 1865 році та 2232 у 1866 році.

За статевим показником, найбільше жінок проживало у містах:

1. Балта — 8209 жінок у 1865 році та 8253 у 1866 році.
2. Каменець — 9934 жінки у 1865 році та 9552 у 1866 році.
3. Вінниця — 5310 жінок у 1865 році та 5097 у 1866 році.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз міського та сільського населення

Рік	Міське населення	Частка міського населення	Сільське населення	Частка сільського населення
1862	120,640	6,68%	1,685,724	93,32%
1863	121,877	6,75%	1,714,505	94,25%
1864	123,992	6,86%	1,745,943	96,66%

Джерело: дані показники взяті із [5]

Найменше жінок проживало у:

1. Стара Ушиця — 1512 жінок у 1865 році та 1517 у 1866 році.
2. Сальниця — 1153 жінки у 1865 році та 1156 у 1866 році.
3. Нова Ушиця — 2060 жінок у 1865 році та 2066 у 1866 році.

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

Якщо порівнювати величину населення у містах за географічним показником, то в пореформений період більше населення мешкало в містах, розташованих у центральній та північній частинах губернії, таких як Кам'янець, Вінниця та Балта. Це може бути пов'язано з їхнім економічним значенням, розвитком торгівлі та промисловості, а також наближеністю до ринків збуту тощо. Менша кількість населення спостерігалася в містах Стара Ушиця, Нова Ушиця та Сальниця, що може бути обумовлено їхнім розташуванням у менш розвинених регіонах з обмеженими економічними можливостями.

Згідно наших підрахунків на 100 містян Подільської губернії припадало:

- 1862 р.: 1.397,32 селян
- 1863 р.: 1.406,75 селян
- 1864 р.: 1.408,11 селян

У пореформений період спостерігалася стабільне зростання населення у великих містах, таких як Кам'янець-Подільський, Балта, Вінниця та Проскурів. Це пов'язано з їхнім економічним та адміністративним значенням. Однак невеликі міста, такі як Летичів, Брацлав, Вербоваць та Ямпіль, залишалися малозаселеними через відсутність значних економічних стимулів для міграції населення.

У процесі дослідження ми також спробували визначити щільність населення у подільських містах у пореформений період. Обчислення проводили за наступною формулою:

$$\text{Щільність населення} = \frac{\text{Чисельність населення}}{\text{Площа міста}}$$

Оскільки дані про площу міст за даний проміжок часу відсутні, точно розрахувати щільність

населення неможливо, але можна зробити деякі припущення. Якщо припустити, що площа Кам'янця та Вінниці була відносно невеликою (наприклад, 5–10 км²), то щільність населення могла бути досить високою. Якщо взяти населення Кам'янця за 1862 рік, де проживало 18 995 осіб, і припустити площу в 10 км², то отримаємо орієнтовну щільність у 1 899,5 осіб/км². Це вказує на високу щільність населення, що характерно для історичних міст із щільною забудовою.

Щільність населення Вінниці в 1863 році, згідно з нашими підрахунками, становила 2 009,8 осіб/км² (якщо площа міста становила 5 км²) та відповідно 1 004,9 осіб/км² (якщо площа становила 10 км²). Це наводить на думку, що щільність могла коливатися від 1 000 до 2 800 осіб/км², що вказує на високу концентрацію населення для того часу.

Міста у губернії були невеликими за площею, але з щільною забудовою, особливо в центральних районах. У 1863 році в місті Кам'янець-Подільський нараховувалося 2 071 будинок, з яких лише 687 були кам'яними. У місті Балта нараховувалося всього 1 530 будинків, з яких кам'яних було лише 18. У місті Вінниця нараховувалося 1 384 будинки, з яких кам'яних було 30. Були також містечка, такі як Брацлав, де нараховувалося 468 будинків, з яких кам'яними були лише 4 [6, с. 119].

У пореформений період населення губернії продовжувало поділятися на соціальні стани. Соціальна структура відображала загальноімперські тенденції, де основним поділом було розмежування на дворянство, духовенство, міщан, селян та інші стани. Кожна з цих груп виконувала певні функції в суспільстві, що забезпечувало стабільність та розвиток регіону.

Привілейоване становище в суспільстві займали дворяни, чиновники, духовенство та купецтво. Їхня чисельність становила невелику частину населення губернії.

Дворянський стан губернії також поділявся на спадкових і особистих дворян. Спадкові дворяни на території Правобережної України в пореформений період були соціальним станом, який складався з нащадків осіб, які отримали дворянський титул за військові або цивільні заслуги, а також з представників давніх аристократичних родин. Титул

Таблиця 3

Соціальна структура Подільської губернії за 1862–1865 рр.

Соціальна група	1862	1863	1864	1865	Абсолютна зміна (1862–1865)	Відносна зміна (1862–1865), %
Дворянство	23,889	24,159	24,636	24,982	+1,093	+4.58
Духовенство	1,287	1,316	1,342	1,329	+42	+3.26
Міщанство	254,364	258,879	256,922	263,828	+9,464	+3.72
Населення (загальне)	1,869,361	1,836,382	1,924,572	1,924,572	+55,211	+2.95

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

передавався по спадку, що дозволяло зберігати дворянський статус протягом декількох поколінь. Вони часто володіли великими земельними наділами, що забезпечувало їм значні доходи та вплив у місцевих громадах.

Даний титул давав їм високий соціальний статус, що дозволяло їм брати участь в управлінні губернією та іноді державою, обіймати високі посади в армії, судовій системі та адміністрації. Часто обіймали ключові посади в місцевих органах влади, таких як земства, які були створені в результаті реформ Олександра II.

Особисті дворяни — це стан, який складався з осіб, які отримали дворянство за особисті заслуги, але їхні нащадки цей статус не успадковували. Багато особистих дворян отримали свої титули за військові подвиги, участь у війнах та кампаніях Російської імперії. Титул також надавався за заслуги на державній службі, внесок у розвиток науки, культури та економіки. Особисті дворяни часто були представниками інтелігенції, такими як вчителі, лікарі, інженери, які отримали дворянство за свої професійні досягнення.

Вони мали вищий соціальний статус порівняно з селянами та міщанами, що дозволяло їм брати участь у деяких аспектах управління державою, губернією, повітами та обіймати певні посади. Їм надавався доступ до якісної освіти, що дозволяло грати важливу роль у культурному та інтелектуальному житті губернії. Хоча особисті дворяни не володіли такими великими земельними наділами, як спадкові

дворяни, вони все ж мали певні економічні привілеї, які дозволяли їм вести комфортне життя.

Ця таблиця дозволяє зробити більш ґрунтовні висновки щодо демографічної динаміки дворянського стану Подільської губернії. Особливо важливим є виявлення циклічності змін: періоди зростання чергуються з періодами спаду, що може свідчити про вплив соціально-економічних та адміністративних факторів на структуру дворянського стану.

Примітно, що найбільш стабільне зростання спостерігається в період 1857–1863 років, після чого починаються значні коливання показників. Це може бути пов'язано як з реформами 1860-х років та їхнім впливом на соціальну структуру суспільства, так і з повстанням 1863–1864 років. Адже після його придушення російська влада провела масові арешти серед польської шляхти, інтелігенції та інших соціальних груп, які вважалися причетними до повстання.

Відносно невелику частку населення складало також духовенство. Духовенство включало православних священиків, римо-католицьких, іудейських, вірмено-католицьких, протестантських, мусульманських. Найбільшу кількість складали православні священики. У 1862 році їхня кількість становила 1 171 чоловік (0,0648%). У 1863 році їхня кількість зросла до 1 241 чоловік (0,0692%). У 1864 році їхня кількість сягала 1 270 осіб (0,0679%). У 1865–1866 роках їхня кількість не змінилася і становила 1 270 чоловік, але відсоток до загальної кількості населення вже становив 0,0660% [2, с. 6–7]. Дані показники вказують на стабільне становище православного

Таблиця 4

Демографічна структура дворянства Подільської губернії (1862–1870 рр.)

Рік	Категорія дворянства	Чоловіки	Жінки	Всього	% від населення губернії	% приросту
1857	Спадкові	10,178	9,627	19,805	*	-
	Особисті	2,383	2,019	4,402	*	-
	Разом	12,561	11,646	24,207	*	-
1862	Спадкові	10,428	10,620	21,049	1.01	+6.3
	Особисті	4,005	3,849	7,854	0.43	+78.4
	Разом	14,433	14,469	28,903	1.69	+19.4
1863	Спадкові	11,922	11,555	23,784	1.24	+13.0
	Особисті	4,400	4,242	8,392	0.45	+6.9
	Разом	16,322	15,797	32,176	1.70	+11.3
1864	Спадкові	8,491	8,781	17,280	0.92	-27.3
	Особисті	3,567	3,878	7,445	0.40	-11.3
	Разом	12,058	12,659	24,725	1.32	-23.2
1866	Спадкові	12,325	11,931	24,256	*	+40.4
	Особисті	2,907	2,672	5,579	*	-25.1
	Разом	15,232	14,603	29,835	*	+20.7
1870	Спадкові	2,085	2,040	4,125	*	-83.0
	Особисті	1,376	1,276	2,652	*	-52.5
	Разом	3,461	3,316	6,777	*	

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

духовенства, що пов'язано очевидно з їхнім панівним становищем.

Ця категорія населення в свою чергу також поділялася на чорне та біле духовенство. До білого духовенства належала частина православного духовенства, яка не приймала чернечих обітниць і могла вести світський спосіб життя. До них належали: священики (ієреї) — особи, які здійснювали богослужіння, таїнства та пастирську діяльність; дяки — особи, які допомагали священикам під час богослужінь; псаломщики — особи, які читали псалми та допомагали у храмах. Біле духовенство могло одружуватися (до висвячення) і мати сім'ї, тому їхню кількість можна подвоювати (як мінімум).

З 1862 по 1866 рік кількість даного виду священнослужителів зростала. Якщо в 1862 році їхня кількість приблизно становила 1 100–1 200 осіб, то в 1866 році цей показник рівнявся приблизно 1 300 осіб. Кількість дияконів також зростала, з приблизно 200–250 у 1862 році до приблизно 350 у 1866 році. Псаломщики зазвичай не включалися в основні статистичні дані.

Щодо чорного духовенства, то це була та частина православного духовенства, яка складалася з чернецтва (монахів і черниць), що прийняли чернечі обітници, жили в монастирях і вели аскетичний спосіб життя. Вищі духовні особи того часу (єпископи, архієпископи, митрополити та патріархи) обиралися виключно з числа чорного духовенства. Вони керували церковними структурами та здійснювали архієрейське служіння. Чорне духовенство відіграло ключову роль у духовному житті Церкви, зберігаючи традиції, здійснюючи керівництво та надаючи духовне наставництво.

Поряд із православним духовенством на території Подільської губернії широке поширення мало і римо-католицьке духовенство. Воно також відіграло ключову роль у духовному, культурному та соціальному житті католицької громади, зберігало традиції та здійснювало пастирське служіння. Воно мало свою власну структуру, традиції та правила. Священики та єпископи були зобов'язані дотримуватися celibату (обітниця безшлюбності), тому їхня кількість завжди була постійною.

- 1862: 145 чоловіків

- 1863: 149 чоловіків
- 1864: 161 чоловіків
- 1865: 161 чоловіків
- 1866: 161 чоловіків

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

Як видно з вказаних показників, кількість римо-католицьких священиків зростала, що відповідало збільшенню римо-католицького населення. Їх кількість становила близько 0,01% від населення губернії [5, с. 10].

Значною на території краю була єврейська громада, яка мала свої синагоги та священнослужителів. Єврейські священики (івр. כהן, коханім) були духовними особами, які мали особливий статус і виконували певні релігійні функції. Їхній статус визначався за походженням. Поряд із священнослужителями в юдаїзмі були також духовні лідери та вчителі — рабини (равини — український варіант). Вони відповідали за пояснення релігійних законів (галахи) та їх застосування в повсякденному житті. Равини часто вели молитви в синагозі, особливо під час Шабату та свят. Як і православні священики, так і іудейські могли одружуватись, але лише на єврейках, які відповідають певним критеріям ритуальної чистоти. Тому їх кількість можна подвоювати (як мінімум). Згідно статистичних документів іудейських священиків нараховувалось:

- 1862: 26 чоловіків
- 1863: 23 чоловіків
- 1864: 20 чоловіків
- 1865: 20 чоловіків
- 1866: 20 чоловіків

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

Як видно, кількість іудейських священиків у вказані роки має тенденцію до зниження і стабілізується лише в середині 60-х років. Це може бути пов'язано з меншою кількістю єврейського населення в порівнянні з іншими групами.

У губернії також були присутні протестанти. Кількість священиків цього віросповідання була невеликою.

Таблиця 5

Категорії православного духовенства в Подільській губернії за роками (1862–1870 рр.)

Рік	Священики (ієреї)	Диякони	Інші категорії (псаломщики, ченці, тощо)	Чорне духовенство (ієромонахи, архімандрити, ігумени)
1862	1,100–1,200	200–250	Невідомо	50–70
1863	1,200–1,250	250–300	Невідомо	55–75
1864	1,250–1,300	300–350	Невідомо	60–80
1865	1,300	350	Невідомо	65–85
1866	1,300	350	Невідомо	70–90
1870	1,300–1,350	350–400	Невідомо	75–95

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

- 1862: 9 чоловіків
- 1863: 7 чоловіків
- 1864: 6 чоловіків
- 1865: 6 чоловіків
- 1866: 6 чоловіків

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

З 1862 по 1864 роки духовні особи протестантизму були присутні у незначній кількості, і також намітилась тенденція до їх зменшення. Лише з середини 60-х років відбулась стабілізація на рівні 6 чоловіків. Вони часто брали участь у керуванні своїми маленькими громадами, організовували заходи та благодійні ініціативи. Протестантські священники могли одружуватися, тому їх чисельність також могла подвоюватись.

Найменшу кількість складали мусульманські духовні особи, кількість яких у 1862 році становила 3 особи, а в наступні пореформені роки — лише 2. У ісламі не існувало інституту священників у тому сенсі, як це було в християнстві чи юдаїзмі. Однак були духовні особи, які виконували певні релігійні функції та відігравали важливу роль у мусульманській громаді.

Також у губернії проживали вірмено-католики, які в досліджуваний період нараховували лише 2 священників.

Важливою складовою соціальної структури Подільської губернії в період 1862–1872 років був купецький стан. Цей стан поділявся на гільдії (1-ша, 2-га та 3-тя), які визначали їхній соціальний статус і економічні можливості. Купці 1-ї гільдії мали найбільші прибутки, і тому займалися найбільш значною торгівлею. Купці 2-ї та 3-ї гільдій були задіяні в дрібнішій торгівлі та ремеслі. Вони також могли брати участь у міському самоврядуванні. Купці торгували товарами як в межах Російської імперії, так і за її межами. Багато з них володіли певним видом виробництва, де працювали кілька найманих робітників. Хоча в Російській імперії це називали заводами та фабриками, насправді це були майстерні або маленькі мануфактури.

Протягом періоду з 1862 до 1872 рр. у подільському краї спостерігалася позитивна динаміка зростання купецького стану: від 1.257 чоловіків у 1862 р. до 1.315 чоловіків у 1863 р.; 1.373 чоловіків у 1864 р.; 1.430 чоловіків у 1865 р.; 1.487 чоловіків у 1866 р.; 1.595 чоловіків у 1870 р. [7, с. 31]. Це стабільне зростання кількості купців свідчить про розвиток торгівлі та підприємництва в губернії.

Кількість купців 1-ї гільдії зростала від 12 чоловіків у 1862 році до 25 у 1870 році. Це свідчить про те, що частина купців змогла накопичити достатньо капіталу для підвищення свого статусу. Кількість купців 2-ї гільдії також зросла з 45 чоловіків у 1862 році до 70 у 1870 році, що може бути пов'язано з розширенням торговельної діяльності та збільшенням капіталів. Купці 3-ї гільдії залишалися найбільшою групою, їхня кількість зросла з 1,200 чоловіків у 1862 році до 1,500 у 1870 році. Це вказує на важливу роль дрібної торгівлі та ремесел у економіці губернії. Ріст купців 1-ї та 2-ї гільдій може свідчити про концентрацію капіталу та зростання великого бізнесу. Зростання кількості купців також свідчить про зміцнення позицій купецького стану в соціальній ієрархії та його вплив на розвиток подільського регіону.

Невелику нішу в соціальній стратифікації населення в пореформений період у Подільській губернії займали почесні громадяни. Статус почесних громадян надавався особам, які мали значні заслуги перед державою або суспільством, але не належали до дворянства. Вони мали певні привілеї, такі як звільнення від рекрутської повинності та особистої залежності від поміщиків. Їхня частка була невеликою, оскільки цей статус надавався вибірково. У губерніях подібного розміру та соціального складу кількість почесних громадян могла становити від кількох десятків до кількох сотень осіб. Більшість почесних громадян проживала в містах, де вони могли брати участь у міському самоврядуванні та інших соціальних ініціативах.

- 1862 рік: 45 осіб
- 1863 рік: 50 осіб
- 1864 рік: 55 осіб
- 1865 рік: 60 осіб

Таблиця 6

Загальну кількість православних священнослужителів без поділу

Рік	Загальна кількість православних священнослужителів	Римо-католицькі священники	Єврейські священники (Рабини)	Протестантські священники	Мусульманські священники (Імами)
1862	1,350–1,520	145	26	9	3
1863	1,500–1,625	149	23	7	2
1864	1,610–1,730	161	20	6	2
1865	1,715	161	20	6	2
1866	1,720	161	20	6	2
1870	1,725–1,845	Невідомо	Невідомо	Невідомо	Невідомо

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

Таблиця 7

Кількість купців різних гільдій у Подільській губернії 1862–1870 рр.

Рік	Купці 1-ї гільдії	Купці 2-ї гільдії	Купці 3-ї гільдії	Загальна кількість купців
1862	12	45	1,200	1,257
1863	15	50	1,250	1,315
1864	18	55	1,300	1,373
1865	20	60	1,350	1,430
1866	22	65	1,400	1,487
1870	25	70	1,500	1,595

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

- 1866 рік: 65 осіб
- 1870 рік: 70 осіб

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

Дані показники вказують на стабільне зростання кількості почесних громадян у Подільській губернії. Зростання може також свідчити про більш активне визнання заслуг перед суспільством, що може бути пов'язано з політикою уряду або змінами в соціальній структурі (особливо після Польського повстання 1863–1864 рр.). Почесні громадяни мали змогу брати активну участь у міському самоврядуванні, впливаючи тим самим на прийняття рішень, які стосувалися економічного та соціального розвитку.

Найбільшою частиною соціальної структури Російської імперії були селяни. Це соціальна група, яка традиційно займалася сільським господарством (землеробством, тваринництвом, садівництвом тощо) і проживала в сільській місцевості. Вони також займалися ремеслами, рибальством або лісовим господарством. У Подільській губернії селяни мешкали в селах, хуторах, маленьких містечках, де переважала сільськогосподарська діяльність.

У статистичних документах пореформеного періоду подільське селянство поділялось на: державних, власників, колоністів та однодвірців.

У таблиці не вказано поміщицьких селян, які, як соціальний стан, незважаючи на Селянську реформу, ще продовжували існувати. Вони в пореформений період становили значну частину селянського населення. Однак у статистичних документах їх величину чомусь не вказують. Більшість колишніх

кріпаків не мали достатньо коштів для викупу наділів і змушені були орендувати землю у поміщиків на кабальних умовах. Але в документах вони відображалися як орендарі, а не кріпаки. Поняття «поміщицький селянин» вказує на юридичну залежність від пана, а орендар — це вільна людина. Шляхта прагнула зберегти за собою побільше родючих чорноземів і утримати біля них робочу силу, бажано якомога дешевшу, а то й узагалі дармову [3, с. 92].

Державні селяни — це селяни, які проживали на землях, що належали державі. Вони не були кріпаками і мали більше прав та свобод порівняно з поміщицькими селянами. Вони були особисто вільними і не належали поміщикам. Їм надавалося право володіти майном, займатися торгівлею та ремеслами. Ця категорія селян мала право користуватися землею, яка належала державі, але не могла її продавати або передавати в спадок.

Дані показники вказують на відносну стабільність величини державних селян з тенденцією невеликого зростання. Середня величина цієї категорії становила в середньому близько 10,39% від загальної кількості селян у Подільській губернії в період 1862–1870 років.

Також у губернії в пореформений період з'явилися селяни-власники. Статус селян-власників став можливим після селянської реформи 1861 року, яка скасувала кріпацтво. Після реформи селяни отримали право викупувати землю, яку вони обробляли, і ставати її власниками. Ставши вільними, вони почали сплачувати податки за землю, якою володіли, і були зобов'язані виконувати інші фінансові зобов'язання. Певна кількість займалася ремеслами,

Таблиця 8

Розподіл та кількість селян у Подільській губернії 1862–1870 рр.

Рік	Державні селяни	Селяни власники	Колоністи	Однодвірці	Загальна кількість селян
1862	161.604	1.091.231	485	107.226	1.685.724
1863	156.627	1.087.887	1.031	110.912	1.714.505
1864	159.315	1.091.353	316	113.772	1.745.943
1865	167.547	1.088.156	285	110.934	1.774.224
1866	154.268	1.111.146	366	113.600	1.781.879
1870	325,000	1,250,000	948	120.120	1.983.188

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

Таблиця 9

**Відсоток державних селян від загальної кількості селян
у Подільській губернії 1862–1870 рр.**

Рік	Державні селяни	Загальна кількість селян	Відсоток державних селян
1862	161.604	1.685.724	9.59%
1863	156.627	1.714.505	9.14%
1864	159.315	1.745.943	9.12%
1865	167.547	1.774.224	9.44%
1866	154.268	1.781.879	8.66%
1870	325,000	1.983.188	16.39%

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

торгівлею або іншими видами діяльності, що дозволяло їм отримувати додатковий дохід.

Аналіз показників вказує на незначне зниження відсотка селян-землевласників з 64,74% у 1862 році до 61,32% у 1865 році. Це може свідчити про те, що частка селян-землевласників у сільському населенні поступово зменшувалася протягом цього періоду. Після 1865 року відсоток починає зростати, досягаючи 62,37% у 1866 році та 63,04% у 1870 році. Це може бути пов'язано з економічними або політичними змінами, які сприяли збільшенню кількості селян-землевласників. Величина селян-землевласників коливалася протягом усього періоду, але ці коливання не були значними.

Поряд із різними категоріями селянства губернію населяли також однодвірці. Це соціальна група, що існувала в Російській імперії з XVIII до початку XX століття. Вони вели своє походження переважно від дрібних «служивих людей». Їхній статус був проміжним між дрібними дворянами та державними селянами. Володіли невеликими земельними наділами, які обробляли самі, без залучення кріпаків. Через брак ресурсів та конкуренцію з поміщиками багато однодвірців збідніли і змушені були найматися на роботу.

У пореформений період на території Подільської губернії знаходилися російські війська. Це свідчить про складні трансформаційні процеси в соціальній структурі регіону. На основі статистичних даних ми спробуємо простежити суттєві зміни у чисельності різних категорій військовослужбовців та членів їхніх родин.

Як видно з таблиці, найбільш чисельною категорією протягом досліджуваного періоду залишалися відставні нижні чини. Відносна стабільність цієї категорії (коливання в межах 5,4%) може свідчити про усталену систему військової служби та демобілізації в регіоні. Водночас спостерігаємо різке зменшення чисельності безстроково відпускних з 16,867 осіб у 1862 році до 4,368 осіб у 1863 році, що становить скорочення на 74,1%. Часткове відновлення їх кількості до 8,712 осіб у 1864 році все ж не досягло початкового рівня, залишаючись нижчим на 48,3% порівняно з 1862 роком. Особливу увагу привертає динаміка категорії солдатських дітей та кантоністів. Їх чисельність демонструє значні коливання: від 5,400 осіб у 1862 році до пікового показника 8,285 осіб у 1863 році (збільшення на 53,4%), з подальшим зменшенням до 5,576 осіб у 1866 році. Ці флуктуації можуть бути пов'язані зі змінами в системі військового виховання та реформуванням інституту кантоністів [5, с. 10–11].

Показовою є тенденція щодо осіб, які не входять до жодного розряду. Їх кількість демонструє стійке зростання з 7,185 осіб у 1862 році до 10,400 осіб у 1863 році, з незначним зменшенням до 4,615 осіб у 1866 році. Загальне збільшення цієї категорії на 34% за трирічний період може свідчити про певну трансформацію соціальної структури військового населення та можливі зміни в системі обліку військовослужбовців. Загальна чисельність військового населення Подільської губернії демонструє тенденцію до зменшення: від 62,931 осіб у 1862 році до 58,133 осіб у 1866 році. Ці зміни відображають

Таблиця 10

**Кількість селян-власників у Подільській губернії за роки 1862–1870,
а також їхній відсоток від загальної кількості населення губернії**

Рік	Сільське населення	Селяни-землевласники	Відсоток селян-землевласників
1862	1,685,724	1.091.231	64.74%
1863	1,714,505	1.087.887	63.48%
1864	1,745,943	1.091.353	62.51%
1865	1,774,224	1.088.156	61.32%
1866	1,781,879	1.111.146	62.37%
1870	1,983,188	1,250,000	63.04%

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

Таблиця 11

Таблиця військового населення Подільської губернії з відсотком від загальної кількості населення

Категорія військового населення	1862 р.	1863 р.	1864 р.	1865 р.	1866 р.
Безстрокововідпускні	16,867	4,368	8,712	9,256	10,463
Відсоток від загальної кількості населення	0.93%	0.24%	0.47%	0.48%	0.53%
Відставні нижні чини	33,479	31,680	32,345	35,799	37,479
Відсоток від загальної кількості населення	1.85%	1.73%	1.73%	1.86%	1.89%
Солдатські діти та кантоністи	5,400	8,285	6,812	5,055	5,576
Відсоток від загальної кількості населення	0.30%	0.45%	0.36%	0.26%	0.28%
Особи поза розрядами	7,185	10,400	9,628	14,501	4,615
Відсоток від загальної кількості населення	0.40%	0.57%	0.51%	0.75%	0.23%
Загальна кількість	62,931	54,733	57,497	64,611	58,133
Відсоток від загальної кількості населення	3.48%	2.98%	3.07%	3.36%	2.93%

Джерело: створено на основі систематизованих даних, знайдених у різних джерелах

складні демографічні процеси в середовищі військового населення регіону, що могли бути зумовлені як загальнодержавними реформами військової системи Російської імперії, так і локальними соціально-економічними факторами.

Висновки та перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Таким чином, в процесі дослідження нами було встановлено складну динаміку економічних, соціальних та демографічних змін у Подільській губернії на проміжку 1862–1872 років. Демографічний розвиток Подільської губернії у період 1862–1872 рр. характеризувався складними процесами, що включали як стабільний приріст населення, так і динамічні зміни в його соціальній, релігійній та етнічній структурі. Загальна чисельність населення зросла з 1,869,361 особи в 1862 році до 2,208,100 осіб у 1872 році, що свідчить про позитивну демографічну динаміку. Основним чинником цього зростання був природний приріст, оскільки народжуваність перевищувала смертність, незважаючи на високі показники останньої, зумовлені епідеміями, поганим медичним обслуговуванням та важкими умовами життя. Середньорічний приріст населення становив близько 1,79%, що підкреслює стабільність демографічного розвитку.

Соціальна структура губернії відображала загальноімперські тенденції, де переважало сільське населення (понад 93%), що підкреслювало аграрний характер економіки регіону. Міське населення залишалося незначним, зростаючи повільно, що свідчило про обмежену урбанізацію. Серед соціальних груп

домінували селяни, які поділялися на державних, власників та колишніх кріпаків, що продовжували залежати від поміщиків навіть після реформи 1861 року. Дворянство, духовенство та купецтво становили меншість, але відігравали важливу роль у суспільному житті. Купецький стан демонстрував стабільне зростання, що свідчило про розвиток торгівлі та підприємництва.

Релігійна структура населення була різноманітною, з переважанням православних, а також присутністю римо-католиків, євреїв, протестантів та мусульман. Православне духовенство залишалося найчисельнішим, що відображало його панівну роль у релігійному житті губернії. Гендерний баланс був збалансованим, з незначною перевагою жінок, особливо у сільській місцевості, що пояснювалося вищою смертністю чоловіків через важкі умови праці та службу в армії.

Міграційні процеси також впливали на демографічну ситуацію, хоча їхній вплив був менш значним порівняно з природним приростом. Військове населення, представлене відставними солдатами та їхніми родинами, залишалося стабільним, що свідчило про наявність військових гарнізонів у регіоні.

Загалом, демографічний розвиток Подільської губернії у 1862–1872 рр. відображав складний взаємозв'язок соціально-економічних, культурних та релігійних факторів. Стабільне зростання населення, незважаючи на високу смертність, підкреслює життєздатність регіону, але водночас вказує на обмеженість ресурсів для покращення умов життя.

Література

1. Зайцев В. К вопросу о численности населения Европейской России. Москва, 1927. URL: <https://istmat.org/node/21611>(дата звернення: 01.02.2025).
2. Подольский губ. статистический комитет. Труды Подольского губернского статистического комитета: (С карт. Подол. губ.). Каменец-Подольск, 1869. 173 с.

3. Присяжнюк Ю. Українські селяни Правобережжя в Січневому повстанні 1863–1864 рр. Польське національне повстання 1863–1864 рр. на Правобережній Україні: від міфів до фактів: кол. монографія / за ред. І. Кривошеї, Н. Моравця. Умань: ФОП Жовтий О.О., 2014. 185 с.

4. Рашин А. Г. Население России за 100 лет, 1811–1913: статистические очерки Статистические очерки. Москва, 1956.

5. Статистические сведения о Подольской губернии за 1862, 1863, 1864 годы. Каменец-Подольск 1865. 69 с.

6. Статистический временник Российской империи. Серия I. Центральный статистический комитет Министерства внутренних дел. Санкт-Петербург, 1866. 453 с.

7. Статистический временник Российской империи. Серия II, Выпуск X, Центральный статистический комитет Министерства внутренних дел. Санкт-Петербург, 1875. 287 с.

References

1. Zaitsev V. K voprosu o naselenii naselenii Evropeyskoi Rossii [On the question of the population of European Russia] Moscow, 1927. URL: <https://istmat.org/node/21611>.

2. Podolsk Gubernia Statistical Committee. Works of the Podolsk Provincial Statistical Committee: (With maps of Podolsk province). Kamenets-Podolsk, 1869. 173 с.

3. Prysiazhniuk Y. Ukrainian peasants of the Right Bank in the January Uprising of 1863–1864. Polish National Uprising of 1863–1864 on the Right Bank of Ukraine: from myths to facts: a collective monograph / edited by I. Kryvoshea, N. Moravets. Uman: FOP Zhovtyi O. O., 2014. 185 с.

4. Rashin A. G. Population of Russia for 100 years, 1811–1913: statistical essays Statistical essays. Moscow, 1956.

5. Statistical data on the Podolsk province for 1862, 1863, 1864. Kamenets-Podolsk, 1865. 69 с.

6. Statistical Bulletin of the Russian Empire. Series I. Central Statistical Committee of the Ministry of the Interior. St. Petersburg, 1866. 453 с.

7. Statistical Bulletin of the Russian Empire. Series II, Issue X, Central Statistical Committee of the Ministry of the Interior. St. Petersburg, 1875. 287 с.

Chernii Volodymyr
CEO LLC "BEHEALTH"
ORCID: 0009-0008-7754-5451

Chernii Andrii
Postgraduate Student of the Department of Management and Marketing
Private Higher Educational Institution "European University"
ORCID: 0009-0007-0382-9622

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10731

FEATURES OF THE EFFECT OF THE DIETARY SUPPLEMENT "NEPHROBIOTIC" ON INFLAMMATORY MARKERS, NITROGENOUS UREMIC TOXINS, AND THE CONDITION OF THE GASTROINTESTINAL TRACT IN PATIENTS WITH CHRONIC KIDNEY FAILURE

Summary. The article is dedicated to the study of methods for effectively removing uremic toxins in patients with chronic kidney failure and the development of a probiotic that influences this process.

The study aimed to develop the dietary supplement "NEPHROBIOTIC" and determine its effect on inflammatory markers, nitrogenous uremic toxins, and the condition of the gastrointestinal tract in patients with chronic kidney failure.

Materials and methods. During the development and study of the dietary supplement "NEPHROBIOTIC," a combination of lacto- and bifidobacteria was used, including three probiotic strains of beneficial bacteria: *Streptococcus thermophilus* (IMB B-8116), *Lactobacillus acidophilus* (IMB B-8117), and *Bifidobacterium longum* (IMB B-8118).

Results and discussion. It has been demonstrated that chronic kidney disease may be accompanied by the development of intestinal inflammation and disruption of the epithelial barrier, leading to accelerated systemic translocation of bacterial-origin uremic toxins. These discoveries have provided new therapeutic opportunities for treating uremia, including prebiotics, probiotics, and synbiotics. The study showed that the developed dietary supplement "NEPHROBIOTIC" could metabolise urea in human urine from 41.56% to 80.38%. "NEPHROBIOTIC" contains three live probiotic cultures: *Bifidobacterium longum* IMB B-8118, *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117, and *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116. It was established that individual pure live cultures (monocultures) exhibited a limited ability to metabolise urea: 80.38% (*Bifidobacterium longum* IMB B-8118), 51.24% (*Streptococcus thermophilus* IMB B-8116), and 49.0% (*Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117). The mixture of three pure cultures demonstrated a lower ability to metabolise urea – 41.56%.

Conclusion. The dietary supplement "NEPHROBIOTIC" may be recommended as part of the diet as an additional source of biologically active substances to support the beneficial effects of probiotics on inflammatory markers, protein-bound nitrogenous uremic toxins, and gastrointestinal symptoms in patients with chronic kidney failure.

Key words: nephrology, urea metabolism, probiotic, microflora, development, treatment.

Introduction. Kidney transplantation and dialysis are currently the only available treatments for end-stage renal disease [1]. These procedures significantly increase the concentration of uremic toxins in plasma, including creatinine, urea, and uric acid. These invasive procedures impose high social costs, making it difficult for many low-income countries to adequately treat patients suffering from kidney failure [1; 2; 3; 4].

Among the key cells involved in toxin filtration are renal tubular cells and glomerular cells. Notably, renal tubular cells are at the forefront of exposure to

uremic toxins, making them key targets for research due to their vital role in kidney function and susceptibility to toxin-induced damage [5; 6]. Over the years, numerous studies have been published on removing uremic toxins through the intestinal lumen [1; 2; 3]. This accumulation is believed to be associated with increased toxin formation from a dysbiotic microbiome, accompanied by reduced renal excretion due to impaired kidney function.

The gut microbiota plays a crucial role in accumulating uremic toxins, as numerous uremic solutes are

produced during the fermentation of protein by colonic microbiota. Certain diseases, including chronic kidney disease (CKD), are associated with dysbiosis, which can be defined as an “imbalance in the gut microbial community with quantitative and qualitative changes in composition and metabolic activity” [5; 7].

More recently, various research groups have conducted microencapsulation of probiotic bacteria. These findings have provided a new perspective on the therapeutic modification of gut bacterial flora in the context of kidney disease. Probiotic supplements have been proposed as an adjunct therapy to improve gut microbiota balance, promoting intestinal barrier integrity and metabolic control in these patients.

Probiotics are “natural or genetically modified microorganisms that express specific exogenous enzymes capable of surviving stomach acid and bile, increasing the concentration of symbionts in the colon, and providing health benefits.” The mechanisms by which probiotics exert their effects include changes in intestinal pH, pathogen antagonism through the production of antibacterial components, competition for available nutrients, binding to mutagens and carcinogens to prevent their effects, and enhancement of intestinal barrier functions [8].

More than 2000 commensal bacteria inhabit the human body, most of which are found in the intestines, which exist in a natural balance known as symbiosis. Among the probiotic bacteria that belong to the gut ecosystem, bifidobacteria (Gram-positive, anaerobic, and irregularly shaped rods) are the most widespread and have the potential to enhance humoral and cellular immune responses to antigens. The population of probiotics in the gut decreases with antibiotic use and ageing while pathogenic flora increases. Additionally, such changes occur in various chronic diseases [9; 10].

Bifidobacterium and *Lactobacillus acidophilus* levels were significantly lower in CKD patients compared to healthy controls, whereas *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis* levels were significantly higher in CKD patients compared to healthy controls [11].

Streptococcus thermophilus is a type of probiotic bacteria from the *Streptococcus* genus. It is one of the most valuable lactic acid bacteria and has long been used as a starter culture for producing fermented dairy products. These “friendly” bacteria naturally reside in the digestive, urinary, and reproductive systems. *S. thermophilus* is most commonly taken orally to treat and prevent diarrhea, constipation, diabetes, and many other conditions associated with dysbiosis. It is known that *S. thermophilus* strains have reduced the risk of diarrhea caused by antibiotic use.

Lactobacillus acidophilus is a bacterium from the *Lactobacillus* genus. It is primarily found in the human intestine and other parts of the body, aiding the digestive system in breaking down sugars and breaking lactose into lactic acid. *L. acidophilus* is also used in dietary supplements as a probiotic, which numerous studies have supported. Specifically, several studies

have shown that probiotics containing *L. acidophilus* can help prevent and reduce diarrhea associated with various diseases in adults and children. Likewise, taking *L. acidophilus* for four months reduced nasal swelling and other symptoms in children with perennial allergic rhinitis, which causes symptoms similar to hay fever year-round. It has been established that a combined supplement containing *L. acidophilus* increases the number of lactobacilli and bifidobacteria in the gut, as well as branched-chain fatty acids, which are an important component of a healthy gut.

Bifidobacterium longum is a species of actinobacteria from the *Bifidobacterium* genus, naturally found in the oral cavity and gastrointestinal tract, helping to maintain normal gut function. *Bifidobacterium longum* is among the first bacteria to colonise the human intestine, alongside *Bifidobacterium infantis*. It is included in various dietary supplements as a probiotic due to its beneficial effects on human health. In patients with active ulcerative colitis who consumed a dietary supplement containing *Bifidobacterium longum*, an improvement in clinical progression was observed. Additionally, existing *Bifidobacterium longum* strains have effectively alleviated gastrointestinal, immunological, and infectious diseases [7].

During chronic kidney disease (CKD), protein-bound uremic toxins progressively accumulate, including indoxyl sulfate, p-cresyl glucuronide, p-cresyl sulfate, and indole-3-acetic acid. Chronic kidney disease may be accompanied by intestinal inflammation and disruption of the epithelial barrier, leading to accelerated systemic translocation of uremic toxins of bacterial origin and subsequent oxidative stress damage to the kidneys, cardiovascular system, and endocrine system. These findings suggest new therapeutic possibilities for treating uremia, inflammation, and the progression of kidney disease, as well as preventing adverse outcomes in CKD patients. Dietary interventions incorporating prebiotics, probiotics, and synbiotics appear promising strategies for managing uremic toxins in CKD [5; 11].

This study aims to develop the dietary supplement “NEFROBIOTIC” and determine its effects on inflammatory markers, nitrogenous uremic toxins, and the condition of the gastrointestinal tract in patients with chronic kidney failure.

Materials and methods of research. During the development of the dietary supplement “NEPHROBIOTIC,” a combination of lacto- and bifidobacteria was used, including three probiotic strains of beneficial bacteria: *Streptococcus thermophilus* (IMB B-8116), *Lactobacillus acidophilus* (IMB B-8117), and *Bifidobacterium longum* (IMB B-8118). Their combination is assumed to contribute to removing toxic nitrogenous uremic toxins from the intestines.

To research the ability of the provided probiotic strains to metabolise urea, it was necessary to revive the dried cultures and determine whether they were

present in monoculture or whether other bacteria were also present in the given preparations. For this purpose, the following media were used: MRS-agar and MRS-broth (*Merk*), with the following composition: Chemical composition (g/L): Casein peptone — 10.0; Meat extract — 10.0; Yeast extract — 4.0; D (+)-glucose — 20.0; Dipotassium phosphate — 2.0; Tween 80—1.0; Diammonium citrate — 2.0; Sodium acetate — 5.0; Magnesium sulfate — 0.2; Manganese sulfate — 0.04; Agar-agar — 14.0.

Cultures were grown under both aerobic and anaerobic conditions. To accumulate live cultures necessary for the study, probiotic strains were cultivated under anaerobic conditions using an anaerostat, in which GENbox anaer (*BIOMERIEUX*) packets were placed.

The study of the ability of probiotic cultures to metabolise urea was conducted according to the following scheme:

1. 10 ml of urine + 230 mg of urea + 0.99 ml of live probiotic culture suspension in 3 different concentrations: 200 units, 40 units, and 20 units of turbidity.
2. 10 ml of urine + 230 mg of urea + 0.99 ml of live probiotic culture suspension in 3 different concentrations: 200 units, 40 units, and 20 units of turbidity.
3. 10 ml of urine + 230 mg of urea + 0.99 ml of live probiotic culture suspension in 3 different concentrations: 200 units, 40 units, and 20 units of turbidity.

Cultures were prepared according to turbidity control: a) 200 units, b) 40 units, c) 20 units.

For *Bifidobacterium longum* IMB B-8118 and *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117: 200 units of turbidity correspond to 10 million CFU, 40 units — 2 million CFU, 20 units — 1 million CFU. For *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116: 200 turbidity units correspond to 2 million CFU, 40–400 thousand CFU, and 20 units — 200 thousand CFU.

The ability of monocultures of live bacteria to metabolise urea was studied. To do this, probiotic strains were isolated as monocultures, and studies were conducted on the ability of pure probiotic strains to metabolise urea.

Urine from a 3-year-old child was used as a medium. Since the experimental method was not described in the literature, different urea contents (50 mg and 100 mg) were taken.

Conditions for the experiment on the ability of monocultures of live bacteria to metabolise urea: Control (C). 115 mg of urea + 5 ml of urine. Experiment: 1. 115 mg of urea + 5 ml of urine + 1 ml of *Bifidobacterium longum* IMB B-8118 suspension at 40 turbidity units. 2. 115 mg of urea + 5 ml of urine + 1 ml of *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117 suspension at 40 units of turbidity. 3. 115 mg of urea + 5 ml of urine + 1 ml of *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116 suspension at 40 units of turbidity. 4. 115 mg of urea + 5 ml of urine + 1 ml of *Lactobacillus acidophilus* IMB B-7216 suspension at 40 units of turbidity. 5. 115 mg of urea + 5 ml of urine + 1 ml of a mixture of 3 pure cultures at 40 turbidity units.

Results and discussion.

Clinical justification.

In recent years, numerous clinical studies have been conducted on administering probiotics to alleviate uraemia. These studies aim to assess the effectiveness of natural probiotics or identify genetically modified bacteria in the pathology of uraemia that develops in patients suffering from CKD [5; 7; 8]. For instance, eight patients on haemodialysis who received treatment with *Lactobacillus acidophilus* (NCFM TM) showed a significant reduction in dimethylamine and nitroso-dimethylamine, two gut-derived uraemic toxins.

A subsequent study evaluated the effectiveness of 27.9 mg of Lebenin® (one capsule = *Bifidobacterium infantis* 1×10^8 , *Lactobacillus acidophilus* 1×10^8 , and *Enterococcus faecalis* 1×10^8) administered to 20 patients twice daily for one month. After two weeks, faecal levels of p-cresol and indican, but not phenol, were reduced. After four weeks, plasma indican levels significantly decreased from 212 ± 40 to 147 ± 25 nmol/ml, whereas p-cresol levels decreased only slightly, despite its accumulation in the faeces leading to Lebenin inhibition.

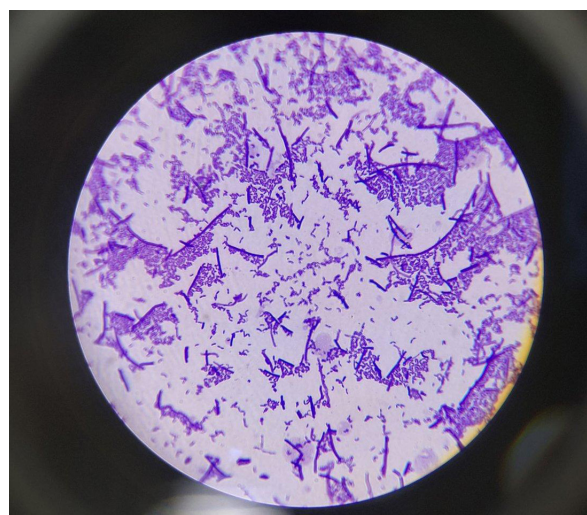
The therapeutic efficacy of a five-week administration of *Bifidobacterium longum* in gastro-resistant capsules (3×10^9 CFU; Bifina) compared to bifidobacteria in powder form (2×10^7 CFU; Lac B) on indoxyl sulphate levels was also examined in 22 patients on haemodialysis. In this study, 11 patients received Bifina capsules. In comparison, the remaining 11 patients were given Lac B. Serum indoxyl sulphate levels were significantly reduced in patients who received Bifina before dialysis (from 4.5 to 3.8 mg/dl) but not in those who received Lac B treatment [12].

Another study involved the administration of *Bifidobacterium longum* (Bifidus HD) — enteric-coated capsules, to 27 patients with CKD for six months [1]. Although there were no significant differences in the studied group, biochemical parameters revealed that CKD patients with an initial serum creatinine concentration of ≥ 4.0 mg/dl or inorganic phosphate concentration of >4.0 mg/dl experienced changes. In 2010, Majors et al. conducted a study to assess the efficacy of a four-week dose-escalation regimen of inulin enriched with oligofructose for 22 haemodialysis patients (Orafti Synergy 1 = a mixture of oligofructose and Raftiline HP; 10 g per sachet; Orafti, Tienen, Belgium). The administration of probiotics significantly reduced the formation rate of p-cresyl sulphate and its serum concentration in all haemodialysis patients [11; 12].

A randomised, double-masked, placebo-controlled, multinational crossover study evaluating the efficacy of Renadyl, containing *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*, and *Bifidobacterium longum*, in patients with stage 3 and 4 CKD also found that six months of treatment was associated with a significant reduction in blood urea levels and an improvement in quality of life [13].

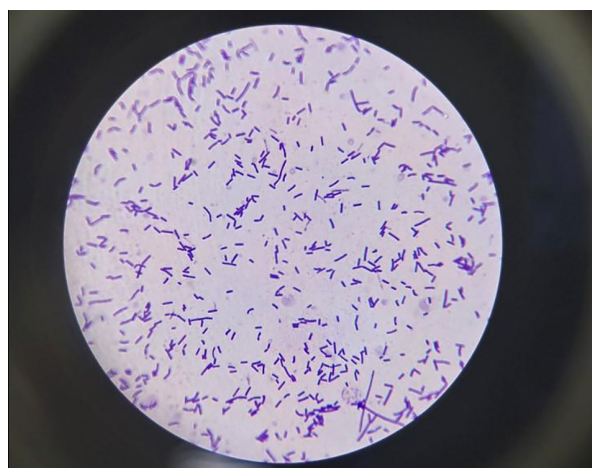


A

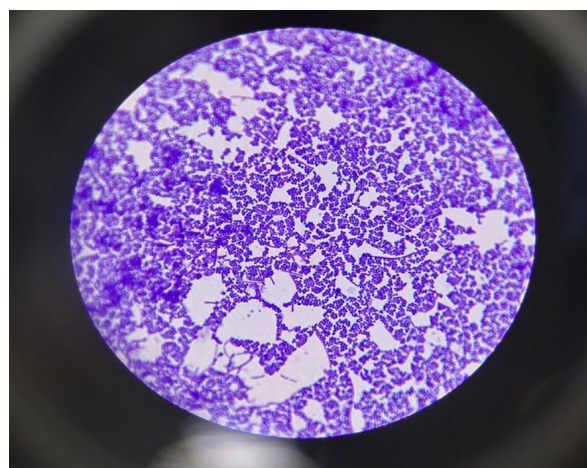


B

Fig. 1. *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116 (A - anaerobic; B — aerobic)



A



B

Fig. 2. *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117 (A — anaerobic; B — aerobic)



A



B

Fig. 3. *Bifidobacterium longum* IMB B-8118 (A — anaerobic; B — aerobic)

Nakabayashi and colleagues conducted another study to evaluate the effectiveness of a synbiotic formulation (two weeks, three times daily; SYN) containing *Lactobacillus casei* Shirota, *Bifidobacterium breve* Yakult, and galactooligosaccharides on p-cresol levels in nine haemodialysis patients. Patients with high serum p-cresol levels often experience difficulties with defecation. After SYN treatment, the frequency of bowel movements significantly increased, while solid, cloudy, or soft stools were generally replaced with normal stools. Serum p-cresol levels also significantly decreased [14].

The dietary supplement “NEPHROBIOTIC” contains a combination of lacto- and bifidobacteria, including three probiotic strains of beneficial bacteria: *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116 (Fig. 1), *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117 (Fig. 2), and *Bifidobacterium longum* IMB B-8118 (Fig. 3).

Microscopic examination results indicate that none of the cultures are monocultures, as all contained impurities from other bacterial cultures. For further studies, monocultures of *Bifidobacterium longum* IMB B-8118, *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117, and *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116 were obtained from dry preparations that contained impurities of other bacteria.

During the study, it was established that the ability of probiotic cultures to metabolise urea depends on its source. Research conducted using the urine of a three-year-old child, with urea content in the reaction mixture at 50 mg and 100 mg in the medium, showed a positive result when using all three concentrations of probiotic cultures (Table 1).

The ability to metabolise urea in an environment containing 50 mg was 68.5%, 58.18%, and 59.01%. Meanwhile, the ability of probiotic cultures to metabolise urea in a reaction medium containing 100 mg of urea was 80.38%, 49.0%, and 51.24%.

Thus, the ability of three probiotic cultures — *Bifidobacterium longum* IMB B-8118, *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117, and *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116—which were not presented as monocultures but contained traces of other bacterial strains to metabolise urea in human urine ranged from 49.0% to 80.38%.

Since the probiotic strains were also isolated as monocultures, studies were conducted to assess the ability of pure probiotic strains to metabolise urea (Table 2). The test medium used was a child's urine (3 years old).

The results of the study indicate that all three separate pure live cultures of probiotic strains *Bifidobacterium longum* IMB B-8118, *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116, and *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117 are quite effective in metabolising urea in a child's urine model (3 years old). The most effective culture was *Bifidobacterium longum* IMB B-8118 (80.38%), while the other two cultures, *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116 (51.24%) and *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117 (49.0%), metabolised urea with almost the same efficiency. The mixture of three pure cultures exhibited a lower but still significant ability to metabolise urea—41.56%.

The combination of *Streptococcus thermophilus* (IMB B-8116), *Lactobacillus acidophilus* (IMB B-8117), and *Bifidobacterium longum* (IMB B-8118) aids in the elimination of toxic nitrogenous uraemic toxins from the intestine. The use of probiotics in patients with chronic kidney failure has been studied in both experimental and clinical settings. Recently, a deeper understanding has been gained regarding the positive impact of probiotics on the progression of kidney disease — possible mechanisms (elimination of dysbiosis imbalance, including intestinal anti-inflammatory and antioxidant effects). Furthermore, several promising

Table 1

Ability of probiotic bacterial strains to metabolise urea, %

Research option	Δ	Mmol	Ability of pro-biotic strains to metabolise urea (%)
			50 mg of urea
Quantity	0.0925	8.3	
Control 1	0.41	1471.56	
<i>Bifidobacterium longum</i> IMB B-8118	0.14	502.48	68.5
Control 2	0.33	1184.43	
<i>Lactobacillus acidophilus</i> IMB B-8117	0.138	495.31	58.18
<i>Streptococcus thermophilus</i> IMB B-8116	0.135	484.54	59.01
100 mg of urea			
Control 1	0.52	3732.75	
<i>Bifidobacterium longum</i> IMB B-8118	0.102	732.19	80.38
Control 2	0.2	1435.67	
<i>Lactobacillus acidophilus</i> IMB B-8117	0.102	732.19	49.0
<i>Streptococcus thermophilus</i> IMB B-8116	0.975	699.89	51.24

Note: Δ is average urea content at A_{560}

Table 2

Ability of probiotic bacterial strains to metabolise urea

	Δ	Mmol	Ability of pro-biotic strains to metabolise urea (%)
	50 mg of urea		
Quantity	0.1	8.3	
Control	0.33	576.63	
3 pure cultures (<i>Bifidobacterium longum</i> IMB B-8118, <i>Lactobacillus acidophilus</i> IMB B-8117, <i>Streptococcus thermophilus</i> IMB B-8116)	0.22	366.94	41.56

studies have linked intestinal dysbiosis with chronic kidney failure, known as the gut-kidney axis [5; 7; 15].

During chronic kidney failure, the gut microbiome produces many toxins, such as indoxyl sulfate, para-cresyl sulfate (PCS), and trimethylamine N-oxide (TMA), thereby increasing the burden on the kidneys [1; 6]. At the same time, uraemia affects the composition and metabolism of the gut microbiota. This creates a closed loop called the gut-kidney axis [7; 15; 16]. Based on a meta-analysis that included seven clinical trials with 842 patients with CKD, a potential beneficial effect of probiotics on inflammation markers, protein-bound nitrogenous uraemic toxins, and gastrointestinal symptoms in CKD patients was established [11]. Moreover, lactobacilli and bifidobacteria are used in various disorders caused by dysbiosis (diarrhoea, constipation, and irritable bowel syndrome). They also prevent colds, flu, and many other diseases.

The study assessed the biochemical and clinical effects of probiotics in a dietary supplement containing probiotic strains *Streptococcus thermophilus* (IMB B-8116), *Lactobacillus acidophilus* (IMB B-8117), and *Bifidobacterium longum* (IMB B-8118) in patients with CKD (stages 3 and 4). A number of promising clinical findings were obtained. A significant reduction in blood urea nitrogen and improved well-being were observed, supporting the validity of the selected probiotic

composition for eliminating toxic nitrogenous uraemic toxins from the intestine.

Thus, various clinical studies on CKD stage 3 patients suggest that the administration of a single probiotic or a combination of bacterial strains improves biochemical indicators in these patients.

Conclusion. During the study, the ability of the developed dietary supplement “NEPHROBIOTIC” to metabolise urea in human urine was demonstrated, ranging from 41.56% to 80.38%. “Nephrobiotic” contains three live probiotic cultures: *Bifidobacterium longum* IMB B-8118, *Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117, *Streptococcus thermophilus* IMB B-8116. It was found that individual pure live cultures (monocultures) exhibited a moderate ability to metabolise urea: 80.38% (*Bifidobacterium longum* IMB B-8118), 51.24% (*Streptococcus thermophilus* IMB B-8116), and 49.0% (*Lactobacillus acidophilus* IMB B-8117). The mixture of the three pure cultures demonstrated a lower but practical ability to metabolise urea-41.56%.

Given the above data, “NEPHROBIOTIC” can be recommended as a dietary supplement and an additional source of biologically active substances to provide a beneficial probiotic impact on inflammatory markers, protein-bound nitrogenous uraemic toxins, and gastrointestinal symptoms in patients with chronic kidney failure.

References

1. Asadi R., Shadpour P., Nakhaei A. Non-dialyzable uremic toxins and renal tubular cell damage in CKD patients: a systems biology approach. *European journal of medical research*. 2024. Vol. 29(1). P. 412. <https://doi.org/10.1186/s40001-024-01951-z>.
2. Writing Group for the CKD Prognosis Consortium, Grams M.E., Coresh J., Matsushita K., Ballew S.H., Sang Y., Surapaneni A., Alencar de Pinho N., Anderson A., Appel L.J., Ärnlöv J., Azizi F., Bansal N., Bel S., ... Gansevoort R.T. Estimated Glomerular Filtration Rate, Albuminuria, and Adverse Outcomes: An Individual-Participant Data Meta-Analysis. *JAMA*. 2023. Vol. 330(13). P. 1266–1277. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.17002>.
3. Wojtaszek E., Oldakowska-Jedynak U., Kwiatkowska M., Glogowski T., Malyszko J. Uremic Toxins, Oxidative Stress, Atherosclerosis in Chronic Kidney Disease, and Kidney Transplantation. *Oxid Med Cell Longev*. 202. Vol. 2021. P. 6651367. [doi:10.1155/2021/6651367](https://doi.org/10.1155/2021/6651367).
4. Levin A., Okpechi I.G., Caskey F.J., et al. Perspectives on early detection of chronic kidney disease: the facts, the questions, and a proposed framework for 2023 and beyond. *Kidney Int*. 2023. Vol. 103. P. 1004–1008. [doi:10.1016/j.kint.2023.03.009](https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.03.009).
5. Rysz J., Franczyk B., Ławiński J., Olszewski R., Ciałkowska-Rysz A., Gluba-Brzózka A. The Impact of CKD on Uremic Toxins and Gut Microbiota. *Toxins*. 2021. Vol. 13(4). P. 252. <https://doi.org/10.3390/toxins13040252>.

6. Joossens M., Faust K., Gryp T., et al. Gut microbiota dynamics and uraemic toxins: one size does not fit all. *Gut*. 2019. Vol. 68(12). P. 2257–2260. doi:10.1136/gutjnl-2018-317561.
7. Chen Y.-Y., Chen D.-Q., Chen L., Liu J.-R., Vaziri N.D., Guo Y., Zhao Y.-Y. Microbiome–metabolome reveals the contribution of gut–kidney axis on kidney disease. *J. Transl. Med.* 2019. Vol. 17. P. 5. doi: 10.1186/s12967-018-1756-4.
8. Borges N.A., Carmo F.L., Stockler-Pinto M.B., de Brito J.S., Dolenga C.J., Ferreira D.C., Nakao L.S., Rosado A., Fouque D., Mafra D. Probiotic Supplementation in Chronic Kidney Disease: A Double-blind, Randomized, Placebo-controlled Trial. *Journal of Renal Nutrition: the official journal of the Council on Renal Nutrition of the National Kidney Foundation*. 2018. Vol. 28(1). P. 28–36. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2017.06.010>.
9. Zavhorodnia N. Yu., Lukianenko O. Yu., Klenina I.A., Hrabovska O.I., Tatarchuk O.M., Vishnarevska N.S. Assessment of the intestinal microbiota and fecal short-chain fatty acids content in children with non-alcoholic fatty liver disease. *Gastroenterology*. 2020. Vol. 54(1). P. 56–62. doi: 10.22141/2308-2097.54.1.2020.199143.
10. Stepanov Yu.M., Didenko V.I., Klenina I.A., Tatarchuk O.M., Vishnarevska N.S., Petishko O.P. Evaluation of the state of colonic microflora in patients with non-alcoholic fatty liver disease with immune response to SARS-CoV-2. *Gastroenterology*. 2023. Vol. 57(1). P. 23–29. doi: 10.22141/2308-2097.57.1.2023.525.
11. Liu J., Zhong J., Yang H., et al. Biotic Supplements in Patients With Chronic Kidney Disease: Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Ren Nutr*. 2022. Vol. 32(1). P. 10–21. doi:10.1053/j.jrn.2021.08.005.
12. Takayama F., Taki K., Niwa T. Bifidobacterium in gastro-resistant seamless capsule reduces serum levels of indoxyl sulfate in patients on hemodialysis. *Am J Kidney Dis*. 2003. Vol. 41(3 Suppl 1). P. S142–S145. doi:10.1053/ajkd.2003.50104.
13. Ranganathan N., Ranganathan P., Friedman E.A., et al. Pilot study of probiotic dietary supplementation for promoting healthy kidney function in patients with chronic kidney disease. *Adv Ther*. 2010;27(9):634–647. doi:10.1007/s12325-010-0059-9.
14. Nakabayashi I., Nakamura M., Kawakami K., et al. Effects of synbiotic treatment on serum level of p-cresol in haemodialysis patients: a preliminary study. *Nephrol Dial Transplant*. 2011. Vol. 26(3). P. 1094–1098. doi:10.1093/ndt/gfq624.
15. Graboski A.L., Redinbo M.R. Gut-Derived Protein-Bound Uremic Toxins. *Toxins*. 2020. Vol. 12(9). P. 590. <https://doi.org/10.3390/toxins12090590>.
16. He H., Xie Y. Alteration of Intestinal Microflora in Uremia Patients With or Without Blood Purification. *Nigerian journal of clinical practice*. 2021. Vol. 24(8). P. 1133–1137. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_484_19.

УДК 615

Іванців Ольга Романівна

*доцент кафедри дитячої хірургії
з курсом клінічної анатомії та оперативної хірургії
Івано-Франківський національний медичний університет*

Ivantsiv Olha

*Associate Professor of the Department of Pediatric's Surgery
with a Course of Clinical Anatomy and Operative Surgery
Ivano-Frankivsk National Medical University
ORCID: 0000-0002-4366-6406*

Поливкан Мар'яна Іванівна

*доцент кафедри гістології, цитології та ембріології
Івано-Франківський національний медичний університет*

Polyvkan Maryana

*Associate Professor of the Department of Histology, Cytology and Embryology
Ivano-Frankivsk National Medical University
ORCID: 0000-0003-4607-0496*

Федяк Ірина Орестівна

*доцент кафедри судової медицини, медичного та фармацевтичного права,
декан фармацевтичного факультету
Івано-Франківський національний медичний університет*

Fedyak Iryna

*Associate Professor of the Department of Forensic Medicine, Medical and Pharmaceutical Law,
Dean of Pharmacy Faculty,
Ivano-Frankivsk National Medical University
ORCID: 0000-0002-9578-3719*

Попович Юрій Ілларіонович

*професор, завідувач кафедри фармакології
Івано-Франківський національний медичний університет*

Popovych Yuri

*Professor, Head of the Pharmacology Department
Ivano-Frankivsk National Medical University
ORCID: 0000-0002-2401-4699*

Рожкова Олена Юріївна

*асистент кафедри анатомії людини, топографічної анатомії та оперативної хірургії
Польський кампус Київського медичного університету*

Rozhkova Olena

*Assistant of the Department of Human Anatomy, Topographical Anatomy and Operative Surgery
Polish Campus of Kyiv Medical University
ORCID: 0000-0003-2556-2635*

Ткачук Зоряна Вікторівна

магістр, еколог

Tkachuk Zoryana

Master, Ecologist

Шибіста Діана Дмитрівна

*магістр, фармацевт
Івано-Франківський національний медичний університет*

Shybista Diana

*Magister, Pharmacist
Ivano-Frankivsk National Medical University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10703

ПРОБІОТИКИ ТА ПРЕБІОТИКИ У ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОМУ ВЕДЕННІ ДІТЕЙ З ГОСТРИМ АПЕНДИЦИТОМ

PROBIOTICS AND PREBIOTICS IN POSTOPERATIVE TREATMENT OF CHILDREN WITH ACUTE APPENDICITIS

Анотація. Вступ. Соціальна динаміка ведення післяопераційного періоду у дітей визначає тенденції до зменшення часу перебування пацієнтів у стаціонарі завдяки якісному веденні даного періоду лікарями, призначенні ефективного лікування. Лікування передбачає не тільки введення знеболювальних та антимікробних препаратів. Для відновлення кишкової мікрофлори дітям після проведення апендектомії вкрай необхідні препарати про- та пребіотики. Саме тому дане дослідження є вкрай актуальне.

Мета. Метою дослідження є аналіз застосування пробіотиків та пребіотиків у післяопераційному веденні дітей з апендицитом.

Матеріали і методи. У статті досліджено особливості застосування досліджуваних препаратів. Проведено аналіз 56 медичних карток стаціонарних хворих, які проходили лікування у Обласній дитячій клінічній лікарні міста Івано-Франківська. Визначено клініко-економічну ефективність застосування пробіотиків та пребіотиків шляхом ABC- та VEN-аналізів. Проведено маркетинговий аналіз досліджуваних препаратів на ринку України. Дані опрацьовані статистично, узагальнені, сформувано висновки та рекомендації.

Результати. Нами проаналізовані медичні карти стаціонарних хворих. За результатами дослідження, основну частку хворих досліджуваної вибірки становили діти у віці 12–16 років та 8–12 років. Встановлено переважання чоловічої статі серед пацієнтів: 77% (43 особи) – хлопчики, 23% (13 осіб) – дівчатка. Найбільша частка пацієнтів з апендектомією (близько 75%) перебували у стаціонарі 5–10 днів. Згідно проведеного аналізу більшості пацієнтів був встановлений діагноз K35.8 Гострий флегмонозний апендицит. Найчастіше дітям після апендектомії призначали Лінекс-Бєбі, Ентерол 250 (капсули), частка якого сягає 30,4%, а також Біогая, Ентерол 250 (порошок для розчину орального) чи Ентерожерміну форте (суспензія оральна).

За результатами ABC-аналізу, до категорії А входило 9 препаратів (23 загальної вартості фармакотерапії). До категорії В відносилося 8 препаратів (40%) і до категорії С – 13 препаратів (37%). Препарати групи мікробних антидіарейних засобів були віднесені до категорії В (важливі).

У процесі VEN-аналізу до групи V було віднесено V належать 7 ЛП (обов'язкові препарати), категорія Е містила 14 ЛП (допоміжна терапія), а до N віднесено 9 ЛЗ (симптоматичне лікування, профілактика ускладнень). Препарати групи мікробних антидіарейних засобів були віднесені до категорії Е (необхідні).

Перспективи. Досвід застосування антидіарейних мікробних препаратів показує покращення стану хворих на фоні прийому пребіотиків чи пробіотиків у післяопераційному веденні дітей з апендектомією, що знижує ризики післяопераційних ускладнень та прискорює реабілітацію дітей.

Ключові слова: гострий апендицит, апендектомія, пробіотики, пребіотики, післяопераційний період, ABC-аналіз, VEN-аналіз.

Summary. Introduction. Social dynamics of postoperative period in children determines a tendency to reduce the time of stay of patients in hospital due to qualitative management of this period by doctors, prescribing effective treatment. Treatment involves not only an introduction of painkillers and antibiotics. For restoration of intestinal microflora, children after appendectomy have to have probiotics and prebiotics. That is why this study is extremely relevant.

Goal. A purpose of the study is to analyze the using of probiotics and prebiotics in postoperative management children with appendicitis.

Materials and methods. An article examines the features is a using of the test drugs. The analysis of 56 medical cards of patients who treat in Regional Children's Clinical Hospital in Ivano-Frankivsk. The clinical and economic efficiency of probiotics and prebiotics by ABC and VEN analysis was determined. The marketing analysis of studied on Ukraine's Market has been carried out. A data was processed statistically, generalized, conclusions and recommendations been formed.

Results. We analyze the medical cards of patients. According to study, the main proportion of patients sample were children aged 12–16 years and 8–12 years. The predominance of male sex among patients: 77% (43 people) – boys, 23% (13 people) – girls. The largest proportion of patients with appendectomy (about 75%) were in the hospital during 5–10 days. According to

analysis, most patients were diagnosed with K35.8 Acute Phlegmonous Appendicitis. Most often, children after appendectomy are prescribed Linex-Beby, Enterol 250 (capsules), whose proportion reaches 30.4%, as well as Biogaya, Enterol 250 (powder for oral solution) or Enterol-forte (oral suspension).

According to result of ABC analysis, category A included 9 drugs (23 of the total cost of pharmacotherapy). Category B included 8 drugs (40%) and category C – 13 drugs (37%). Preparations of the group of microbial drugs were classified as important.

In the process of VEN analysis, group V included V 7 drugs (mandatory drugs), category E contained 14 drugs (auxiliary therapy), and N was assigned 9 drugs (symptomatic treatment, prevention of complications). Preparations of a group of microbial drugs have been classified as required).

Perspectives. An experience of using microbial drugs shows improvement of patients against prebiotics or probiotics in post-operative management of children with appendectomy, which reduces the risk of postoperative complications and accelerates the rehabilitation of children.

Key words: acute appendicitis, appendectomy, probiotics, prebiotics, postoperative period, ABC analysis, VEN analysis.

Актуальність теми. Про- та пребіотики позиціонуються одними із найбільш затребуваних лікарських засобів (ЛЗ) у гастроентерологічній практиці. Ситуація зумовлена частим застосування антибактерійних лікарських ЛП (ЛП), що може призводити до епізодів діареї у пацієнтів різних вікових груп. Особливої уваги антидіарейні мікробні ЛП набувають у післяопераційному веденні дітей з апендектомією, адже цей період, здебільшого, супроводжується діареєю та обумовлює необхідність прийому пацієнтами ЛЗ досліджуваної групи.

До антидіарейних засобів відносяться ЛП, що впливають на кишкову моторику органів шлунково-кишкового тракту (ШКТ), мікробний склад кишкового вмісту. Антидіарейні мікробні ЛП — засоби замісної терапії при дисбактеріозах.

Призначення ЛП зазначеної групи ґрунтується на медичних показаннях і вимагає застосування в комплексі з антимікробними ЛП та після припинення їхнього застосування ще впродовж 7–10 днів для нормалізації мікрофлори кишечника. У найбільш широкому асортименті серед антидіарейних ЛП представлені саме антидіарейні лакто-, біфідобактерії. У разі, якщо бюджет обмежений, перевагу можна віддавати препаратам вітчизняного виробництва, водночас, препарати іноземних виробників користуються ширшими маркетинговими можливостями.

До групи A07FA належать, за АТС-класифікацією, наступні групи антидіарейних мікробних ЛП, що регулюють рівновагу кишкової мікрофлори: A07FA01 «Бактерії, що виробляють молочну кислоту»; A07FA02 «Сахароміцети булардії»; A07FA03 «Escherichia coli»; A07FA50 «Інші мікроорганізми, комбінації»; A07FA51 «Бактерії, що виробляють молочну кислоту, комбінації»; A07FA10 «Інші».

Дослідження клініко-економічної ефективності антидіарейних ЛЗ може допомогти оптимізувати витрати на лікування та забезпечити доступність для пацієнтів, що актуалізує тематику дослідження.

Мета і завдання дослідження. Проведення клініко-економічного дослідження фармакотерапії антидіарейними мікробними ЛП у період післяопераційного ведення дітей з апендектомією.

Для досягнення поставленої мети нами були розроблені наступні **завдання**:

1. Дослідити актуальний стан та супутні проблеми організації післяопераційного ведення дітей з апендектомією;

2. Проаналізувати специфіку застосування ЛП групи про- та пребіотиків;

3. Опрацювати Державний реєстр ЛЗ України на предмет пошуку ЛЗ з групи A07FA «Антидіарейні мікробні препарати», які дозволені до обігу на даний час;

4. Провести рандомізований ретроспективний аналіз пацієнтів — дітей, які отримували лікування у стаціонарі Обласної дитячої клінічної лікарні м. Івано-Франківська після проведеної апендектомії;

5. Провести аналіз раціональності призначень і витрат на лікування досліджуваної групи пацієнтів за методами частотного, ABC-аналізу і VEN-аналізів;

6. Провести аналіз доцільності застосування антидіарейних мікробних ЛП, що застосовувались визначеною категорією пацієнтів;

7. Здійснити маркетинговий аналіз ЛП групи антидіарейних мікробних ЛП, що рекомендовані до використання у клінічній практиці.

Об'єкт дослідження: Державний реєстр лікарських засобів України у частині A07FA «Антидіарейні мікробні препарати»; 56 амбулаторних карт пацієнтів з апендектомією, що проходили стаціонарне лікування у КЗ КНП «Івано-Франківська ОДКЛ ІФ ОР».

Предмет дослідження: лікарські препарати групи A07FA «Антидіарейні мікробні препарати».

Методи дослідження:

- системно-логічний метод — із метою вивчення галузевих теоретичних, методичних, нормативно-правових, аналітичних матеріалів, публікацій та наукових робіт щодо застосування ЛП групи антидіарейних мікробних ЛП у клінічній практиці;
- аналітичний метод (використаний для проведення маркетингового аналізу доступності ЛП досліджуваної групи для пацієнтів);
- метод ретроспективного клініко-економічного аналізу: ABC-аналіз, VEN-аналіз, частотний аналіз

- для визначення кількісних та якісних індикаторів актуального стану фармакотерапії;
- методи статистичного опрацювання інформації — для опрацювання одержаних результатів дослідження;
- графічні методи — для наочного ілюстративного відображення результатів дослідження;
- узагальнення та формалізація — задля підведення підсумків клініко-економічного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів.

Здійснено аналіз Державного реєстру ЛЗ України на предмет присутності у ньому представників групи А07FA «Антидіарейні мікробні препарати», що зареєстровані в Україні станом на грудень 2024 року. Створена сучасна клініко-економічна модель для аналізу антидіарейних мікробних засобів, які призначаються пацієнтам із апендектомією. Визначено частоту і доцільність застосування представників групи А07FA «Антидіарейні мікробні препарати» дітям після **апендектомії**, які проходили стаціонарне лікування у КЗ КНП «Івано-Франківська ОДКЛ ІФ ОР». Дослідження клініко-економічної ефективності даних ЛЗ може допомогти оптимізувати витрати на післяопераційне ведення дітей з апендектомією та забезпечити доступність необхідних медикаментів для пацієнтів.

Сучасні підходи до післяопераційного ведення дітей з апендектомією

Однією із найбільш актуальних проблем клінічної медицини на сьогодні позиціонується необхідність підвищення ефективності післяопераційного супроводу, особливо у практиці ведення пацієнтів дитячого віку. Ситуація зумовлена тенденцією стійкого зростання частоти випадків вказаних захворювань.

З-поміж усіх оперативних втручань, що на сьогодні виконуються у дитячій хірургії, апендектомії становлять близько 38–40% від загальної кількості хірургічних втручань. У новонароджених апендицит зустрічається в поодиноких випадках. Так, у перші три роки життя дитини запалення червоподібного відростка (гострий апендицит) зустрічається доволі рідко — 3–7%, у віці до 1 року — близько 1%. Надалі загальна частота досліджуваного захворювання збільшується та досягає максимуму у період від 9 до 11 років. [3].

Апендицит позиціонується як неспецифічна патологія апендиксу запального характеру, яка виникає через ряд несприятливих внутрішніх чинників. Головна небезпека цього захворювання пов'язана зі складністю ранньої діагностики, тоді як його запущена форма загрожує серйозними ускладненнями, зокрема перитонітом [1]. Єдиним ефективно доведеним методом лікування гострого апендициту залишається видалення відростка хірургічним методом.

Гострий апендицит являє собою гостре неспецифічне запалення червоподібного відростка — *Apendices vermiformes*. Висококваліфіковані хірурги

залучають методологію традиційної апендектомії — видалення апендикса за допомогою розрізу передньої черевної стінки, або ж лапароскопічної апендектомії [9]. Основними перевагами описаного методу лапароскопічної апендектомії є низька травматичність процедури, косметичний ефект непомітності оперативного втручання, короткий термін післяопераційної реабілітації. Особливої ваги зазначені переваги набувають у контексті лікування дітей.

Очевидно, що оптимальний вибір найбільш раціонального методу хірургічного втручання у досліджуваних випадках вимагає індивідуальної стратегії та базується на врахуванні багатьох чинників.

Післяопераційний період реабілітації, зазвичай, розпочинається на наступну добу після здійснення хірургічного втручання. Він передбачає низку заходів, що формують комплексну стратегію нівелювання ризиків виникнення ускладнень, а також прискорює регенерацію нормального функціонування як прооперованої ділянки, так і організму дитини в цілому [15].

Сучасні підходи до післяопераційного ведення дітей з апендектомією позиціонують важливість вмотивованості пацієнтів щодо швидкого одужання та строгого дотримання усіх рекомендацій лікаря щодо прийому призначених ЛП під наглядом дорослих.

Незважаючи на масштабність та складність хірургічного втручання, будь-якому організму необхідний певний час для відновлення, реабілітації, регенерації тканин, формування післяопераційного рубця чи загоєння рани первинним натягом. У зв'язку з цим, правильно проведений етап підготовки, жорстке дотримання принципів асептики та антисептики, стерилізація хірургічного інструментарію і повне дотримання лікарських рекомендацій стимулюють пришвидшення післяопераційного відновлення пацієнтів. У лікарській практиці на сьогодні застосовують сучасну методологію регенеруючої терапії у післяопераційному періоді. Вибір оптимальних методів післяопераційного ведення дітей з апендектомією детермінується, першочергово, масштабністю та складністю перенесеного оперативного втручання та специфічними індивідуальними особливостями організму пацієнта.

З-поміж основних методів варто відзначити наступні:

- медикаментозний метод — передбачає активну різносторонню фармакологічну та медичну підтримку в період післяопераційного відновлення; У даний період призначаються знеболювальні препарати, антибіотики, пробіотики, вітаміни.
- Дієтотерапія — система заходів щодо формування здорових звичок у харчуванні пацієнта, що активно сприяє поступовій регенерації функціонування ШКТ; Дієтотерапія позиціонується особливо важливою для відновлення нормального фізіологічного стану ослаблених пацієнтів і хворих, що мають серйозні порушення обміну речовин. Значущу ефективність

дієтотерапія демонструє у разі комбінування з лікуванням препаратами групи антидіарейних мікробних ЛПП;

- Фізіотерапевтичні методи — цільовий вплив із залученням можливостей спеціального обладнання.

Також, у практиці використовуються рефлексотерапія, психотерапія та низка інших методів. Проте, основна функціональність належить саме медикаментозному методу [21].

Післяопераційне ведення хворих, в цілому, містить у основі знання принципів інфузійної терапії, що передбачає уміння медичного персоналу в кожному індивідуальному випадку визначити якість та об'єм інфузійної терапії, виходячи з параметрів ваги, віку та загального стану пацієнта [1].

У цілому, терапія післяопераційного періоду зосереджена на боротьбі з інтоксикацією, усуненні водно-електролітних порушень, покращенні функціонування нирок, печінки, серцево-судинної системи, ліквідації парезу кишківника.

Зважаючи на частоту випадків діареї та інших кишкових розладів у період післяопераційного ведення дітей після апендектомії, особливої уваги заслуговує в зазначений період правильний підбір лікарем ЛПП групи антидіарейні мікробні препарати [4,18]. Зазначені лікарські засоби володіють ефектом нормалізації мікрофлори кишечника, відновлення процесів травлення та засвоєння поживних речовин.

Основні механізми дії активних речовин ЛПП групи антидіарейних мікробних ЛПП передбачають:

- антимікробну дію (прямий антагонізм), зумовлений здатністю пригнічувати ріст потенційних патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів і грибів, що порушують біоценоз кишечника [22];
- антиоксидантну дію, що зумовлена продукуванням протеаз, котрі володіють здатністю до розщеплення токсинів;
- інтенсифікацію неспецифічного імунного захисту шляхом інтенсифікації процесу продукування імуноглобуліну IgA [24];
- антисекреторну дію, що зумовлена зменшенням секреції натрію та води в просвіт кишечника;
- ферментативну дію, що спричинена інтенсифікацією активності дисахаридаз тонкого кишківника;
- трофічний ефект в контексті впливу на слизову оболонку тонкого кишківника [23].

Окрім того, препарати групи антидіарейних мікробних ЛПП, як правило, володіють стійкістю до антибіотиків, що обґрунтовує доцільність їх одночасного застосування з останніми з метою захисту та нормалізації біоценозу травного тракту.

Специфіка застосування антидіарейних мікробних препаратів

Антидіарейні мікробні ЛПП позиціонуються одними з найбільш поширених у практичному використанні в медичній практиці. Зазначене зумовлено

тенденцією зростання частоти епізодів діареї у хворих різних вікових груп.

Окрім того, хронічний перебіг низки захворювань, що перебігають з діареєю, супроводжується тривалим прийомом хворими ЛПП. Характерної значущості антидіарейні мікробні ЛПП набувають в контексті педіатричної практики, а особливо — післяопераційного відновлення та реабілітації дітей.

Загальновідомо, що для нормального травлення необхідними є наявність лактобацил, біфідобактерій, ентерококів тощо. Їх оптимальне співвідношення забезпечує сприятливі умови для повноцінного проходження природних процесів переробки та засвоєння продуктів харчування в кишечнику, правильного калотворення.

Припинити діарею, якщо її причиною є дизбактеріоз можуть ЛПП, які відновлюють мікрофлору кишечника. Такі ЛПП містять корисні бактерії, пригнічують зростання умовно-патогенних та хвороботворних мікроорганізмів [12,22].

Пробіотичні засоби показані, також, для профілактики розладів кишківника, якими нерідко ускладнюється курс антибіотикотерапії. Традиційно, у клінічній практиці застосовують препарати Ентерожерміна, Лінекс Форте, Лактовіт Форте, Ентерол 250, Біо-гая та низку інших ЛПП [7,22].

У межах науково-клінічних досліджень *Bacillus clausii* демонструють спроможність виживати в змодельованих умовах, що імітують середовище шлунка (рН 1,4–1,5), періодом до двох годин. У змодельованих умовах, що імітують кишкове середовище (рН 8), спори *Bacillus clausii* демонструють спроможність активно розмножуватися. Це все свідчить про потенційну ефективність ЛПП на їх основі.

Вплив *Bacillus clausii* знаходить практичне відображення у регенерації кишкової мікрофлори, що трансформується під дією тривалого використання низки ЛПП, що сприяє виникненню дисбактеріозу. Останній супроводжується шлунково-кишковими симптомами — діареєю, больовими відчуттями, збільшенням кількості повітря в кишківнику. Саме метаболічна активність *Bacillus clausii* дозволяє досягнути антиоксидантного та неспецифічного антигенного ефекту [14].

Досліджувана група ЛПП володіє імуномодуючою активністю, здатністю ефективно синтезувати різні вітаміни у період постопераційного медикаментозного лікування.

Відповідно до результатів численних досліджень, що синергізують висновки щодо аспектів тератогенності, загальної токсичності та генотоксичності, канцерогенності, пробіотики та пребіотики є цілком безпечними ЛПП для використання у практиці педіатрії, особливо — як супутньої фармакотерапії на тлі антибіотикотерапії.

- Очевидно, що як і для кожного ЛПП, для досліджуваних засобів характерними є певні виключення щодо небажаних побічних ефектів. Зокрема,

у випадку індивідуальної непереносимості ЛПП потенційно можливими є гіперчутливість, алергічні реакції, метеоризм, закрепи [22–23].

- Необхідно зауважити, що вивчення ймовірних побічних реакцій дозволяє підвищити ефективність моніторингу застосування ЛПП для визначення дійсного співвідношення користь-ризик, що є основою розроблення рекомендацій щодо застосування зазначеного ЛПП у клінічній практиці.

Асортимент та соціально-економічна доступність антидіарейних мікробних препаратів на фармацевтичному ринку України

За міжнародними непатентованими назвами, до групи ЛПП А07ФА «Антидіарейні мікробні препарати» відносяться лактобактерії, пробіотики, препарати, що не мають міжнародної непатентованої назви, інші мікроорганізми та їх комбінації, в тому числі, мікробні препарати, що містять живі ліофілізовані культури (у контексті вітчизняного виробництва) та пробіотики, лактобактерії та їх комбінації — у аспекті іноземних виробників (згідно Національного переліку основних лікарських засобів, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 25.03.2009 р. N 333).

Власне, до групи А07ФА належать, за АТС-класифікацією, у конкретизованому контексті, антидіарейні мікробні ЛПП, що регулюють рівновагу кишкової мікрофлори:

- А07ФА02 — Сахароміцети булардії;
- А07ФА51 — Бактерії, що виробляють молочну кислоту, комбінації;
- А07ФА01 — Бактерії, що виробляють молочну кислоту;
- А07ФА50 — Інші мікроорганізми, комбінації;
- А07ФА03 — *Escherichia coli*;
- А07ФА10 — Інші.

Ціни на антидіарейні мікробні препарати суттєво варіюють, залежно від дозування та бренду, належності останнього до вітчизняного чи іноземного виробництва. Зокрема, популярними є засоби, що містять:

- сахароміцети буларді *CNCM I-745* (ліофілізовані клітини);
- суміш спор полірезистентного штаму *Bacillus clausii*;
- комбіновані препарати, що містять сумарно 2 млрд. КУО лакто- та біфідобактерій [24].

Ціни на зазначені препарати коливаються в межах від 100 до 500 грн, залежно від виробника, країни походження та форми випуску. Окремі ЛПП, що мають вищу цінову політику, забезпечують стійкий терапевтичний ефект. Водночас при застосуванні інших, що характеризуються більш демократичною ціною, для досягнення позитивного ефекту необхідне тривале застосування, що може збільшувати загальні витрати на лікування.

Клініко-економічний ефект від застосування антидіарейних мікробних ЛПП, що регулюють рівновагу кишкової мікрофлори, значно варіюється, з врахуванням вищезазначених аспектів співвідношення показників клінічної ефективності та економічної доступності. Очевидно, що у післяопераційному веденні дітей з апендектомією необхідним є використання високоефективних антидіарейних мікробних ЛПП. Водночас, включення ЛПП вітчизняного виробництва у стандартні протоколи лікування потенційно може значно знизити витрати, при забезпеченні збереження стійкого терапевтичного ефекту. Під час даного дослідження було встановлено, що досліджувана група ЛПП А07ФА репрезентована ЛЗ, що включають сахароміцети булардії, лактобактерії, лактобактерії у комбінаціях та інші. У межах українського фармацевтичного ринку група досліджуваних ЛПП станом на 2024 рік представлена 17 торговими назвами, без урахування дозувань та з урахуванням лікарських форм.

Варто зауважити, що фактично всі засоби групи антидіарейних мікробних ЛПП є імпортованими з семи країн світу, що репрезентує імпортозалежність даного сегменту вітчизняного фармацевтичного ринку.

Зазначені аспекти вимагають розширеного клініко-економічного аналізу антидіарейних мікробних ЛПП, що використовуються у післяопераційному веденні дітей з апендектомією, оцінки їх ефективності та доступності.

Процес післяопераційного ведення дітей з апендектомією вимагає індивідуального підбору терапії, оскільки різні препарати володіють різною економічною ефективністю та терапевтичною цінністю.

Цінова політика в групі ЛПП А07ФА «Антидіарейні мікробні препарати, що регулюють рівновагу кишкової мікрофлори» сильно залежить від діючої речовини, бренду та форми випуску препарату. Призначення дорогих ЛПП виправдане, адже мова йде про післяопераційне відновлення вразливої категорії пацієнтів.

Водночас, ЛПП вітчизняного виробництва є прийнятними та вимагають ретельнішого дослідження потенціалу їх використання. Оптимізація терапії за допомогою застосування економічно доцільних антидіарейних мікробних ЛПП, що регулюють рівновагу кишкової мікрофлори, є важливим напрямом для забезпечення якості післяопераційного ведення дітей з апендектомією, а також може суттєво вплинути на загальні витрати в сфері охорони здоров'я.

Зважаючи на частоту випадків діареї та інших кишкових розладів у період післяопераційного ведення дітей з апендектомією, особливої уваги заслуговує в зазначений період правильний підбір лікарем ЛПП групи антидіарейних мікробних ЛПП. Зазначені лікарські засоби володіють ефектом нормалізації мікрофлори кишечника, чинять біологічну захисну дію відносно нормальної кишкової

мікрофлори, мають виражену етіопатогенетичну антидіарейну дію.

Головні механізми дії активних речовин ЛПП групи антидіарейних мікробних ЛПП передбачають антимікробну дію, антитоксичну дію, інтенсифікацію неспецифічного імунного захисту, антисекреторну дію, ферментативну дію, трофічний ефект щодо слизової оболонки тонкої кишки.

Окрім того, препарати групи антидіарейних мікробних ЛПП, як правило, володіють генетично зумовленою стійкістю до антибіотиків, що обґрунтовує доцільність їх одночасного застосування з останніми з метою захисту та нормалізації біоценозу травного тракту.

За міжнародними непатентованими назвами (МНН), до групи ЛПП A07FA «Антидіарейні мікробні препарати» відносяться лактобактерії, пробіотики, препарати, що не мають МНН, інші мікроорганізми та їх комбінації, в тому числі, мікробні препарати, що містять живі ліофілізовані культури (у контексті вітчизняного виробництва) та пробіотики, лактобактерії та їх комбінації — у аспекті іноземних виробників. Традиційно, у клінічній практиці застосовують препарати Ентерожерміна, Лінекс Форте, Лактовіт Форте, Ентерол 250 та низку інших ЛПП.

Очевидно, що у післяопераційному веденні дітей з апендектомією необхідним є використання вискоєфективних антидіарейних мікробних ЛПП. Лікарські засоби досліджуваної групи є, здебільшого, імпортованими і постачаються до України з семи країн світу, що репрезентує імпортозалежність даного сегменту вітчизняного фармацевтичного ринку.

Водночас, включення ЛПП вітчизняного виробництва у стандартні протоколи лікування потенційно може знизити витрати, при забезпеченні збереження стійкого терапевтичного ефекту.

Матеріали та методи дослідження. Раціоналізація співвідношення клінічної ефективності ЛПП групи антидіарейних мікробних засобів та їх економічної вигідності вбачається способом оптимізації фінансових витрат на післяопераційне ведення дітей з апендектомією. Базисом для зазначеної раціоналізації є проведення розширеної наукової аналітики клінічної ефективності, медикаментозної безпечності та економічної доцільності застосування ЛПП групи антидіарейних мікробних ЛПП.

Базовими матеріалами дослідження були історії хворіб пацієнтів — медичні картки стаціонарних хворих — дітей. Під час реалізації клініко-економічного аналізу були використані низка загальних наукових методів дослідження, зокрема — різні види аналізу (клініко-економічний, системно-логічний, ретроспективний тощо), узагальнення та формалізація, спостереження та низка інших.

У цілому, проведення досліджень в межах виконання кваліфікаційної (магістерської) роботи передбачало певну етапність.

I етап дослідження. На першому етапі було здійснено системно-логічний аналіз теоретико-

методичних, аналітично-наукових, нормативно-правових галузевих матеріалів щодо регулювання аспектів використання антидіарейних мікробних ЛПП у клінічній практиці післяопераційного ведення дітей з апендектомією. Було охарактеризовано специфіку застосування ЛПП досліджуваної групи.

II етап дослідження. На другому етапі дослідження був застосований метод спостереження для визначення динаміки цінової політики на ЛПП групи антидіарейних мікробних ЛПП в межах вітчизняного фармацевтичного ринку та динаміки структури ринку в досліджуваному аспекті. На даному етапі були використані методи маркетингового аналізу доступності ЛПП досліджуваної групи для пацієнтів. У якості джерела первинної маркетингової інформації щодо цінової політики та асортименту лікарських засобів було взято матеріали довідника Компендіум, ресурсу Державного формуляру України, а також багаторічну інформаційну систему фармацевтичного ринку «Щотижневик «Аптека»» ТОВ «Моріон».

III етап дослідження. На третьому етапі дослідження було використано ретроспективні методи клініко-економічного аналізу: частотний аналіз, АВС-аналіз, VEN-аналіз. Зазначені аналітичні методи дозволили виділити характеристики якісних та кількісних показників фармакотерапії прооперованих дітей [13].

На даному етапі було проведено компаративний аналіз витратно-ефективних показників, що дав змогу визначити параметри оцінки співвідношення між вартістю та терапевтичною ефективністю ЛПП групи антидіарейних мікробних ЛПП в межах вітчизняного фармацевтичного ринку.

У якості вихідних матеріалів на даному етапі дослідження було обрано інформативні дані медичних карток стаціонарних хворих.

Для характеристики економічних аспектів і якості фармакотерапії біли застосовані АВС-аналіз (метод, який дозволяє проводити класифікацію товарів залежно від їхньої вартості) та VEN-аналіз (спрямований на диференціацію ЛПП за ступенем значущості для клінічної терапії) [13].

У межах даного дослідження АВС-аналіз дозволив виокремити найбільш значущі по вартості позиції з досліджуваної групи ЛПП. За посередництвом АВС-аналізу було проведено ранжування витрат на лікування пацієнтів. При цьому, лікарські засоби були диференційовані на декілька груп у фармакотерапії, залежно від їх внеску в загальні витрати:

- групи А (ЛПП, на які було витрачено сумарно 80% фінансових ресурсів);
- групи В (ЛПП, на які витрачено сумарно 15% витрат ресурсів);
- групи С (ЛПП, на які витрачено сумарно 5% витрат ресурсів).

У комплексі з АВС-аналітикою витрат, у межах проведеної клініко-економічного аналізу було застосовано VEN-аналіз. Його реалізація відбувалась за

посередництвом експертного методу. Диференціація ЛП на групи здійснювалась на основі аналітики експертних джерел.

ЛЗ були присвоєні визначені індекси:

- vital (V) — ЛП, що є життєво необхідними;
- essential (E) — ефективні, важливі ЛП;
- non-essential (N) — другорядні, менш важливі ЛП, або ж ЛП сумнівної ефективності.

Поєднання методів ABC-аналізу та VEN-аналізу в межах дослідження національного фармацевтичного ринку сприяє проведенню ефективної та реальної оцінки програм фармацевтичного забезпечення на основі принципів раціональної фармакотерапії.

На основі таких відомостей вбачається за доцільне формувати науково обґрунтовані рішення щодо виключення певних ЛЗ до Переліків ЛЗ за МНН та товарній номенклатурі, адже трапляються випадки, коли препарати категорії А за ABC-аналізом не володіють підтвердженням безпечності та клінічної ефективності (категорія N за VEN-аналізом).

Частотний аналіз був використаний для диференціації ЛП досліджуваної групи за принципом частоти застосування у клінічній практиці, за її спаданням. Це дозволило здійснити ретроспективну оцінку частоти застосування ЛП групи антидіарейних мікробних ЛП у післяопераційному веденні дітей з апендектомією.

Застосування комплексного підходу, що передбачав здійснення частотного аналізу, ABC-аналізу та VEN-аналізу, дозволило встановити рівень раціональності фінансових витрат на використання ЛП групи антидіарейних мікробних ЛП у післяопераційному веденні дітей з апендектомією.

На основі отриманої інформації було визначено заходи, необхідні для оптимізації застосування ЛП, а також ідентифікувати пріоритетність застосування антидіарейних мікробних ЛП у післяопераційному веденні дітей з апендектомією. Зазначене дало змогу визначити відповідність фінансових затрат на лікування рівню його ефективності.

Застосовані методи аналізу позиціонуються загальноприйнятими та схваленими до використання Всесвітньою організацією охорони здоров'я. У межах даного дослідження було ідентифіковано нераціональність фінансових витрат на лікарські засоби другорядної групи.

IV етап дослідження

На даному етапі було здійснено ретроспективний аналіз застосування антидіарейних мікробних ЛП у післяопераційному веденні дітей з апендектомією на основі медичних карт стаціонарних хворих. У межах даного етапу було проаналізовано специфіку пацієнтів, тривалість та характерні особливості протікання післяопераційного періоду.

V етап дослідження

На даному етапі було здійснено розрахунок середньої вартості лікування в період післяопераційного ведення дітей з апендектомією у фінансово-грошовому вираженні, виходячи із стандартної схеми фармакотерапії. Група дослідження була визначена на основі стаціонарних карт хворих за встановлений період.

Одержані результати засвідчують клініко-економічну ефективність ЛП групи антидіарейних мікробних ЛП у післяопераційному веденні дітей з апендектомією, демонструють співвідношення аспектів їх клінічної ефективності та економічної доцільності.

Результати аналізу гендерно-вікової та соціальної диференціації пацієнтів з апендектомією

Експериментальне дослідження було проведене на базі КЗ КНП «Івано-Франківська ОДКЛ ІФОР». Ретроспективний клініко-економічний аналіз фармакотерапії дітей з апендектомією передбачав попереднє дослідження специфіки диференціації пацієнтів за віковою, гендерною, соціальною ознакою, за встановленим діагнозом та часом, проведеним у стаціонарі. Із метою реалізації зазначеної мети

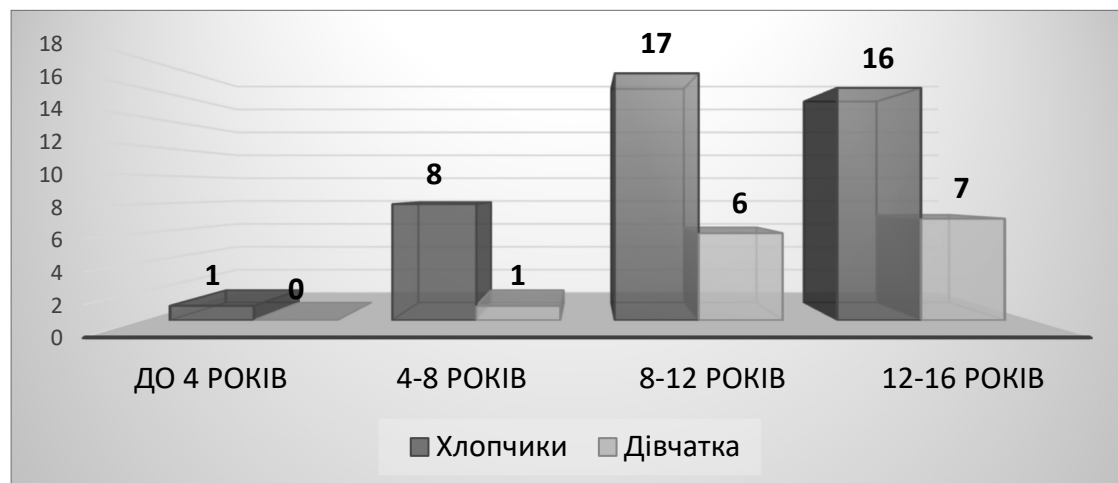


Рис. 1. Розподіл пацієнтів з апендектомією за віком, кількість

нами було проаналізовано 56 стаціонарних карт пацієнтів з апендектомією, що проходили стаціонарне лікування у КЗ КНП «Івано-Франківська ОДКЛ ІФ ОР». Початковим етапом аналітики була вікова диференціація хворих на апендектомію за даними вибірки (рис. 1).

Найчастіше апендицит діагностується у віці 8–16 років, що підтверджується результатами аналізу, приведеними на рис. 1. Отримані дані комплементарні висновкам учених, отриманим у результаті багаторічних спостережень [2; 3; 32]. Основну частку хворих досліджуваної вибірки становили діти у віці 12–16 років (7 дівчаток, 16 хлопчиків) та 8–12 років (17 хлопчиків, 6 дівчаток). Дітей з апендектомією у віці 4–8–9 пацієнтів, до 4 років – 1 пацієнт. У результаті гендерного розподілу загальної кількості пацієнтів, результати якого приведені на рис. 2, було встановлено переважання чоловічої статі серед пацієнтів: 77% (43 особи) — чоловіки, 23% (13 осіб) — жінки. Зазначений розподіл за статтю репрезентує загальні тенденції статевої специфіки апендектомії у дитячому віці [2; 3].

На даному етапі дослідження було проведено, також, розподіл пацієнтів вибірки за місцем проживання (село/місто). Результати відображені на рис. 3.

Переважна кількість пацієнтів — жителі міст (54%). Водночас, у селах проживає 46% пацієнтів

вибірки. Невелика різниця між двома значеннями переконливо засвідчує, що проблема діагностики та своєчасного лікування апендициту у дітей залишається актуальною, незалежно від місця їх проживання, та є властивою як для сільських, так і для міських жителів.

Наступним кроком був розподіл пацієнтів за кількістю днів перебування хворих в стаціонарі досліджуваної установи. Згідно даного розподілу, всі пацієнти були віднесені до однієї з трьох груп (рис. 4). Середнє значення кількості ліжко-днів склало 6,48.

Як свідчать результати, приведені на рис. 4, найбільша частка пацієнтів з апендектомією (близько 75%) перебувала у стаціонарі 5–10 днів.

На наступному етапі за інформативними даними амбулаторних карт було проведено аналіз за встановленим діагнозом за кодом МКХ (рис. 5). У найбільшій кількості пацієнтів, згідно проведеного аналізу (39%), було встановлено діагноз K35.8 Гострий флегмонозний апендицит. У всіх випадках госпіталізація була ургентною.

Найпоширенішою формою апендектомії було встановлено гострий флегмонозний апендицит. Нами було додатково проаналізовано специфіку протікання даного захворювання. Для клінічної картини гострого апендициту в дитячому віці властивим є переважання загальних симптомів,

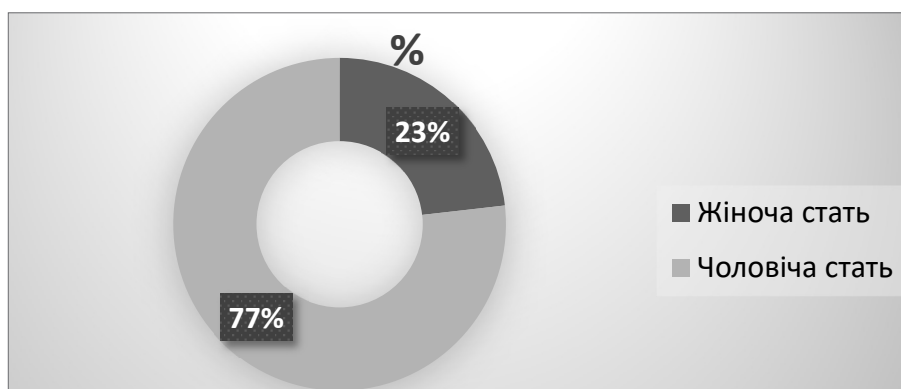


Рис. 2. Розподіл пацієнтів з апендектомією за статевою ознакою, %

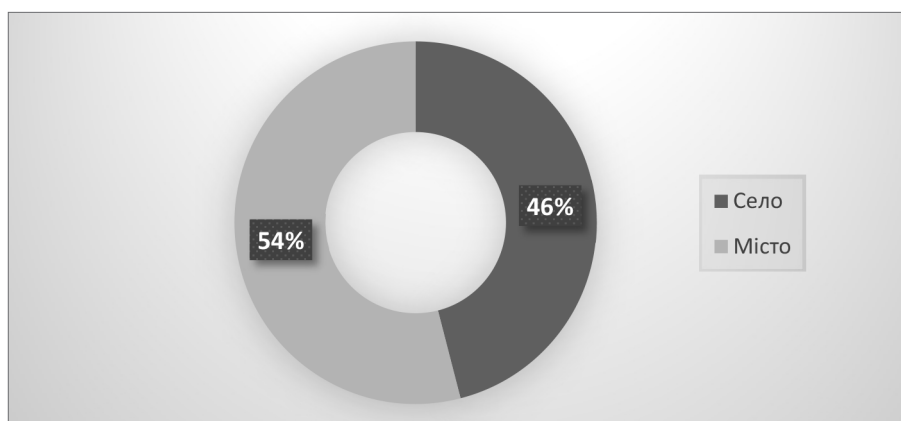


Рис. 3. Розподіл пацієнтів з апендектомією за місцем проживання, %

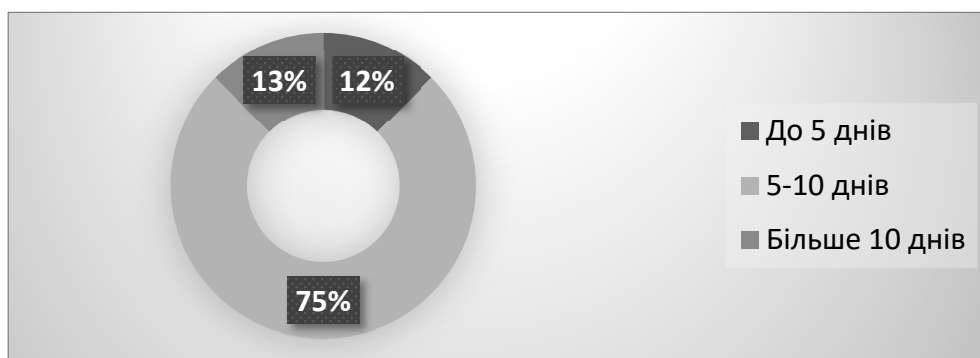


Рис. 4. Розподіл пацієнтів з апендектомією за кількістю ліжко-днів перебування в стаціонарі, %

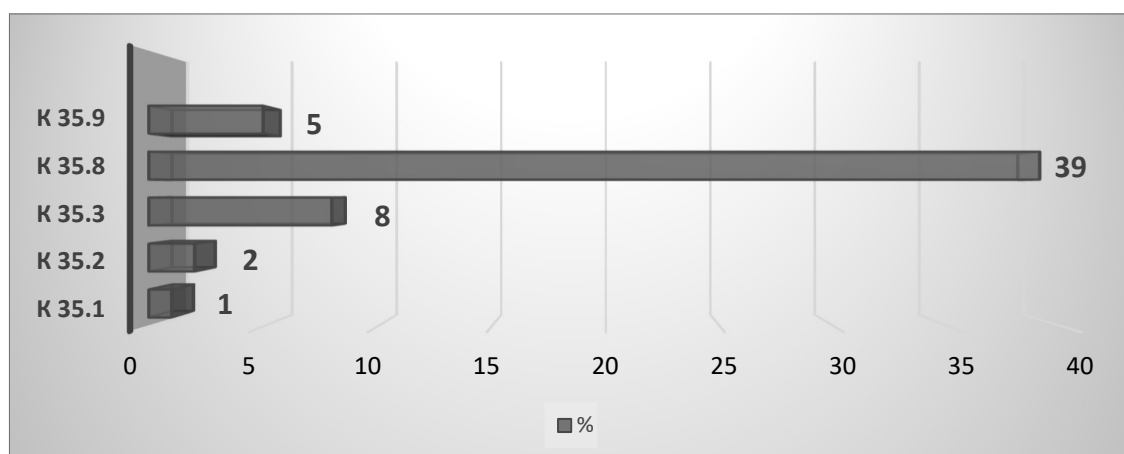


Рис. 5. Розподіл пацієнтів з апендектомією за встановленим діагнозом за кодом МКХ, кількість пацієнтів

що спричинено генералізованим реагуванням організму дитини на запальний процес, незалежно від його локалізації. Водночас, місцеві симптоми є менш виражені. Загальні симптоми проявляються у блюванні, неспокої, температурі, що характерні для низки інших захворювань. Саме це зумовлює складність процесу діагностики апендициту у дитячому віці раннього періоду.

Окрім того, складність процесу діагностики зумовлюється негативним реагуванням дитини на огляд та загальним утрудненням збором анамнезу. При цьому, якщо у дітей старшого віку необхідно звертати особливу увагу на біль в правій здухвинній ділянці, то у період до 3-х років судити про біль можна лише за непрямими ознаками.

Необхідно зауважити, що найважливішою ознакою вбачається динаміка поведінкового реагування дитини. Так, вона, зазвичай, стає капризною, неспокійною, малоконтактною. У дитини спостерігаються порушення сну, характерною є відмова від їжі.

Водночас, як правило, у дитини підвищуються показники температури тіла, яка у молодшому віці сягає 38–39 °С. Доволі частим симптомом позиціонується блювання, у дітей раннього віку блювання носить багаторазовий характер. На початку захворювання блювання носить рефлекторний характер та, зазвичай, не приносить дитині полегшення.

У пізніший період блювання спричинене інтоксикацією.

У процесі об'єктивного огляду дитини ідентифікується сухість губ і язика, а також тахікардія. При формі гострого флегматозного апендициту, як правило, спостерігається обструкція відростка. Відросток напружений, набряклий, потовщений та ущільнений, а місцями, до того ж, вкритий фібринозними нашаруваннями. Основним визначальним симптомом гострого апендициту позиціонується біль в області живота, яка спершу виникає біля пупка. При цьому, біль має ниючий, постійний характер, а з часом його інтенсивність поступово зростає, набуває пульсації.

Через кілька годин біль проявляється у правій здухвинній ділянці — це явище має назву симптому Кохера. Процеси некрозу нервових закінчень у відростку можуть спричинити зменшення больових відчуттів за деякий час. Це характерно для гангренозного апендициту. Дещо пізніше, у процесі виникнення перитоніту, больові відчуття відновлюються та набувають більшої інтенсивності.

Як правило, хворі відмовляються від їжі. Для них характерним є виникнення нудоти та блювання. Підвищуються показники температури до субфебрильних цифр. Також, доволі часто характерним є симптом «ножиць». Зазначений симптом являє

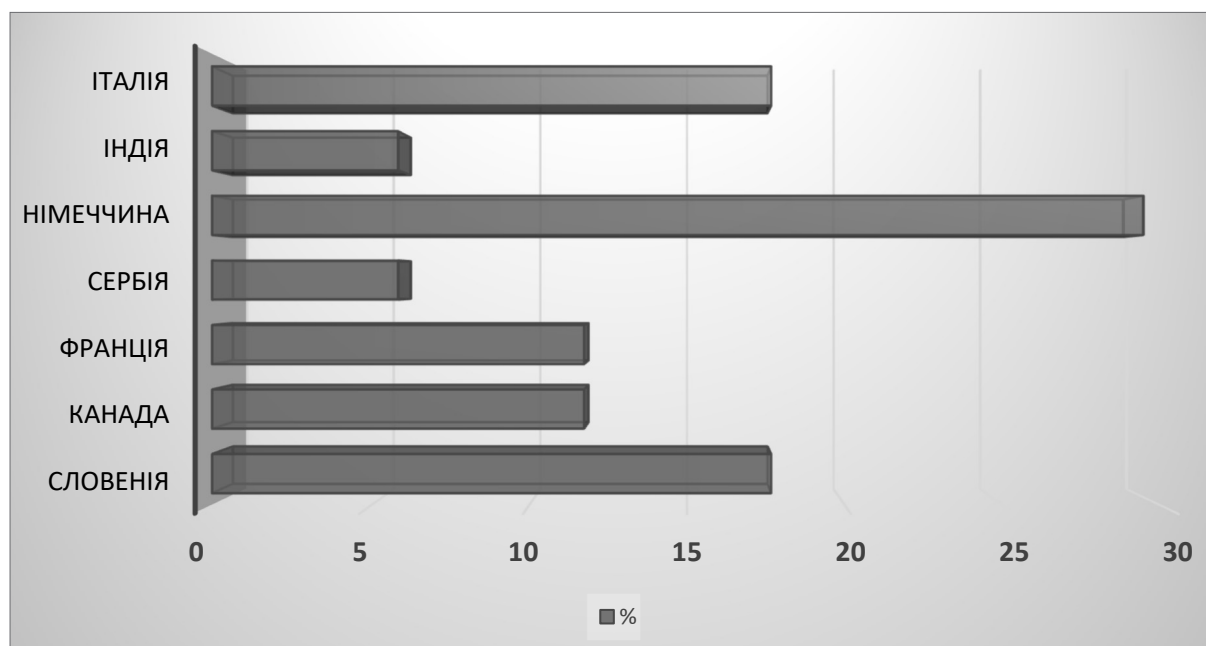


Рис. 6. Країни-виробники ЛПІ групи А07ФА «Антидіарейні мікробні препарати», що представлені на фармацевтичному ринку України, %

собою розбіжність показників пульсу та температури. Для дитини із гострим апендицитом характерним є хворобливий вигляд. Вона повільно пересувається, сутулюється, обережно лягає в ліжко та надає тілу вимушеного характерного положення, для зменшення больових відчуттів.

Маркетинговий аналіз антидіарейних мікробних препаратів

Аналіз інформації «Державного реєстру ЛЗ України» [6] та ресурсу «Компендіум» [10] дозволив встановити основні форми лікарських ЛПІ з антидіарейних мікробних ЛПІ, зареєстрованих в Україні. Зокрема, зазначені ЛЗ зустрічаються у формі капсул, порошку для оральних суспензій, розчинів оральних, крапель оральних, суспензій. Під час даного дослідження було встановлено, що досліджувана група ЛПІ А07ФА репрезентована ЛЗ, що включають сахароміцети булардії, лактобактерії, лактобактерії у комбінаціях та інші. Загалом, дані ЛЗ в межах українського фармацевтичного ринку представлена сімнадцятьма торговими назвами (станом на 2024 рік).

Варто зауважити, що усі ЛЗ досліджуваної групи є імпортованими і постачаються до України з 7-ми країн світу, що репрезентує імпортозалежність даного сегменту вітчизняного фармацевтичного ринку.

Серед зарубіжних країн провідні позиції за обсягом постачання ЛПІ займають Німеччина (29,42%), Італія (17,66%) та Словенія (17,66%) (рис. 6).

За результатами асортиментного аналізу фірм-виробників провідне місце за кількістю ЛПІ посідають такі фірми: Санофі С.п.А. (Італія), Ардейфарм ГмбХ (Німеччина), Лек Фармацевтична компанія д.д. (Словенія).

Досліджувані ЛПІ представлені на ринку великою різноманітністю лікарських форм, найбільшу частку з яких складають капсули (58,8%).

Нами був розрахований і проаналізований коефіцієнт ліквідності цін на ЛПІ досліджуваної групи, який відображає доступність тих чи інших ЛЗ. Чим нижче значення коефіцієнта ліквідності (зазвичай від 0 до 0,5), тим вище рівень конкуренції на ринку, тим доступніше препарат.

Результати аналізу фармакотерапії у післяопераційному веденні дітей після апендектомії методами VEN-аналізу та АВС-аналізу

У контексті фармакотерапії АВС-аналіз являє собою диференціацію ЛПІ за часткою фінансових затрат на їх застосування у межах загального об'єму фармакотерапії протягом визначеного періоду. При цьому, виокремлюються певні групи ЛПІ:

- група А — максимально витратні (до 80% загального обсягу коштів, затрачених на фармакотерапію);
- група В — середньо витратні (15–20% бюджету фармакотерапії);
- група С — мінімально витратні (до 5% загального бюджету фармакотерапії).

Результат дослідження АВС-розподілу представлено у табл. 1.

Категорія А вміщувала найбільш важливі ЛПІ, з найвищою вартістю і найбільшим внеском у загальні витрати на лікування.

До категорії В були віднесені ефективні ЛПІ середньої вартості, що використовуються як частина підтримуючої терапії в період післяопераційного ведення дітей з апендектомією. До категорії С були

Таблиця 1

Результати АВС-аналізу фармакотерапії дітей з апендектомією

№	Назва лікарського препарату	Потреба (орієнтовна вартість, грн)	АВС-категорія
1	АМОКСИЛ-К порошок для розчину для ін'єкцій по 1,2 г порошку у флаконі; № 10	2590,1	A
2	ФЛОРАЗІД (ЦЕФАЗОЛІН) порошок для р-ну д/ін. по 1 г № 10	2030,40	A
3	АМІКАЦИНУ СУЛЬФАТ розчин для ін'єкцій, 50 мг/мл; по 2 мл в ампулі, № 10	970,25	A
4	ЦЕФТАЗИДИМ порошок для розчину для ін'єкцій по 1,0 г, № 10	890,75	A
5	ЦЕФТРИАКСОН порошок для розчину для ін'єкцій по 1 г № 10	410,83	A
6	ЕНТЕРОЖЕРМІНА форте сусп. ор. по 5 мл № 10 у флак.	393,70	A
7	БЕБІНОРМ КАПСУЛИ № 10	317,90	A
8	АКТИВ ФЛОРА бебі+ краплі орал. по 5 мл у флак.	305,69	A
9	ЕНТЕРОЛ 250 капсули по 250 мг № 10 у пляш. скл.	261,97	A
10	ПРОБІЗ Кідс сусп.орал. по 5 мл № 10 у флак.	252,85	B
11	МЕТРОГІЛ® гель для зовнішнього застосування, 10 мг/г, по 30 г у тубі	217,31	B
12	ЛІНЕКС-БЕБІ, пор. для сусп.1,5 г № 10	215,85	B
13	Лактовіт Форте капсули № 14	201,25	B
14	Ентерол порошок по 250 мг № 10	198,93	B
15	Цефазолін порошок для р-ну д/ін. по 0,5 г № 10	197,20	B
16	Лактіалє Жерміна суспензія по 5 мл № 5 у флак.	182,03	B
17	АМОКСИЛ® таблетки по 250 мг, № 20	150,85	B
18	ІНФУЛГАН розчин для інфузій 10 мг/мл; по 100 мл у пляшці	107,37	C
19	АНАЛЬГІН-ДАРНИЦЯ розчин для ін'єкцій, 500 мг/мл, по 2 мл в ампул, № 10	70,99	C
20	ПАРАЦЕТАМОЛ сироп 120 мг/5 мл, по 90 мл у банці;	60,77	C
21	АНАЛЬГІН ДЛЯ ДІТЕЙ супозиторії ректальні по 0,25 г, № 10	51,89	C
22	НО-ШПА® табл. по 40 мг, № 12	48,35	C
23	ПАРАЦЕТАМОЛ сироп, 120 мг/5 мл по 50 мл у флаконі	44,28	C
24	Парацетамол-Дарниця, по 500 мг, № 10	39,33	C
25	ПАРАЦЕТАМОЛ супозиторії ректальні по 0,33 г; № 5	37,48	C
26	ПРОЗЕРИН розчин для ін'єкцій, 0,5 мг/мл, по 1 мл в ампулі, № 10	35,41	C
27	Розчин Рінгера р-н д/ін. по 200 мл	34,41	C
28	ПАРАЦЕТАМОЛ таблетки по 200 мг, № 10	17,81	C
29	ПАРАЦЕТАМОЛ капсули по 325 мг, № 10	17,7	C
30	АНАЛЬГІН таблетки по 500 мг, № 10	8,68	C

Таблиця 2

**Результати VEN-аналізу фармакотерапії пацієнтів з апендектомією
у період післяопераційного ведення**

№	Назва препарату	Фірма виробник	VEN-аналіз
1	ЦЕФТАЗИДИМ порошок для розчину для ін'єкцій по 1,0 г, № 10	ПрАТ «Лекхім-Харків», Україна	V (життєво важливий)
2	АМОКСИЛ® таблетки по 250 мг, № 20	Корпорація Артеріум, ПАТ «Київмедпрепарат», Україна	V (життєво важливий)
3	АМОКСИЛ-К порошок для розчину для ін'єкцій по 1,2 г порошку у флаконі; № 10	Корпорація Артеріум, ПАТ «Київмедпрепарат», Україна	V (життєво важливий)
4	ЦЕФАЗОЛІН порошок для р-ну д/ін. по 0,5 г № 10	ПАТ «Київмедпрепарат», Україна	V (життєво важливий)
5	ФЛОРАЗІД (ЦЕФАЗОЛІН) порошок для р-ну д/ ін. по 1 г № 10	Ананта Медікеар Лімітед, Індія	V (життєво важливий)
6	ЦЕФТРИАКСОН порошок для розчину для ін'єк- цій по 1 г № 10	Дарниця, ПраТ, Україна	V (життєво важливий)
7	ПАРАЦЕТАМОЛ-ДАРНИЦЯ, по 500 мг, № 10	Дарниця, ПраТ, Україна	Е (необхідний)
8	АМІКАЦИНУ СУЛЬФАТ розчин для ін'єкцій, 50 мг/мл; по 2 мл в ампулі, № 10	ПрАТ «Лекхім-Харків», Україна	V (життєво важливий)
9	БЕБІНОРМ капсули № 10	Аріадна, НВП, ТОВ, Україна	Е (необхідний)
10	ЕНТЕРОЛ порошок по 250 мг № 10	БІОКОДЕКС, Франція	Е (необхідний)
11	ІНФУЛГАН розчин для інфузій 10 мг/мл; по 100 мл у пляшці	Юрія-Фарм, ТОВ, Україна	Е (необхідний)
12	АКТИВ ФЛОРА бебі+ краплі орал. по 5 мл у флак.	Мастер Фарм С.А. (Польща)	N (другорядний)
13	РОЗЧИН РІНГЕРА р-н д/ін. по 200 мл	Юрія-Фарм, ТОВ, Україна	Е (необхідний)
14	НО-ШПА® таблетки по 40 мг, № 12	Опелла Хелскеа Хангері Кфт. Опелла Хелскеа Поланд Сп.з о.о., Угорщина	Е (необхідний)
15	АНАЛЬГІН ДЛЯ ДІТЕЙ супозиторії ректальні по 0,25 г, № 10	ПрАТ «Лекхім-Харків», Україна	Е (необхідний)
16	АНАЛЬГІН таблетки по 500 мг, № 10	АТ «Лубнифарм», Україна	Е (необхідний)
17	АНАЛЬГІН-ДАРНИЦЯ розчин для ін'єкцій, 500 мг/мл, по 2 мл в ампул, № 10	Дарниця, ФФ, ПРАТ, Україна	Е (необхідний)
18	МЕТРОГІЛ® гель для зовнішнього застосування, 10 мг/г, по 30 г у тубі	«Юнік Фармасьютикал Лабораторі- різ», Індія	N (другорядний)
19	ПАРАЦЕТАМОЛ таблетки по 200 мг, № 10	Дарниця, ФФ, ПРАТ, Україна	N (другорядний)
20	ПАРАЦЕТАМОЛ сироп 120 мг/5 мл, по 90 мл у банці;	ТОВ «ДКП «Фармацевтична фа- брика», Україна	N (другорядний)
21	ПАРАЦЕТАМОЛ капсули по 325 мг, № 10	ТзОВ «ФК «Здоров'я», Україна	N (другорядний)
22	ПАРАЦЕТАМОЛ супозиторії ректальні по 0,33 г; № 5	ПАТ «Монфарм», Україна	N (другорядний)
23	ПАРАЦЕТАМОЛ ДЛЯ ДІТЕЙ сироп, 120 мг/5 мл по 50 мл у флаконі	ПАТ «Науково-виробничий центр «Борщагівський хіміко- фармацевтичний завод», Україна	N (другорядний)
24	ПРОЗЕРИН розчин для ін'єкцій, 0,5 мг/мл, по 1 мл в ампулі, № 10	Корпорація Здоров'я, ФК, ТОВ, Україна	Е (необхідний)
25	ЕНТЕРОЖЕРМІНА ФОРТЕ суспензія ор. по 5 мл № 10 у флак.	Опелла Хелскеа Італі С.р.л., Італія	Е (необхідний)

Продовження табл. 2

26	ЕНТЕРОЛ 250 капсули по 250 мг № 10 у пляш. скл.	БЮКОДЕКС, Франція	Е (необхідний)
27	ЛАКТОВІТ ФОРТЕ капсули № 14	Mepro Pharmaceuticals Private Limited, Великобританія	Е (необхідний)
28	ЛАКТИАЛС ЖЕРМІНА суспензія по 5 мл № 5 у флак.	Фармак, АТ, Україна	Н (другорядний)
29	ПРОБІЗ КІДС сусп.орал. по 5 мл № 10 у флак.	Unic Biotech, Індія	Н (другорядний)
30	ЛІНЕКС-БЕБІ, пор. для сусп.1,5 г № 10	Сандоз, Словенія	Е (необхідний)

віднесені ЛП з найменшою вартістю, що застосовуються як доповнення до терапії чи симптоматичного лікування. До категорії А входило 7 ЛП (23%). До категорії В відносилося 12 ЛП (40%) і до категорії С — 11 ЛП (37%) (рис. 7).

Отримане співвідношення, відображене графічно на рис. 3.7, свідчить про те, що більшість ЛП мають середні витрати (категорія В), а менша частина ЛП потребує найбільших витрат (категорія А). Це дає можливість більш ефективно керувати бюджетом, фокусуючи увагу на контрольованих витратах, зокрема на ЛП категорії А, що мають найбільший фінансовий вплив, а також категорії В, що вміщують варіативність антидіарейних мікробних ЛП.

Наступним етапом було проведення VEN-аналізу, що дає змогу диференціювати засоби фармакотерапії за рівнем їх важливості для результативності лікування:

- «V» — ЛЗ, що позиціонуються як життєво необхідні;
- «Е» — ЛЗ, що чинять вагомий вплив на результати лікування;
- «N» — ЛЗ, що є другорядними, додатковими.

Результати VEN-аналізу фармакотерапії у період післяопераційного ведення дітей з апендектомією приведено у табл. 2.

VEN-аналіз проводився з урахуванням фармакологічної значущості ЛЗ, а також частоти

використання у клінічній практиці. З результатами VEN-аналізу встановлено, що до категорії V належать 7 ЛП, категорія Е містила 14 ЛП, а до N віднесено 9 ЛЗ (рис. 8).

Результати ABC- та VEN-аналізів дозволяють ідентифікувати, які препарати є максимально впливовими в контексті вартості фармакотерапії, дозволяють визначити «вузькі місця» лікування, де доцільно обирати економічно вигідніші препарати без втрати ефективності фармакотерапії.

Ретроспективний клініко-економічний аналіз фармакотерапії дітей після апендектомії дозволив дослідити специфіку диференціації пацієнтів за віковою, гендерною, соціальною ознакою, за встановленим діагнозом та часом, проведеним у стаціонарі. Основну частку хворих досліджуваної вибірки становили діти у віці 12–16 років (7 дівчаток, 16 хлопчиків) та 8–12 років (17 хлопчиків, 6 дівчаток). Встановлено переважання чоловічої статі серед пацієнтів: 77% (43 особи) — чоловіки, 23% (13 осіб) — жінки. Найбільша частка пацієнтів з апендектомією (близько 75%) перебувала у стаціонарі 5–10 днів. У найбільшій кількості пацієнтів, згідно проведеного аналізу (39%), було встановлено діагноз К35.8 «Гострий флегмонозний апендицит».

За інформацією, отриманою внаслідок проведення частотного аналізу, було встановлено, що найчастіше

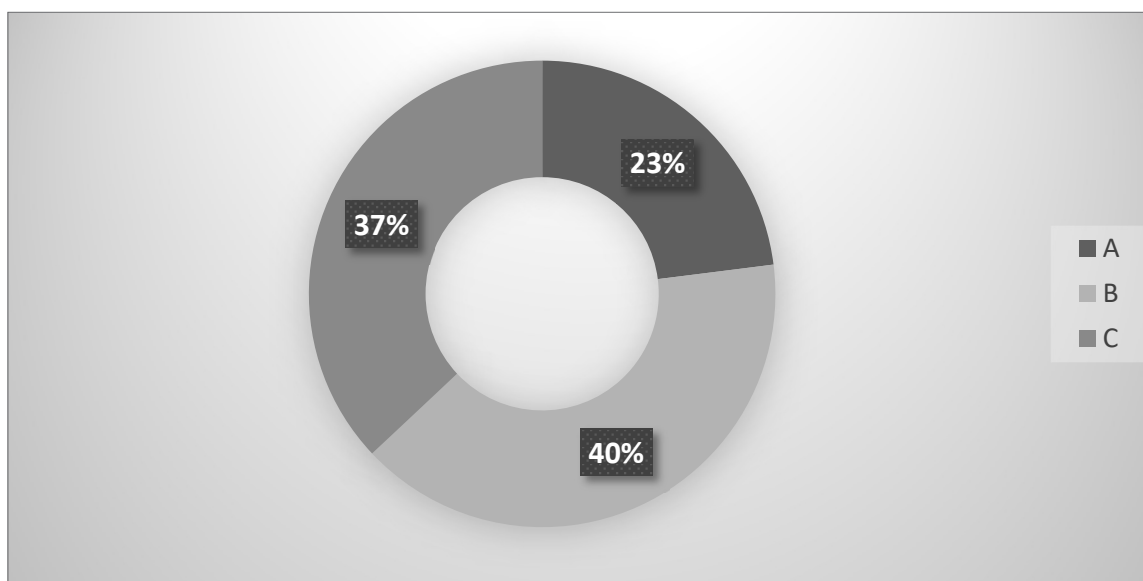


Рис. 7. Результати ABC-аналізу фармакотерапії дітей з апендектомією

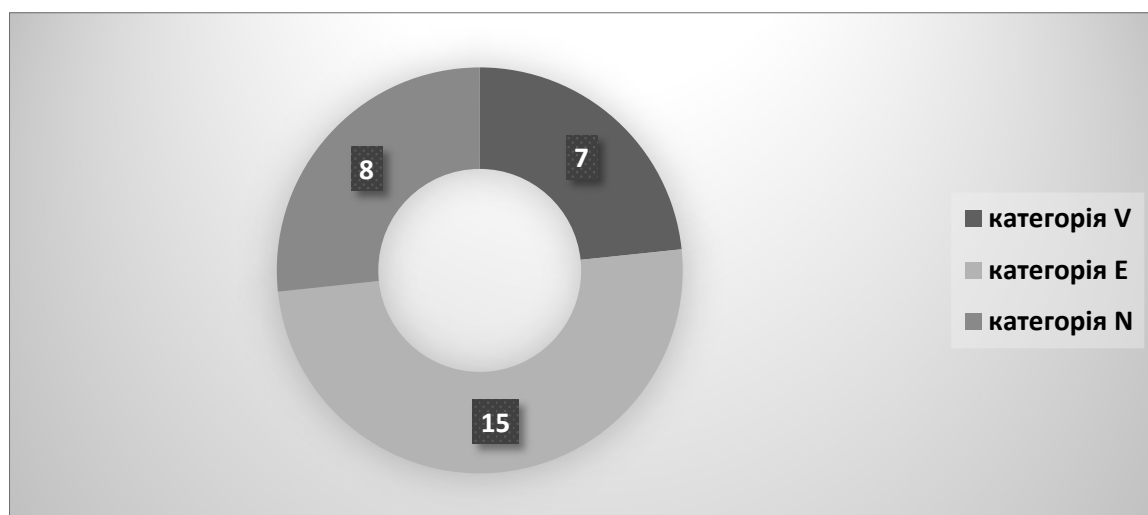


Рис. 8. Результати VEN-аналізу фармакотерапії дітей з апендектомією, %

пацієнтам із апендектомією у період післяопераційного ведення призначався препарат Ентерол 250, Біокодекс, Франція (капсули), частка якого сягає 30,4%. Також, кожен четвертий пацієнт приймав Ентерол 250, Біокодекс, Франція (порошок для орального застосування), та Ентерожерміну форте, Опелла Хелскеа Італі С.р.л., Італія (суспензія оральна).

За результатами ABC-аналізу, до категорії А входило 7 ЛП (23% загальної вартості фармакотерапії), до категорії В — 12 ЛП (40%) і до категорії С — 11 ЛП (37%). Препарати групи мікробних антидіарейних засобів займали крайні позиції у групі А — найвитратніших ліків.

У процесі VEN-аналізу до групи V було віднесено 7 ЛП (обов'язкові препарати), категорія E містила 14 ЛП (допоміжна терапія), а до N віднесено 9 ЛЗ (симптоматичне лікування, профілактика ускладнень). Препарати групи мікробних антидіарейних засобів були віднесені до категорії E (необхідні).

Висновки і рекомендації

1. Дослідження актуального стану супутніх проблем організації післяопераційного ведення дітей після проведеної апендектомії дозволив виявити, що терапія цього періоду зосереджена на боротьбі з інтоксикацією, усуненні водно-електролітних порушень, покращенні функціонування нирок, печінки, серцево-судинної системи, ліквідації парезу кишківника. Зважаючи на частоту випадків діареї та інших кишкових розладів у період післяопераційного ведення дітей з апендектомією, особливої уваги заслуговує в зазначений період правильний підбір лікарем лікарських препаратів групи антидіарейних мікробних засобів. Зазначені ліки відновлюють порушений мікробіоценоз кишківника, чинять етіопатогенетичний вплив, біологічну захисну дію відносно нормалізації кишкової мікрофлори.

2. Аналіз специфіки застосування про- та пребіотиків у сучасній медичній практиці свідчить, що

головні механізми дії активних речовин передбачають антимікробну дію, антитоксичну дію, інтенсифікацію неспецифічного імунного захисту, секреторну дію, ферментативну дію, трофічний ефект, відновлюючи стан слизової оболонки тонкої кишки. Також, дані засоби володіють генетично зумовленою стійкістю до антибіотиків, що обґрунтовує доцільність їх одночасного застосування з останніми з метою захисту та нормалізації біоценозу травного тракту.

3. Опрацювання Державного реєстру лікарських засобів України на предмет пошуку лікарських засобів групи A07FA «Антидіарейні мікробні препарати», які дозволені до обігу на даний час, дозволило визначити основні тенденції. Група A07FA станом на 2024 рік представлена 17 торговими назвами, без урахування дозувань та з урахуванням лікарських форм, вона репрезентована засобами, що включають сахароміцети булардії, лактобактерії, лактобактерії у комбінаціях та інші. Усі лікарські засоби досліджуваної групи є імпортованими і поставляються в Україну з семи країн світу, що репрезентує імпортозалежність даного сегменту вітчизняного фармацевтичного ринку. Серед зарубіжних країн провідні позиції за обсягом постачання лікарських препаратів займають Німеччина (29,42%), Італія (17,66%) та Словенія (17,66%). Ціни на зазначені ліки коливаються в межах від 100 до 500 грн, залежно від виробника, країни походження та форми випуску. Однак, окремі лікарські препарати, що мають вищу цінову політику, забезпечують стійкий терапевтичний ефект. Водночас при застосуванні інших, що характеризуються більш демократичною ціною, для досягнення позитивного ефекту необхідне тривале застосування, що може збільшувати загальні витрати на лікування.

4. Ретроспективний аналіз характеристик дітей з апендектомією, які отримали лікування під час післяопераційного ведення, дозволив виявити, що основну їх частку становили особи у віці 12–16 років

(7 дівчаток, 16 хлопчиків) та 8–12 років (17 хлопчиків, 6 дівчаток). Встановлено переважання чоловічої над жіночою статтю: 77% і 23% відповідно. Найбільша частка пацієнтів після апендектомії (75%) перебувала у стаціонарі 5–10 днів. Дещо більша кількість дітей були із міста (53%). Отримана диференціація свідчить про те, що проблема апендектомії у дітей залишається актуальною, незалежно від місця проживання. У 39% осіб було встановлено діагноз K35.8 «Гострий флегмонозний апендицит».

5. Аналіз раціональності витрат на лікування досліджуваної групи пацієнтів за методами частотного, ABC-аналізу і VEN-аналізу показав, що із групи A07FA «Антидіарейні мікробні препарати» найчастіше лікарі призначали Ентерол 250, Біокодекс, Франція у 2-х лікарських формах — капсули і порошок для орального застосування і Ентерожерміну форте, суспензія, Опелла Хелскеа Італі С.р.л., Італія. За результатами ABC-аналізу проведеної післяопераційної фармакотерапії, категорію А сформували 7

засобів (23% загальної вартості), категорію В — 12 (40%), категорію С — 11 (37%). Мікробні антидіарейні препарати увійшли у категорію А (найвитратніші засоби). За результатами VEN-аналізу до групи V було віднесено 7 препаратів (обов'язкові), до Е — 14 (допоміжна терапія), до N — 9 (симптоматичне лікування, профілактика ускладнень). Препарати групи мікробних антидіарейних препаратів були віднесені до категорії Е (необхідні), оскільки їх застосування на фоні антибіотикотерапії гарантує відновлення кишкової мікрофлори.

6. Маркетинговий аналіз групи A07FA «Антидіарейні мікробні препарати» виявив, що вона демонструє достатній асортимент зареєстрованих ліків. Водночас, даний сегмент ринку є повністю імпортозалежним, що, на нашу думку, потребує розробки і впровадження на вітчизняний фармацевтичний ринок ефективних, якісних, безпечних і доступних за ціною як генеричних, так і інноваційних мікробних лікарських засобів з антидіарейною активністю.

Література

1. Антонюк А. Дитяча гастроентерологія і нутриціологія: вітчизняний та іноземний досвід у діагностиці та лікуванні захворювань шлунковокишкового тракту. *Український медичний часопис*. 2014. № 6 (104).
2. Белоусов Ю.В. Пробиотики та пребіотики в корекції кишкового дисбіозу у дітей. *Педіатрія, акушерство та гінекологія*. 2005. № 5. С. 57–60.
3. Библюк Й.І., Библюк Ю.Й. Хірургія дитячого віку — Івано-Франківськ : ІФДМУ, 2006. 380 с.
4. Гастроентерологія: підручник у 2-х томах / За ред. Н.В. Харченко, О.Я. Бабака. Кіровоград : Поліум, 2016. Т. 1. 488 с.
5. Гром О.Л., Чухрай І.Л., Холевка Д.П. Порівняльний аналіз асортименту лікарських засобів для фармакотерапії кишкових дисбіозів в Україні та Польщі. *Фармацевтичний часопис*. 2011. № 4.
6. Державний реєстр лікарських засобів України. URL: <http://vww.drlz.kiev.ua/> (дата звернення: 10.02.2025).
7. Заліська О.М. Теоретичні основи і практичне використання фармакоекономіки в Україні: автореф. дис. ... д-ра фарм. наук. Львів, 2004. 33 с.
8. Зінчук О.М., Зубач О.О., Адамович О.П. Сучасні аспекти пероральної регідrataції при гострих кишкових інфекціях. *Семейная медицина*. 2017. № 4(72). С. 134–135.
9. Іванько О.В., Калина Р.А. Проблеми та напрями сучасного лікування гострого апендициту. *Хірургія України*. 2014. № 3. С. 100–104.
10. Компендіум. URL: <https://compendium.com.ua/uk/atc/J01DH02/> (дата звернення: 10.02.2025).
11. Крайдашенко О.В., Кремзер О.О., Михайлик О.А. Клінічна фармакологія та фармакотерапія в гастроентерології: навч. посіб. Запоріжжя, 2016.
12. Лисюк Ю.С., Савчак Я.О., Пилипович О.І. До питання створення вітчизняних протоколів надання медичної допомоги хворим з гострою хірургічною патологією на засадах доказової медицини. *Хірургія України*. 2017. № 2. С. 108–115.
13. Маркетинговий аналіз. За ред. докт. економ.наук, проф. В.В. Липчука. К.: Академвидав, 2008. 215 с.
14. Михайловська Н.С., Лісова О.О. Алгоритм діяльності сімейного лікаря при основних захворюваннях шлунково-кишкового тракту: навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗДМУ, 2019. 179 с.
15. Рингач Н.О., Керецман А.О. Хвороби органів травлення: історичні паралелі змін класифікації та епідеміологічної ситуації. *Семейная медицина*. 2015. № 4 (60). С. 137–141.
16. Симптоми та синдроми в практичній фармації. Принципи терапії: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. 2-ге вид., доп. / І.А. Зупанець, С.Б. Попов, Ю.С. Рудик та ін.; за ред. І.А. Зупанця, В.П. Черних. Харків: Золоті сторінки, 2021. 120 с.
17. Система дослідження ринку лікарських засобів «Pharmexplorer» компанії «Моріон». URL: <http://www.pharm-standart.com.ua> (дата звернення: 10.02.2025).
18. Степанов Ю.М., Скирда І.Ю., Петішко О.П. Хвороби органів травлення — актуальна проблема клінічної медицини. *Gastroenterologia*. 2019. № 53 (1). С. 1–6.

19. Сучасні класифікації та стандарти лікування захворювань внутрішніх 53 органів. Невідкладні стани в терапії: довід.-посіб. / за ред. Ю. М. Мостового. 18-е вид. Київ : Центр ДЗК, 2015. 680 с.
20. Горобець Н. М., Матяш Л. О., Пехенько В. С., Барна О. М. Сучасні методи лікування захворювань, викликаних *Helicobacter pylori*. *Ліки України*. 2019. № 8 (234). С. 36–39.
21. Сушко В. І. Хірургія дитячого віку. К. : Здоров'я, 2002. 468 с.
22. Фармакологія: підруч. для студентів мед. ф-тів / І. С. Чекман та ін. 4-те вид. Вінниця: Нова Книга, 2017. 784 с.
23. Фармацевтична опіка : практичний посібник / І. Зупанець, В. Черних, С. Попов та ін. Київ: Фармацевт Практик, 2018. 224 с.
24. Яковлева О. С. Фармакоекономіка у питаннях та відповідях : навч. посіб. для провізорівінтернів. Запоріжжя : ЗДМУ, 2015. 88 с.
25. Abouelela M. E., Helmy Y. A. Next-Generation Probiotics as Novel Therapeutics for Improving Human Health: Current Trends and Future Perspectives. *Microorganisms*. 2024. № 12(3).
26. Acosta-Rodríguez-Bueno C. P., Abreu y Abreu A. T., Guarner F., Guno M. J. V., Pehlivanoglu E., Perez M. *Bacillus clausii* for Gastrointestinal Disorders: A Narrative Literature Review, 2022. *Advances in Therapy*.
27. Guo M., Wu F., Hao G., Qi Q., Li R., Li N., Wei L., Chai T. *Bacillus subtilis* Improves Immunity and Disease Resistance in Rabbits. *Frontiers in Immunology*. 2017. № 8.
28. Lee N.-K., Kim W.-S., Paik H.-D. *Bacillus* strains as human probiotics: characterization, safety, microbiome, and probiotic carrier. *Food Science and Biotechnology*. 2019. № 28(5). P. 1297–1305.
29. Polova Z. M., Tarasenko V. O., Myronchuk T. M., Polovyi A. S. Дослідження асортименту фармацевтичного ринку лікарських засобів з пробіотичною активністю, що містять бактерії роду *Bacillus*, *Lactobacillus* та *Bifidobacterium*. *Ukrainian Journal of Military Medicine*. 2024. № 5(2). P. 120–128.
30. Sayko I., Halesova Y., Sichkar A., Kryklyva I. Аналіз вітчизняного ринку лікарських засобів для лікування гострих кишкових інфекцій. *Annals of Mechnikov's Institute*. 2024. № 2. С. 41–47.
31. Vittoria M., Saggese A., Istatico R., Baccigalupi L., Ricca E. Probiotics as an Alternative to Antibiotics: Genomic and Physiological Characterization of Aerobic Spore Formers from the Human Intestine. *Microorganisms*. 2023. № 11(8).
32. Шибіста Д., Іванців О. Клініко-економічний аналіз групи лікарських препаратів «Антидіарейні протимікробні препарати» у післяопераційному веденні дітей з апендектомією. *Механізми розвитку патологічних процесів і хвороб та їх фармакологічна корекція: матеріали VII науково-практичної internet-конференції з міжнародною участю*. м. Харків, 14 листопада 2024. С. 384–385.

Yanko Maksym*Tattoo artist**Nautilus tattoo*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10732

USING TATTOOS TO COVER UP POST-SURGICAL SCARS AND FOR REHABILITATION

Summary. In recent years, tattoos have become not only a form of self-expression, but also a tool for medical and psychological rehabilitation. One promising area is the use of tattoos to mask postoperative scars. This scientific article examines the medical, aesthetic and psychological aspects of using tattoos as a method of rehabilitation for patients with postoperative scars, and also analyzes modern approaches and technologies in this area. Statistical data, graphs and research results are provided to confirm the effectiveness of this method. Particular attention is paid to innovations such as 3D tattoos and micropigmentation, as well as the impact of the procedure on the psychological state of patients.

Key words: tattoos, post-surgical scars, rehabilitation.

Introduction. Postoperative scars are a common consequence of surgical interventions. They can cause not only physical discomfort, but also have a significant impact on the psychological state of patients, reducing self-esteem and quality of life. Traditional methods of scar correction, such as laser therapy, dermabrasion or the use of silicone sheets, do not always provide the desired aesthetic result. In this context, tattoos become an innovative solution that allows not only to disguise the scar, but also to restore the patient's self-confidence. In addition to the aesthetic function, tattoos can play a therapeutic role, helping patients accept their bodies after injuries or surgeries. Some clinics are already introducing this method into rehabilitation programs, including consultations with psychologists and dermatologists.

Methods and approaches

Medical aspects

An important factor when applying a tattoo to post-operative scars is the time that has passed since the surgery. It is recommended to apply a tattoo only after the scar has completely healed, which usually takes from 6 to 12 months. The scar should be mature, without signs of inflammation or hypertrophy. In the case of keloid scars, a preliminary consultation with a dermatologist is required, as some types of tattoos can aggravate their development.

The safety of the procedure is ensured by the use of sterile instruments and hypoallergenic pigments, which minimizes the risk of infection and allergic reactions. It is also important to take into account the characteristics of the skin in the scar area, as it may

be denser or, conversely, too sensitive, which requires a special approach from the master.

Aesthetic aspects

Tattoos can be used to visually smooth out a scar, blending it with the surrounding skin. This is done using realistic skin texture and color reproduction techniques. Scars can also be integrated into artistic compositions, turning them into part of a unique design. This is especially popular among patients who want to not only hide a scar, but also give it symbolic meaning. Modern artists use special shading techniques, which makes the tattoo more natural and unnoticeable. Camouflage pigments are selected individually to best match the patient's skin tone.

Psychological aspects

Covering up a scar with a tattoo helps patients accept their body and reduce anxiety. The process of getting a tattoo can be part of psychological rehabilitation, allowing the patient to take control of their body and emotions. Research shows that patients who choose tattoos to cover up scars report a significant improvement in their quality of life.

In addition, participation in choosing the tattoo design helps the patient feel involved in the process of changing their body, which has a positive effect on the psychological perception of the traumatic experience.

Technology and Innovation

One of the most progressive methods is micropigmentation. This approach is based on the introduction of special pigments under the upper layer of the skin,

which allows you to create a natural shade that is as close as possible to the color of the surrounding skin. This method is often used to mask small scars and marks, providing a natural and lasting result.

Three-dimensional (3D) tattoos are another innovation in the field of scar masking. They create the illusion of volume, which helps to hide the unevenness of the scar tissue. With the help of subtle shadow transitions and precise selection of the color palette, you can achieve maximum similarity with the surrounding skin, making the scar almost invisible.

Camouflage tattoos are a technique in which the artist selects pigments identical to the natural skin color of the patient. This allows the scar to blend in with the surrounding tissue as much as possible. This method is especially effective in correcting extensive scars that are difficult to hide in other ways.

Laser preparation of the skin before applying a tattoo plays an important role in improving the durability and uniformity of pigment application. Laser treatment helps smooth out the surface of the scar, making it less visible and more receptive to tattooing. This is especially useful in cases where the scar has an uneven texture. Modern biocompatible pigments provide long-term durability and safe interaction with the skin. They are less prone to fading and do not cause allergic reactions, which makes the tattooing process safer and more durable.

Results and discussion. Research confirms that using tattoos to cover up post-surgical scars has a positive effect on patients in terms of both physical and psychological well-being. According to surveys, 85% of patients noted a significant improvement in the appearance of their scars after getting a tattoo. They said that their skin began to look more natural, and

the scars became less noticeable even upon close examination.

In addition, 78% of respondents reported increased self-esteem and decreased anxiety. Many patients noted that after getting a tattoo, they stopped being ashamed of their bodies and began to lead a more active lifestyle, including playing sports, visiting swimming pools, and wearing revealing clothing.

A comparative analysis of scar correction methods shows that tattoos provide a higher level of patient satisfaction (85%) compared to laser therapy (65%) and dermabrasion (70%). Laser methods often require multiple procedures and do not always provide predictable results, while tattoos allow you to achieve an immediate visual effect. Some studies also show that the use of 3D tattoos and micropigmentation can achieve a virtually invisible effect, especially in cases where the scars have an uneven texture. In addition, patients with extensive scars are recommended to use a combined approach, including preliminary skin preparation with laser methods before applying a tattoo, which increases the durability and naturalness of the result.

An important aspect is also psychological support for patients. Studies have shown that the process of choosing and applying a tattoo in itself becomes part of emotional rehabilitation. Many patients noted that they felt more confident and satisfied after the procedure, and also acquired a new outlook on their body.

Thus, the analysis shows that tattoos for scar camouflage are not only an aesthetic, but also a therapeutic tool. They help patients regain confidence, improve their quality of life and reduce anxiety, giving them the opportunity to control their appearance and feel comfortable in their bodies.

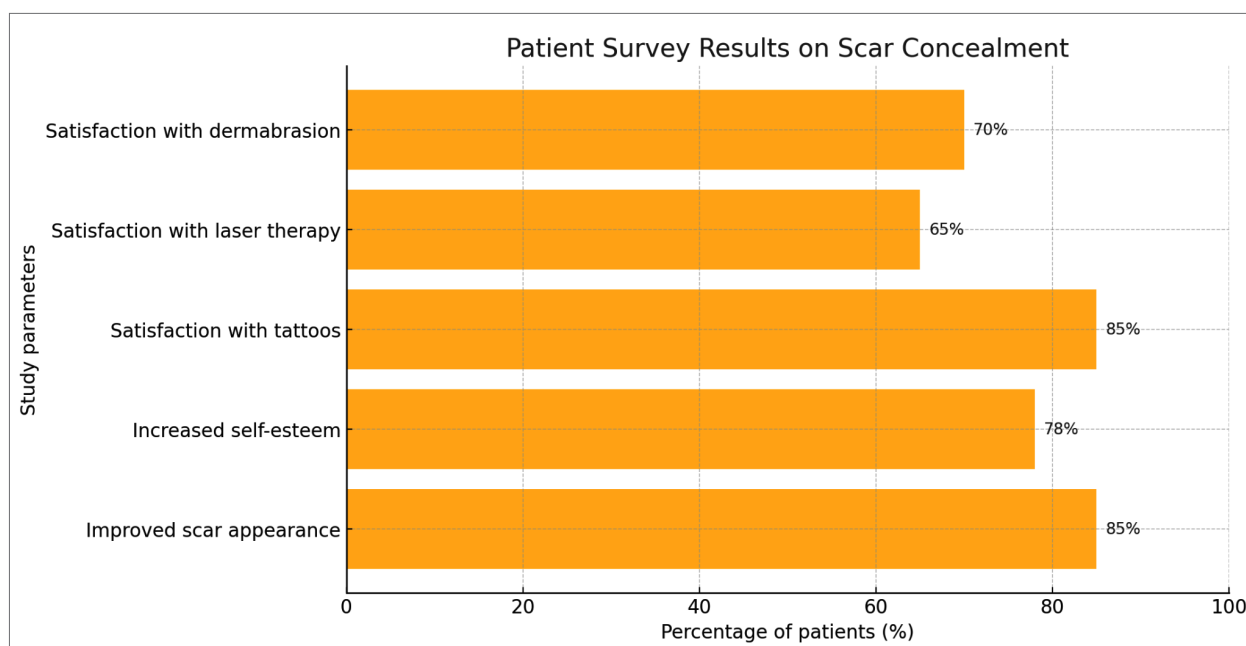


Fig. 1

Tattoo aftercare

In the first days after the procedure, especially careful care is required. It is recommended to apply a protective film or bandage for 2–4 hours, after which the skin should be treated with antiseptic agents, such as chlorhexidine, to prevent infection. During the first week, you should regularly apply healing ointments, such as Bepanten or Panthenol, which promote skin regeneration.

It is important to avoid direct sunlight and visiting a solarium, as ultraviolet radiation can cause the pigment to fade. It is also necessary to avoid swimming in open water and pools for at least two weeks to reduce the risk of infection.

Long-term tattoo care includes the use of sunscreens with a high SPF (at least 50) to prevent pigment fading. Regular moisturizing of the skin with special products designed for tattoo care is also recommended. In some cases, color correction may be required after a few years, especially if the pigments partially fade. Thus, modern technologies and innovations make the process of masking postoperative scars as effective, safe and aesthetically attractive as

possible, providing patients with not only an improved appearance, but also psychological comfort.

Conclusion. Using tattoos to mask post-surgical scars is a promising area at the intersection of medicine and art. This method not only improves the aesthetic appearance, but also contributes to the psychological rehabilitation of patients. It helps patients gain confidence, reduce anxiety and improve their overall emotional state.

With the development of technology and the emergence of new techniques such as 3D tattoos and micropigmentation, the possibilities of this method are becoming even broader. It is important to continue research and improvement of technologies to make this process even safer and more effective.

The future lies in the development of an interdisciplinary approach, where dermatologists, psychologists and tattoo artists will work together to achieve the best result for patients. The development of new pigments, improved sterilization and the development of computer modeling will help improve the quality of services and the level of patient satisfaction.

References

1. Anderson, R. R., & Parrish, J. A. (1981). The optics of human skin. *Journal of Investigative Dermatology*, 77(1), 13–19.
2. Hanke, C. W., & Cormier, M. D. (2013). Micropigmentation for medical and cosmetic applications. *Dermatologic Surgery*, 39(3), 447–458.
3. Van der Velden, J. J., & Huizing, E. H. (2005). Camouflage tattooing for skin abnormalities. *Clinical Dermatology*, 23(6), 511–515.
4. Kluger, N. (2019). Tattooing in dermatology: A review of medical applications. *International Journal of Dermatology*, 58(7), 788–798.
5. Rubin, M. G., & Dover, J. S. (2000). Aesthetic applications of tattooing. *Aesthetic Surgery Journal*, 20(5), 405–411.

УДК 377

ПЕДАГОГІЧНІ НАУКИ

Четверіков Олександр Феодосійович

*Засновник Української Екстремології,
аспірант*

Інституту професійної освіти НАПН України

Chetverikov Oleksandr

Founder of Ukrainian Extremology,

Postgraduate of the

Institute of Professional Education of the NAES of Ukraine

ORCID: 0009-0000-5794-9899

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10729

МОДЕЛЬ «AR-SA-PA-AA»: ВІД ТЕОРІЇ ДО ПРАКТИКИ В УКРАЇНСЬКІЙ ЕКСТРЕМОЛОГІЇ

THE «AR-SA-PA-AA» MODEL: FROM THEORY TO PRACTICE IN UKRAINIAN EXTREMولوجY

Анотація. Реагування на екстремальні ситуації вимагає швидкої оцінки обставини, ефективного прийняття рішень та аналізу дій. У статті розглядається та пропонується модель «AR-SA-PA-AA» (Attention Reflex – Search Activity – Practical Action – Action Analysis), яка включає чотири етапи: Рефлекс Уваги, Пошукову Активність, Практичні Дії та Аналіз Дій. Запропонована модель навчання сприяє розвитку навичок оперативного мислення, тактичного реагування та адаптації до нестандартних умов. Впровадження цієї моделі в освітні програми допоможе підготуватися до реальних викликів, що можуть виникнути в кризових, нестандартних та екстремальних ситуаціях.

Ключові слова: українська екстремологія, ситуації, навчання, увага, пошук, дії, аналіз.

Summary. Responding to extreme situations requires a quick assessment of the situation, effective decision-making and action analysis. The article discusses and proposes the model “AR-SA-PA-AA” (Attention Reflex – Search Activity – Practical Action – Action Analysis), which includes four stages: Attention Reflex, Search Activity, Practical Action and Action Analysis. The proposed learning model promotes the development of skills of operational thinking, tactical response and adaptation to non-standard conditions. The introduction of this model into educational programs will help prepare for real challenges that may arise in crisis, non-standard and extreme situations.

Key words: Ukrainian extremology, situations, training, attention, search, action, analysis.

Вступ. У сучасному світі екстремальні ситуації можуть виникати у різних сферах життя, від природних катастроф до техногенних аварій, соціальних криз та воєнних конфліктів. Підготовка до дій у нестандартних та екстремальних умовах є важливим компонентом сучасної освіти. В умовах нестабільності, воєнних конфліктів та зростання техногенних та природних загроз необхідно формувати не лише теоретичні знання, а й практичні навички ефективного реагування.

Традиційні методики підготовки часто базуються на лінійному підході: отримання знань — їх

застосування на практиці. Однак у реальних умовах діяти доводиться за обмеженого часу та в умовах невизначеності. Тому необхідна модель, що поєднує рефлексорну реакцію, активний аналіз ситуації, ухвалення швидких рішень та постійне вдосконалення навичок. Запропонована модель «AR-SA-PA-AA» далі як «Увага — Пошук — Дія — Аналіз» є структурованим підходом, що забезпечує підвищення рівня підготовленості до нестандартних та екстремальних ситуацій.

Основна частина. «AR-SA-PA-AA» у контексті української екстремології можна розглядати як

модель підготовки та реагування в екстремальних ситуаціях, яка включає елементи алгоритму, концепції та протоколу дій.

Обґрунтування вибору

- Модель — найкраще визначення, оскільки структурно описує процес поведінки людини в нестандартних та екстремальних ситуаціях, включаючи всі ключові етапи: від першої реакції (AR) до рефлексії дій (AA). Вона задає загальну систему реагування, яка може бути адаптована для різних сфер.
- Алгоритм — частково підходить, оскільки «AR-SA-PA-AA» містить послідовність дій. Проте, на відміну від жорсткого алгоритму, ця система гнучка та дозволяє адаптуватися до змінних умов.
- Концепція — може розглядатися як ширший підхід до навчання екстремології. Однак концепція зазвичай описує загальні принципи без обов'язкового виділення чітких етапів, тоді як «AR-SA-PA-AA» включає структуровані елементи.
- Протокол дій — не зовсім точно визначення, оскільки протокол зазвичай містить жорстко регламентовані кроки та інструкції для конкретних ситуацій. «AR-SA-PA-AA» більш універсальна та може варіюватися залежно від обставин.

Розробником моделі є Олександр Феодосійович Четверіков. Ця модель створена в рамках Української Екстремології та забезпечує логічну послідовність дій, вона базується на чотирьох ключових етапах:

1. *Attention Reflex (AR)* — **Рефлекс уваги (Увага)**
2. *Search Activity (SA)* — **Пошукова активність (Пошук)**
3. *Practical Action (PA)* — **Практичні дії (Дія)**
4. *Action Analysis (AA)* — **Аналіз дій (Аналіз)**

Ключові причини створення моделі підготовки та реагування в небезпечних ситуаціях:

- Необхідність чіткої структури прийняття рішень в екстремальних ситуаціях, О. Четверіков досліджував, як люди реагують на несподівані, небезпечні або критичні ситуації. Отриманий результат, хаотичні чи інтуїтивні рішення часто призводять до помилок, тому виникла потреба у логічній послідовності дій для підвищення ефективності поведінки.
- Аналіз поведінкових моделей у стресових умовах, вивчаючи реакції людей під впливом страху, невизначеності та тиску, що характерні для екстремальних умов. Було важливим знайти спосіб мінімізувати паніку та забезпечити контрольовану поведінку, яка дозволяла б ухвалювати оптимальні рішення.
- Поеднання наукових підходів, використання досягнень когнітивної психології, нейрофізіології, військової тактики, педагогіки та екстремології, щоб створити модель, яка враховує як біологічні реакції, так і свідомі аналітичні процеси.
- Практична потреба у навчанні екстремальним вмінням, модель AR — SA — PA — AA стала основою для підготовки тих хто мають діяти в умовах високого ризику. Вона дозволяє не лише реагувати на загрозу, а й навчатися на власному досвіді через аналіз наслідків.
- Інноваційність підходу, на відміну від класичних моделей стрес-реакцій («бий, біжи або замри»), модель враховує не лише миттєву реакцію, а й процес навчання, тобто можливість адаптувати стратегії поведінки на основі минулого досвіду.

Таким чином, О. Четверіков розробив «AR — SA — PA — AA» (рис. 1) як універсальний алгоритм, що дозволяє людині ефективно діяти в будь-яких екстремальних умовах, аналізувати свої помилки та вдосконалювати навички.

Етапи:

1. **Рефлекс уваги (*Attention Reflex*, AR)**



Рис. 1. Модель підготовки та реагування в екстремальних ситуаціях
Джерело: розроблено автором, малюнок зроблений програмою <https://ideogram.ai>

Перший етап моделі передбачає швидку оцінку ситуації та ідентифікацію потенційних загроз. Важливими складовими цього етапу є:

- Концентрація на ключових елементах ситуації;
- Визначення потенційних загроз;
- Формування установки на подальші дії.

Методи розвитку рефлексу уваги включають тренування периферійного зору, сенсорного сприйняття, миттєвої реакції на подразники, а також вправи з підвищення концентрації та ситуаційної обізнаності.

2. Пошукова активність (Search Activity, SA)

На цьому етапі відбувається аналіз наявної інформації та пошук можливих варіантів розв'язання проблеми:

- Аналіз оточення та оцінка загроз;
- Виявлення доступних ресурсів;
- Визначення потенційних варіантів дій;
- Використання когнітивних стратегій для ухвалення обґрунтованих рішень;
- Створення установки на подальші дії.

3. Практична дія (Practical Action, PA)

Цей етап передбачає безпосереднє виконання ухвалених рішень. Основні принципи:

- Використання набутих навичок у реальних умовах;
- Гнучкість та адаптація до змінних обставин;
- Прийняття відповідальності за власні дії.

Методи тренування включають відпрацювання алгоритмів дій у критичних ситуаціях, симуляції,

моделювання екстремальних сценаріїв, а також тренування психологічної та фізичної стійкості.

4. Аналіз дій (Action Analysis, AA)

Останній етап спрямований на порівняння та оцінку дій, виявлення помилок та вдосконалення навичок для покращення майбутньої підготовки. Основні аспекти аналізу:

- Порівняння запланованих та фактичних дій;
- Визначення ефективних стратегій та помилок;
- Коригування підходів до майбутніх подібних ситуацій.

Висновки. Модель «AR-SA-PA-AA» (**Увага — Пошук — Дія — Аналіз**) є ефективним підходом для навчання діям у нестандартних та екстремальних ситуаціях. Вона забезпечує системність підготовки, починаючи від розвитку уваги та пошуку інформації та закінчуючи практичними діями та аналізом власного досвіду. Впровадження цієї моделі у навчальні програми дозволяє підвищити рівень готовності до реальних викликів, сприяє формуванню фізичної та психологічної стійкості та ефективності у прийнятті рішень в умовах невизначеності.

Запропонований підхід може бути використаний у військовій, рятувальній, медичній та освітній сферах як основа для розвитку практичних навичок реагування на надзвичайні ситуації.

Література

1. Васечко О.О., Четверіков О.Ф. Екстремологія: поведінковий та кількісний аспекти. *Статистика України*. 2020. № 1. С. 24–34.
2. Четверіков О.Ф., Мотузка О.М. Огляд теоретичних і практичних підходів до екстремології. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2020. № 9(89). С. 55–62.
3. Четверіков О.Ф., Щоб у разі небезпеки діяти раціонально, потрібно мати відповідні знання і навички. *Урядовий кур'єр*. 27.05.2020. URL: <http://www.ukurier.gov.ua> (дата звернення: 12.01.2025).
4. Четверіков О.Ф. Українська екстремологія. URL: <https://extremology.org/#articles> (дата звернення: 20.01.2025).
5. Четверіков О.Ф. Методичні основи практичної підготовки охоронців до професійної діяльності в екстремальних ситуаціях. *Матеріали XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (звітної) Інституту професійної освіти НАПН України*. 2024. Вип. 1(14). С. 384–288.
6. Четверіков О.Ф. Українська екстремологія: інноваційні підходи та соціокультурний контекст. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2025. № 1. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2025-1-10670>.

Chang Sukjoo*PhD Student of the Department of Biomedical Engineering
Georgian Technical University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10714

DEEP LEARNING PROCESSING CNN MODEL IN SEIZURE DETECTION

Summary. Visualize EEG signal through CNN based deep learning processing to detect seizure as pre-scanning in epilepsy.

Key words: epilepsy, EEG, Seizure, EfficientNet.

More than 1% of the population in the world have been suffered from epilepsy and more than 50 million individuals have been suffered and living under the condition (Fisher et al, 2005). To detect epilepsy, electroencephalography (EEG) is most common and plays a major role in detection of it. The aim of this research was to test and improve the possibility to seizure detection with deep learning system and to identify and compare the possible method of EEG detection by the deep learning process to apply it effectively for professional field and confirm the designed system with confusion matrix score. 30 patients scalp EEG data MHG (Mediclub Hospital in Georgia) was used for CNN based Convolutional Neural Networks conducted in EfficientNet with conducted STFT (Shor Time Fourier Transform) Spectrogram to visualize EEG segment signal. EfficientNet showed high correlation between EEG signal and designed deep learning system.

Introduction. The most effective and accurate method to detect epilepsy have been found was EEG (Electroencephalography). Through electric signals in certain parts of the brain, abnormal frequency, peak, wave length could be detected between $-100\mu\text{V}$ and $100\mu\text{V}$ brainwaves within Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma frequency from the low to high. Seizure

signal often divided three stages, Pre-ictal, Ictal, and Post-ictal and normal stage as an epilepsy are called Inter-ictal. Alma et al developed the difference of EEG signal between Inter-ictal(a) and Ictal stage in 2019.

Koatas et al developed PSM (Patient-Specific Method) by conducting STFT (Short time Fourier Transform) and classified CNN model in 2018 and in 2020, Zhang et al used CHP-MIT scalp EEG dataset to transform raw EEG to visualize image with SFTF spectrogram to improve accuracy which could be used with deep learning to detect and predict chronic seizure prediction. With deep learning technology and methods, Explanation Artificial Intelligence(XAi) developed to model behavior and interpret Ai generated results. Tan et al, developed EfficientNet to improve model performance by balancing the relationship between depth, width, and resolution, providing a clear justification for model scaling. In this study, EEG data set by MGH identified and processed by CNN based deep learning to identify correlation between EEG and EfficientNet in seizure detection.

Main part. Each patient have variation of locating of electrodes but followed by most common EEG locating method by Roger, 2018, Scalp EEG data used in this study collected at 30 pediatric patients in MGH

Table 1

EEG dataset information

Dataset	MHG
EEG type	Scalp EEG
Number of Patients	30
Number of channels	20 selected channels among over 40 channels
Selected channels	3
Number of seizures	192
Sampling rate	240

Source: by author's development

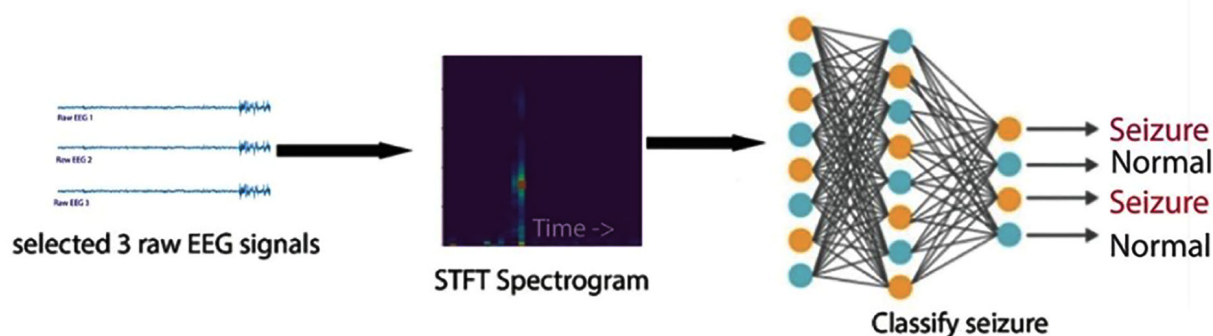


Fig. 1. Diagram of multiple channel model deep learning processing for seizure detection

Source: by author's development

(Table 1). Composed recorded signal with sampling rate was 256Hz and 196, 20 common channels were used for electrodes among 40. (FP1, F7, T3, T5, O1, FP2, F8, T4, T6, T7, O2, F3, C3, P3, F4, C4, P4, Fz, Cz, and Pz).

Collected signals transformed by STFT method which can maintain time information axis. STFT is an algorithm that converts EEG signals into frequency power spectrograms. 3 channels selected to conduct machine learning training and STFT spectrogram was used to convert raw EEG to visualize EEG signal as images. The power value of the corresponding frequency band at a specific time is calculated with the original signal input. Selected 3 channels were used to multiple channel data training with EfficientNet model. Brief diagram of processing to detect seizure when selected channels are input as multiple channel model (Fig. 1).

To evaluate detection rate, Confusion Matrix Index was used for identifying and scoring designed machine learning models. T and F indicated seizure or non-seizure among the EEG sample data and N and P indicated each of result as negative or positive (Table 2).

In conclusion of this research, channels 2, 5, and 19 were collected as their sensitivity and specificity were relatively significant than other channels. 30 patient EEG data with 20 channels can be converted with STFT method in Matlab. Channel(F7-T3) was selected for machine learning process to identify reliable multiple channels. Though it was short window size with 10 sec STFT model in EfficientNet models, it shows that both models are able to applied to initial scanning of seizure in raw EEG signal data.

Table 2

Confusion Matrix Index scoring in EfficientNet

Index	Description	Calculation
Accuracy	Correct diagnosis rate	$TP+TN / TP+TN+FP+FN$
Sensitivity	Correct seizure detection rate	$TP / TP+FN$
Specificity	Correct non-seizure detection rate	$TN / TN+FP$
False Positive Rate	Wrong seizure detection rate	$FP / TN + FP$

Source: by author's development

Table 3

EfficientNet score of sensitivity, specificity, and accuracy in multiple channels

Channel	Specificity	Sensitivity	Accuracy	Channel	Specificity	Sensitivity	Accuracy
1	85.9	85.9	88.4	11	92.8	87.5	81.8
2	94.1	93.1	94.8	12	88.8	89.4	88.3
3	80.8	89.8	89.5	13	91.8	85.8	87.7
4	90.7	80.2	92.9	14	91.5	89	83.8
5	95.8	97.4	97.9	15	89.7	86.4	92
6	87.4	87.8	80.9	16	88.7	86.5	86.1
7	92.6	84	84.9	17	90.7	89.6	86.2
8	92.7	84.8	89.9	18	90.3	89.7	87.9
9	91.7	86.8	88.3	19	89.5	98.8	98
10	92.5	85.8	86.9	20	86.9	90.8	89

Source: by author's development

Mingxing Tan and Quoc V. in 2020 conducted EEG signal was used to develop EfficientNet model to identify seizure detection with single channel which was similar result in this research of multiple channels, deep learning process was practiced and the result of EfficientNet in Specificity indicated in 13.36, sensitivity increased in 10.96, and accuracy increased in 11.14 (Table 3).

It is remarkable with high average score in EfficientNet with 30 patients raw EEG data set; 90.24 in

specificity, 88.35 in sensitivity, and 88.89 in accuracy, it is highly desired to be applied initial scanning for seizure detection in epilepsy. Moreover, most of the scores were quite reliable for most patients indicates that EfficientNet model is more reliable in this research which considered to be used as pre-scan to seizure detection in raw EEG by using conducted STFT. Further research and experiments are considered to various models in near future for predicting seizure based on this study process.

References

1. Robert S Fsher, Walter can Emde Boas, Warren Blum, Christian Elger, Pierre Genton, Phillip Lee, Jerome Engel Jr. *Epileptic seizures and epilepsy: definitions proposed by the International League Against Epilepsy (ILAE) and the International Bureau for Epilepsy (IBE)*. *Epilepsia*. 2005. 46 (4). P. 470–472.
2. Milošević, Milica, et al. *Automated detection of tonic-clonic seizures using 3-d accelerometry and surface electromyography in pediatric patients*. *IEEE journal of biomedical and health informatics* 20. 2015. (5). P. 1333–1341.
3. Alma Yum and Valdimir S. *Ictal and Interictal Epileptiform Electroencephalogram Patterns*. Cambridge University. 2019. (13). P. 405–408.
4. Francesco Onorati, Ph.D. a, Giulia Regalia, Ph.D. a, Chiara Caborni a, Rosalind Picard, Sc.D *Improving convulsive seizure detection by exploiting data from outpatient settings using the Embrace wristband* 12th European Congress on Epileptology, 2018. (57). P. 226–233.
5. Khan H., Marcuse L., Fields M., Swann K., Yener B. *Focal onset seizure prediction using convolutional networks* *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2017. PP (99). P. 1–10.
6. Kostas M Tsiouris, Vasileios C Pezoulas, Michalis Zervakis, Spiros Konitsiotis, Dimitrios D Koutsouris, and Dimitrios I Fotiadis. *A long short-term memory deep learning network for the prediction of epileptic seizures using eeg signals*. *Computers in biology and medicine*. 2018. (99). P. 24–37.
7. Tan Mingxing, Quoc V.Le. *Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks*. 2019. arXiv preprint arXiv:1905.11946
8. Rojas G.M., Alvarez C., Montoya C.E., De la Iglesia-Vaya M., Cisternas J.E., Gálvez M. *Study of resting-state functional connectivity networks using EEG electrodes position as seed*. *Frontiers in neuroscience*. 2018. (12). 235 p.

Kostiuk Anastasiia

*Senior Talent Acquisition Consultant at Advanced Systems Design (ASD),
Expert in AI implementation and recruitment process automation,
Author of the IT Recruitment Course at Projector Institute,
Former Global Talent Acquisition Manager at Star*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10707

THE FUNCTIONALITY OF APPLICANT TRACKING SYSTEMS (ATS)

Summary. In today's competitive job market, organizations are increasingly turning to technology to streamline their recruitment processes. Applicant Tracking Systems (ATS) have emerged as a critical tool for managing hiring workflows, from job posting to candidate selection. These systems not only automate repetitive tasks but also integrate advanced AI features to enhance decision-making and improve hiring outcomes. A key component of ATS functionality is CV parsing, which plays a vital role in transforming unstructured resume data into actionable insights. Additionally, ATS platforms address critical concerns such as GDPR compliance, security, and user management, ensuring that recruitment processes are both efficient and secure. This article delves into the core functionalities of ATS, with a focus on CV parsing, workflow and communication tools, reporting capabilities, GDPR compliance, security, and user management, while also exploring their benefits, challenges, and future trends.

Key words: Applicant Tracking System (ATS), ATS functionality, Recruitment automation, CV parsing, AI in recruitment, Diversity and inclusion in hiring, GDPR compliance in recruitment, Recruitment workflow tools, Candidate matching, Predictive analytics in hiring.

Core Functionalities of ATS Job Posting and Distribution

One of the primary functions of an ATS is its ability to automate job posting and distribution. Instead of manually posting job openings on multiple platforms, recruiters can use an ATS to publish vacancies across company websites, job boards, social media, and niche industry sites with just a few clicks. This ensures consistency in job advertisements and maximizes reach, attracting a larger pool of qualified candidates.

Application Tracking and Workflow Management

An ATS provides a centralized platform for tracking candidates as they move through the recruitment pipeline. Recruiters can monitor each candidate's progress through stages such as application review, interviews, and offers. This ensures a smooth and organized hiring process, reducing the risk of losing track of candidates or missing critical steps.

CV Parsing and Candidate Database

CV parsing is a cornerstone feature of modern ATS platforms. It involves extracting relevant information from resumes, such as contact details, work experience, education, and skills, and converting it into a structured format. This eliminates the need for

manual data entry and ensures that candidate information is easily searchable and accessible.

For example, if a candidate submits a resume in PDF or Word format, the ATS uses natural language processing (NLP) algorithms to identify key sections and populate fields in the candidate database. This allows recruiters to filter candidates based on specific criteria, such as years of experience, certifications, or technical skills, significantly speeding up the screening process.

Communication and Collaboration

Effective communication is crucial in recruitment, and ATS systems excel in this area. They offer tools for automated email templates, interview scheduling, and real-time updates, ensuring that candidates are kept informed throughout the process. Additionally, ATS platforms facilitate collaboration among hiring teams by allowing multiple users to access and update candidate information simultaneously.

Communication Tools

Modern ATS platforms go beyond basic recruitment tasks by offering robust workflow and communication tools. These systems integrate with popular communication platforms like Zoom, Microsoft Teams, and Webex, enabling seamless scheduling and conducting of interviews directly within the ATS. For example,

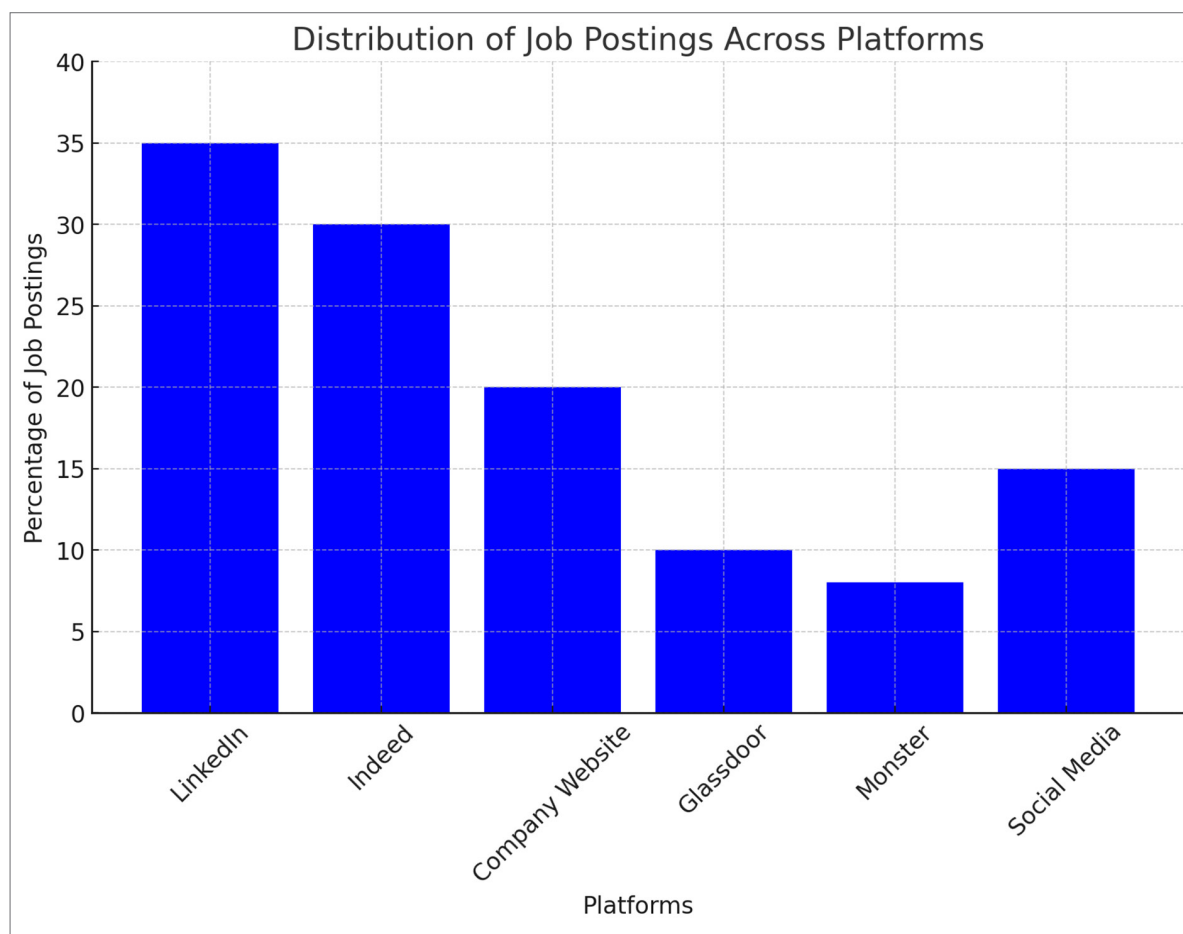


Fig. 1. A bar chart showing the distribution of job postings across platforms (e.g., LinkedIn, Indeed, company website)

recruiters can send calendar invites, share interview links, and even record sessions for later review.

Additionally, AI-driven tools like Olivia from Paradox AI are revolutionizing candidate engagement. Olivia acts as a virtual assistant, interacting with candidates in real-time to answer questions, provide updates, and guide them through the application process. This not only enhances the candidate experience but also reduces the administrative burden on recruiters.

Reporting and Analytics

Data-driven decision-making is a key advantage of using an ATS. These systems generate detailed reports and analytics on various metrics, such as time-to-hire, cost-per-hire, and source effectiveness. Recruiters can use this data to identify bottlenecks, optimize processes, and make informed decisions that improve overall recruitment efficiency.

Moreover, many ATS platforms allow integration with external analytics systems like Amazon QuickSight, enabling organizations to create beautiful, customizable dashboards. These dashboards provide real-time insights into recruitment performance, helping stakeholders visualize data and make strategic decisions.

Integration of Advanced AI Features AI-Powered Candidate Matching

One of the most significant advancements in ATS technology is the integration of AI-powered candidate matching. These algorithms analyze resumes and job descriptions to identify the best-fit candidates based on skills, experience, and cultural fit. By automating the initial screening process, AI reduces the time recruiters spend on manual resume reviews and improves the quality of shortlisted candidates.

Predictive Analytics

Predictive analytics is another AI feature that enhances the functionality of ATS. By analyzing historical data, these systems can forecast hiring outcomes, such as the likelihood of a candidate accepting an offer or their potential job performance. This enables recruiters to prioritize high-potential candidates and make data-driven decisions that improve hiring outcomes.

Chatbots and Virtual Assistants

AI-driven chatbots and virtual assistants are transforming candidate engagement. Tools like Olivia from Paradox AI interact with candidates in real-time, answering questions, providing updates, and even conducting initial screenings. This not only improves the

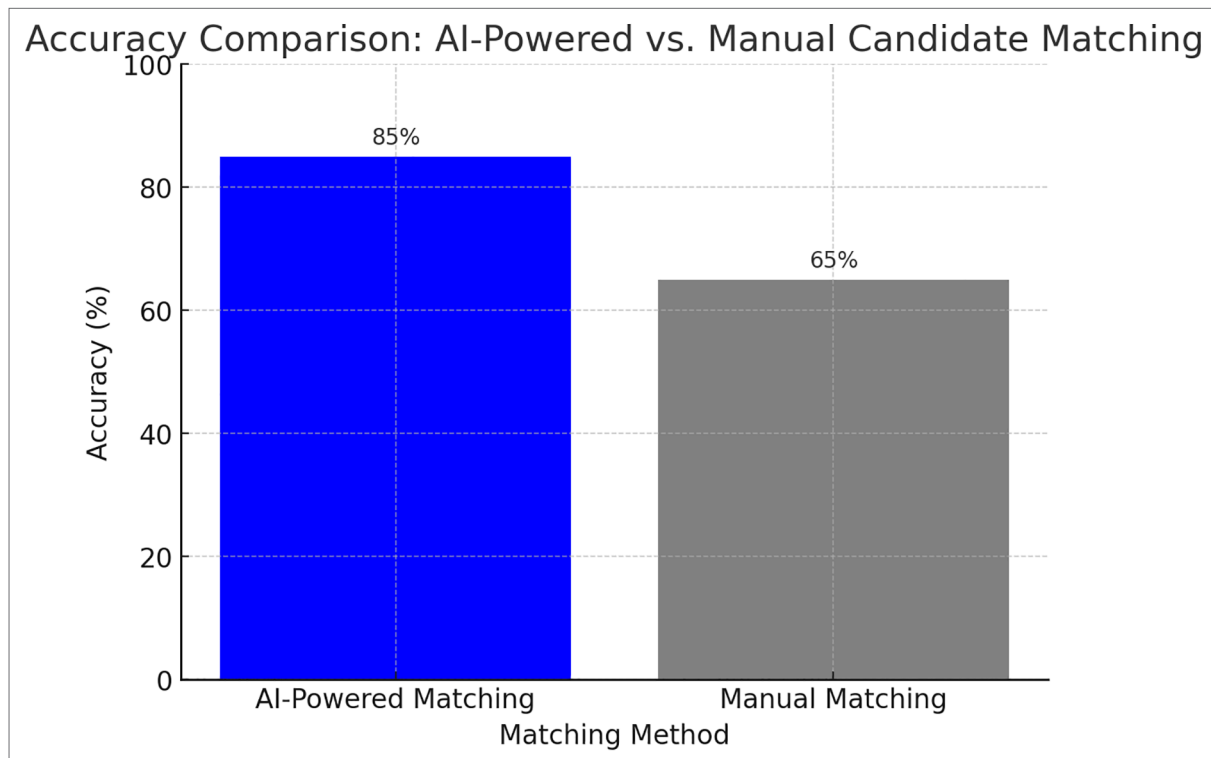


Fig. 2. A bar chart comparing the accuracy of AI-powered matching vs. manual matching

candidate experience but also frees up recruiters to focus on more strategic tasks.

Bias Reduction and Diversity & Inclusion

AI plays a crucial role in reducing unconscious bias and promoting diversity and inclusion (D&I) in the recruitment process. By anonymizing candidate information and focusing on objective criteria, AI algorithms help ensure a fair and equitable selection process. For example, some ATS platforms remove identifying details such as names, photos, and gender indicators during the initial screening phase, ensuring that candidates are evaluated solely on their qualifications.

Additionally, ATS systems can track and report on diversity metrics, such as the percentage of underrepresented groups in the applicant pool and hiring outcomes. This data helps organizations identify gaps in their recruitment processes and implement targeted D&I initiatives. For instance, if the data shows a lack of gender diversity in technical roles, the organization can partner with women-focused tech communities or revise job descriptions to attract a more diverse candidate pool.

GDPR Compliance and Security **GDPR Compliance**

With the implementation of the General Data Protection Regulation (GDPR), organizations must ensure that their recruitment processes comply with strict data protection standards. ATS platforms are designed to help organizations meet these requirements by providing features such as data encryption, consent management, and automatic data deletion after a specified

period. For example, candidates can be asked to provide explicit consent for their data to be stored and processed, and the ATS can automatically delete candidate information after the retention period expires.

Security

Security is a top priority for ATS platforms, given the sensitive nature of candidate data. Modern ATS systems employ advanced security measures such as multi-factor authentication (MFA), role-based access control (RBAC), and regular security audits to protect against data breaches and unauthorized access. Additionally, many ATS platforms are ISO 27001 certified, ensuring that they adhere to international standards for information security management.

User Management

Effective user management is critical for ensuring that the right people have access to the right information within an ATS. ATS platforms offer role-based access control (RBAC), allowing administrators to assign specific permissions to users based on their roles. For example, recruiters may have access to candidate profiles and interview schedules, while hiring managers may only have access to shortlisted candidates. This ensures that sensitive information is only accessible to authorized personnel.

Benefits of Using ATS **Efficiency and Time Savings**

One of the most immediate benefits of using an ATS is the significant time savings it offers. By automating

repetitive tasks such as resume screening and interview scheduling, recruiters can focus on more strategic activities, such as building relationships with candidates and hiring managers.

Improved Candidate Experience

A well-implemented ATS can greatly enhance the candidate experience. Features such as automated communication, easy application processes, and timely updates ensure that candidates have a positive impression of the organization, even if they are not ultimately selected.

Enhanced Quality of Hire

With advanced features like AI-powered candidate matching and predictive analytics, ATS systems help organizations identify and attract top talent. This leads to a higher quality of hire, which in turn contributes to better organizational performance.

Compliance and Risk Management

ATS systems help organizations stay compliant with various legal and regulatory requirements. They can automatically track and report on equal employment opportunity (EEO) data, manage documentation, and ensure that all recruitment practices are in line with relevant laws.

Challenges and Considerations

Implementation and Integration

While the benefits of an ATS are clear, implementing and integrating the system into existing workflows can be challenging. Organizations must ensure that the ATS is compatible with their current Recruiting systems and that staff are adequately trained to use it effectively.

Data Privacy and Security

With the increasing reliance on digital tools, data privacy and security have become major concerns. Organizations must ensure that their ATS complies with data protection regulations and that candidate information is securely stored and managed.

Cost and ROI

The cost of implementing an ATS can be significant, particularly for small and medium-sized enterprises (SMEs). Organizations must carefully consider the return on investment (ROI) and ensure that the benefits of the system outweigh the costs.

Future Trends in ATS

Increased Use of AI and Machine Learning

As AI and machine learning technologies continue to evolve, their integration into ATS systems is expected to deepen. This will lead to even more sophisticated

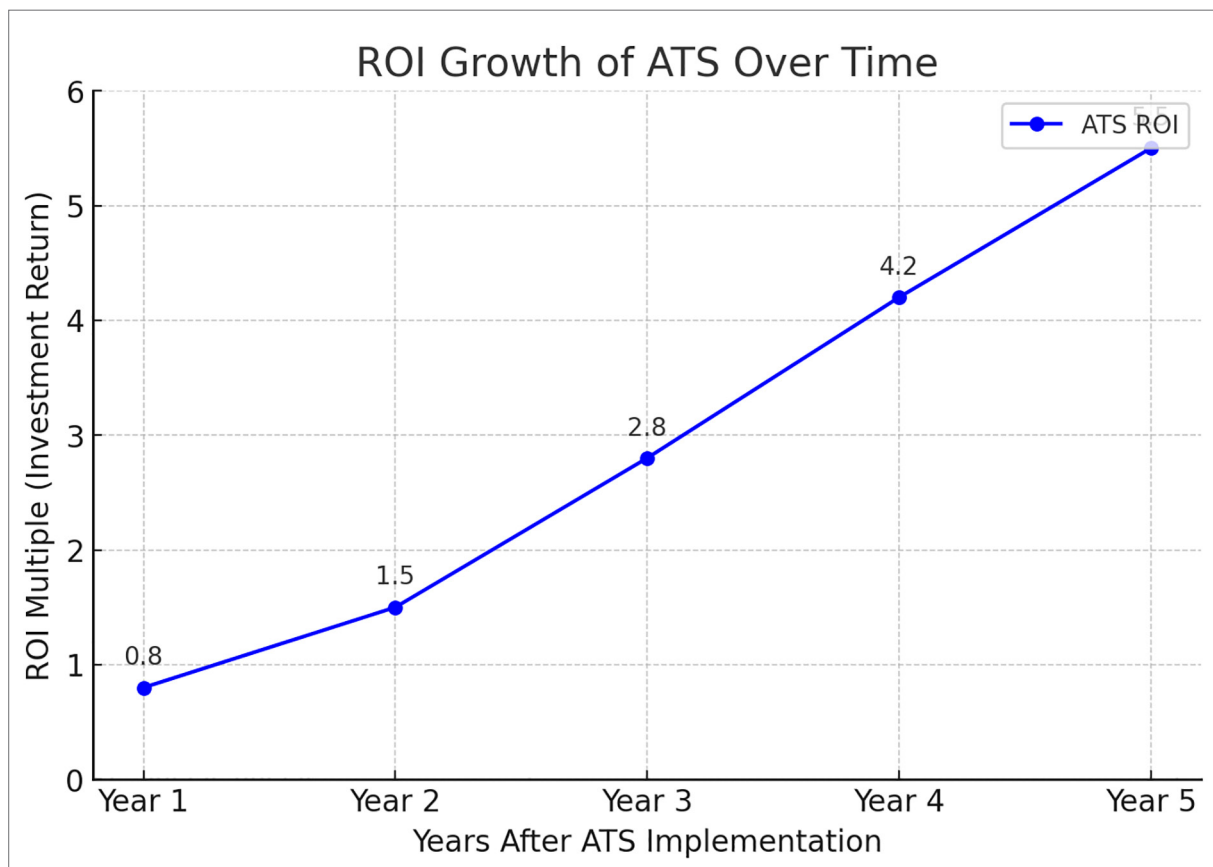


Fig. 3. A line graph showing the ROI of an ATS over time

candidate matching, predictive analytics, and automation capabilities.

Enhanced Candidate Engagement

Future ATS systems are likely to place a greater emphasis on candidate engagement. This could include more personalized communication, gamified application processes, and virtual reality (VR) experiences that give candidates a glimpse into the company culture.

Greater Focus on Diversity and Inclusion

Diversity and inclusion will remain a key focus for organizations, and ATS systems will play a crucial role in achieving these goals. Future developments may include more advanced bias detection algorithms and tools for tracking diversity metrics.

Integration with Other Recruiting Technologies

The integration of ATS with other Recruiter technologies, such as performance management systems and learning management systems (LMS), is expected

to increase. This will create a more seamless and holistic approach to talent management.

Conclusion. Applicant Tracking Systems (ATS) have revolutionized recruitment by automating workflows, improving efficiency, and leveraging AI for smarter decision-making. From job posting and CV parsing to advanced AI features like candidate matching and bias reduction, ATS platforms are transforming how organizations attract and hire talent. With workflow and communication tools like Zoom, Teams, and Olivia from Paradox AI, and reporting capabilities that integrate with systems like Amazon QuickSight, ATS platforms are becoming indispensable in the recruitment landscape. Additionally, features like GDPR compliance, advanced security measures, user management, and D&I initiatives ensure that recruitment processes are efficient, secure, and equitable. As technology continues to evolve, ATS will play an even more critical role in helping businesses stay competitive. By adopting these tools, organizations can streamline their hiring processes, enhance candidate experience, and achieve better hiring outcomes.

References

1. Paradox AI. (2023). *Olivia: The AI Assistant for Recruitment*. This source provides information on AI-driven virtual assistants like Olivia and their role in modern recruitment.
2. General Data Protection Regulation (GDPR). (2018). *Regulation (EU) 2016/679*. Official documentation on GDPR compliance requirements for data protection and privacy.
3. Amazon QuickSight. (2023). *Business Intelligence and Analytics*. Information on integrating ATS with external analytics tools like Amazon QuickSight for advanced reporting.
4. SHRM (Society for Human Resource Management). (2023). *Applicant Tracking Systems: What You Need to Know*. A comprehensive guide to ATS functionality and its benefits for HR professionals.
5. McKinsey & Company. (2020). *Diversity Wins: How Inclusion Matters*. A report on the importance of diversity and inclusion in the workplace and how technology can support these initiatives.
6. ISO/IEC 27001:2013. (2013). *Information Security Management*. Details on the international standard for information security management, relevant to ATS security features.
7. LinkedIn Talent Solutions. (2023). *Global Talent Trends Report*. Insights into recruitment trends, including the use of AI and ATS in talent acquisition.
8. Harvard Business Review. (2021). *How AI is Reducing Bias in Hiring*. An article discussing the role of AI in reducing unconscious bias and promoting diversity in recruitment.
9. Gartner. (2023). *The Future of Recruitment Technology*. A report on emerging trends in recruitment technology, including AI and machine learning.
10. Glassdoor. (2023). *What is an Applicant Tracking System (ATS)?* A beginner-friendly explanation of ATS and its role in modern recruitment.

Kuzhym Antonina

*Corresponding Member of the Ukrainian Academy of Sciences,
Institution dedicated to fostering scientific innovation and intellectual culture in Ukraine,
Master of Journalism,
Member of the New York Academy of Sciences, contributing to
a global network of professionals dedicated to advancing science
and addressing global challenges*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10622

INNOVATIONS IN AUGMENTED REALITY GLASSES: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES (BRIDGING SERVICE TECHNOLOGIES AND CONSUMER NEEDS IN THE AR OPTICS MARKET)

Summary. Augmented reality (AR) technologies in personal and consumer optics are still in their infancy. Despite the high cost and limited comfort of current AR headsets, their integration into personal and public infrastructures suggests a promising future. This article explores the development of AR glasses and their associated service technologies, emphasizing the need for innovative technical solutions to meet market demands. Special attention is given to creating cleaning systems for AR optics using deionized water and developing comprehensive service technologies to ensure sustainable growth in the AR sector.

Key words: Augmented Reality, AR Glasses, optical technology, service innovation, consumer electronics, deionized water, optical cleaning solutions.

Introduction. Augmented reality overlays virtual objects onto the real world, enhancing human perception through devices like AR browsers and glasses. While these technologies have seen moderate success, the absence of user-friendly designs and robust service technologies hinders their widespread adoption. This paper proposes practical solutions for overcoming these challenges, focusing on the service and maintenance aspects of AR glasses.

Problem Statement. Despite technological advancements, AR glasses remain niche products, failing to achieve the ubiquity of smartphones or smartwatches. A critical issue is the lack of service technologies to support mass production and daily use. Current AR glasses struggle with practical concerns, such as cleaning lenses effectively and ensuring long-term user comfort and safety.

Objective. The study aims to explore and propose innovative service technologies for AR glasses, including cleaning solutions using deionized water, systems for optical maintenance, and frameworks for integrating these technologies into the consumer market.

Materials and Methods:

- **Materials:** Patents, market reports, and technical specifications of AR glasses.
- **Methods:** Analytical review, practical testing of cleaning solutions, and modeling service systems for AR devices.

Review of Recent Studies and Publications.

Research highlights the potential of AR glasses in fields like gaming, healthcare, and engineering. However, few studies address the practical maintenance and service requirements for these devices. Patents reviewed by the author reveal significant gaps in the development of technical solutions for cleaning and servicing AR optics.

Augmented Reality Technologies in Everyday and Personal Optics: Challenges and Prospects

Augmented Reality (AR) technologies in personal and household optics are still in their infancy. However, considering their potential for horizontal and vertical integration into personal and public infrastructure needs, these technologies are expected to have a bright future.

Currently, AR headsets, incorporating primary applications and combinations of these technologies, remain expensive and uncomfortable for all-day use. Despite these drawbacks, the anticipated surge in consumer interest compels a thorough analytical exploration of this topic.

One unresolved issue in the adoption of such technologies is the service and maintenance aspect. The author, drawing on experience in servicing various personal and household optical applications, offers several proposals and ideas to address this challenge.

Defining Augmented Reality

AR refers to technology that overlays virtual objects onto the real-world view as seen through the human eye. The most common household applications of AR are AR browsers and AR glasses. In AR browsers, virtual objects are superimposed onto images from smartphone or tablet cameras, while in AR glasses, the objects are displayed on the lens or a miniature monitor.

Experts continue to analyze the commercial potential of AR-based products, uncovering intriguing details that, when understood correctly, can help achieve positive results.

Challenges in AR Glasses Development

Since the release of the first relatively successful AR glasses project, significant time has passed, yet no optimal design for such glasses has emerged. Early AR glasses created excitement but failed to maintain user interest over time, as users struggled to integrate these devices into daily life as seamlessly as smartphones, gaming consoles, or smartwatches.

One key issue is the lack of adequate service technologies to support these complex devices in mass production and consumption.

Patents: A Barometer of Technological Interest

The state of patent protection in AR technologies reveals an unexpected lack of activity. Despite AR's potential to open new technological avenues and drive rapid sales growth when integrated with existing digital technologies, patent filings remain sparse. A patent search conducted by the author in the U.S. Patent

Office yielded only 133 applications and no granted patents in this area:

- Glasses of Additional Reality: 113 patent applications
- Visualization of Additional Reality: 20 patent applications

An analysis of published applications suggests they are largely exploratory and do not focus on AR glasses as mature products. This points to a lack of experience in the servicing and operation of such devices.

Technical Gaps in Everyday AR Glasses Usage

Practical implementation of AR glasses in the market is hindered by the absence of supporting tools and solutions. One critical issue is the maintenance of AR glasses in everyday life, such as cleaning lenses of organic and inorganic contaminants. AR glasses lenses, like ordinary glasses, are prone to dirt, requiring innovative solutions.

The author highlights the need for a comprehensive cleaning and disinfecting technology that can produce solutions from low-mineral water, including the removal of hardness salts. This is an essential first step in developing practical AR glasses maintenance solutions.

By addressing these challenges, the AR industry can move closer to integrating these promising technologies into daily life, unlocking their full potential.

1. **Power Source** for the electrochemical reactor.

2. **Container of Deionized Water** for feeding into the electrochemical reactor.

3. **Electrochemical Reactor** with an inter-electrode space where treatment occurs in two parallel upward flows.

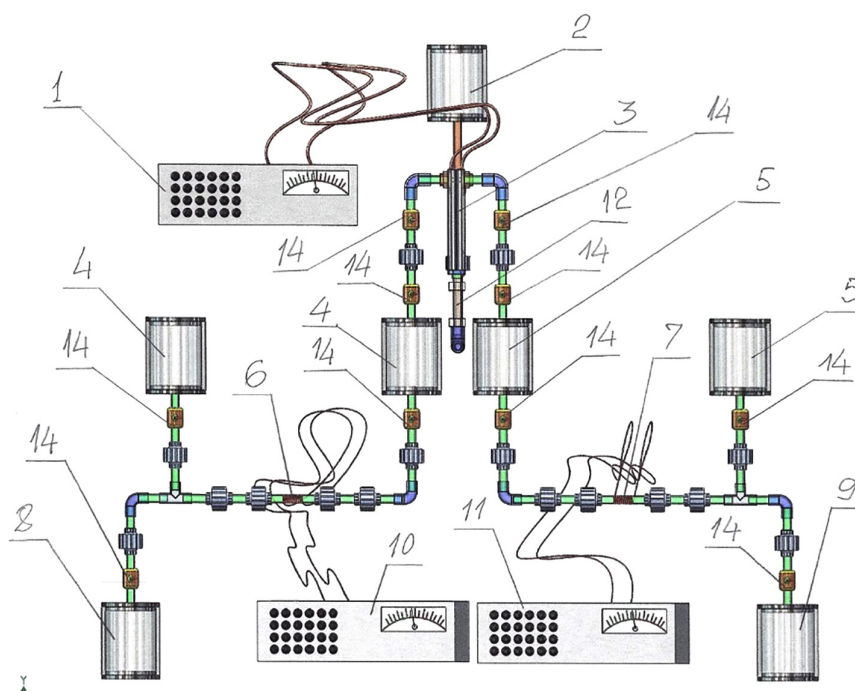


Fig. 1. System Model for Adjusting Acidity and Alkalinity in Deionized Water in Two Directions

4. **Water Collector** with reduced acidity levels.
5. **Water Collector** with increased alkalinity levels.
6. **Sensor Module** for measuring reduced acidity levels.
7. **Sensor Module** for measuring increased alkalinity levels.
8. **Reservoir** for water with reduced acidity levels.
9. **Reservoir** for water with increased alkalinity levels.
10. **Pulse Generator** for the impedance-resonance sensor.
11. **Pulse Generator** for the impedance-resonance sensor.

Despite these measures, reality demanded more: the cleaning liquid must act as an **insulator** to eliminate any possible local current impulses.

Source Analysis for Water Treatment in the System

Analysis of potential water sources for treatment led to a focus on photolithography production complexes, where deionized water is used. This water possesses properties closely aligned with those deemed most essential and suitable for servicing the optical lenses of augmented reality glasses.

For comparison, options using distilled water and highly purified water were also evaluated. However, the properties and qualities of deionized water proved to be superior.

Potential Future Applications

The feasibility of using deionized water — both before and after processing in the electrochemical reactor — for the preparation of various emulsions for augmented reality glasses servicing was also examined.

Experimental testing confirmed the ability to produce high-quality emulsions using deionized water both before treatment and after adjusting its acidity or alkalinity levels. These findings demonstrate the potential of deionized water as a versatile and effective component in the maintenance of advanced optical technologies.

12. **Inlet Pipeline** to the electrochemical reactor.
13. **Regulating and Control Valves.**
- 15, 16. **Flowmeters.**
14. **Current-Carrying Cables.**

Selection and Analysis of Water Options

The selection and evaluation of various options ultimately demonstrated that the use of **deionized water** is the most suitable choice. Widely utilized in

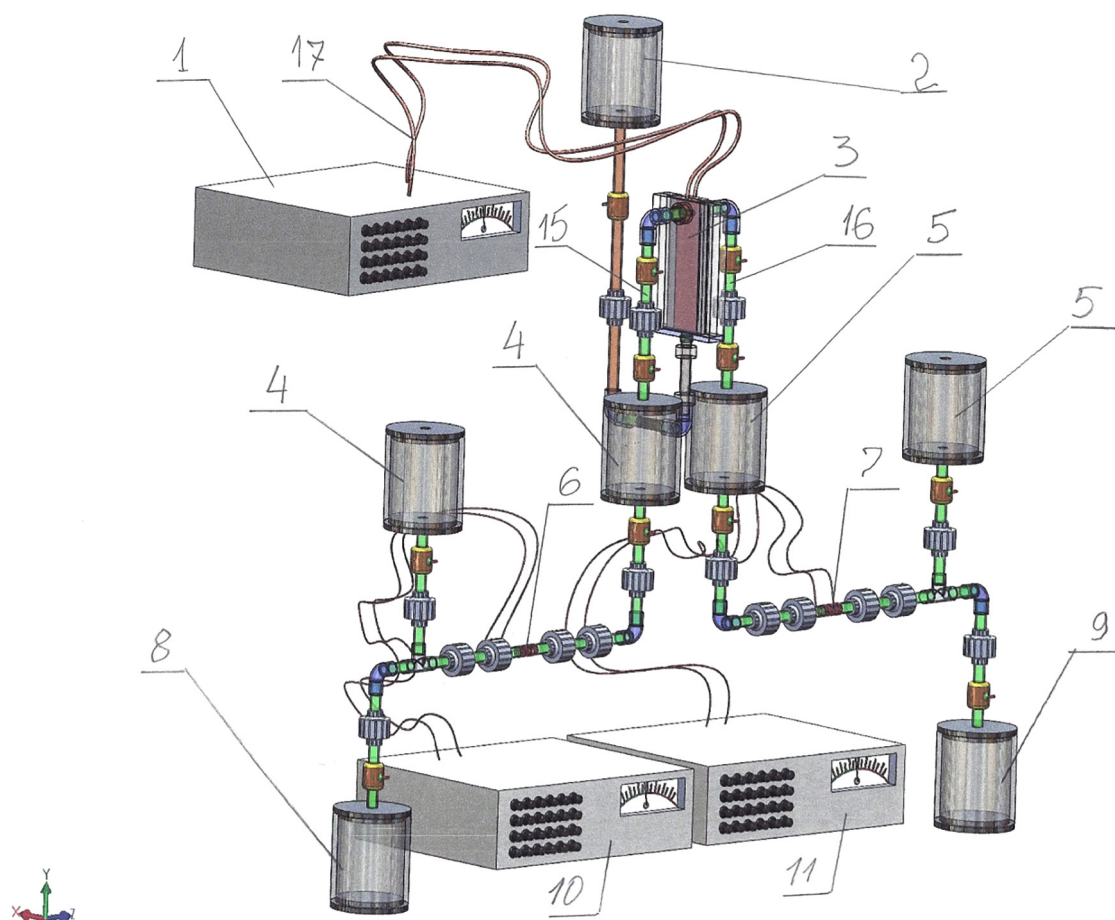


Fig. 2. System Model for Adjusting Acidity and Alkalinity in Deionized Water in Two Directions

microelectronics, deionized water is a standard component in photolithography technologies.

This type of water is produced in significant quantities and is relatively inexpensive, making it an ideal candidate for use in systems requiring precise adjustments to acidity and alkalinity.

Since this technology is being recommended for use for the first time, a basic prototype was created to test the feasibility of implementing several innovative technologies in real-world conditions. The first of these innovations is the design and functionality of the electrochemical reactor.

In the described reactor, the electrode cells have working zones separated by a neutral membrane symmetrically positioned between two electrodes. A key operational principle is that deionized water is treated within a developed upward flow.

The distance between the working planes of the electrodes is only **3 millimeters**, with the membrane thickness being **1 millimeter**, leaving a liquid flow thickness of just **1 millimeter**.

This configuration allowed for a significant increase in current density, reaching **100 amperes per square decimeter**, enabling the electrochemical correction of acidity and alkalinity in water with properties very similar to those of a dielectric fluid.

Dual-Stream Output for Optical Cleaning

The system produces two output streams:

- **Alkaline water** for cleaning grease and oily contaminants.
- **Acidic water** for disinfecting optical surfaces by eliminating microorganisms and bacteria.

This dual functionality makes it particularly effective for cleaning the lenses of augmented reality glasses, as well as other optical devices.

Simple Design and Broad Applicability

The simplicity of the system design, which utilizes common structural materials and components from mechanical engineering, makes it feasible to install in small retail outlets selling optical instruments and glasses, including augmented reality glasses of current and future modifications.

Additional Feature: Anti-Allergenic Effect

A noteworthy characteristic of the system is its **anti-allergenic effect**, which is not limited to augmented reality glasses but applies to optical devices in general.

Since the reactor's power supply connects both the cathode and anode of the electrode cell from a single source, the acid and alkaline reactions occur proportionally at equivalent current densities. This proportionality ensures that neither the acidic nor the alkaline output triggers allergic reactions when used simultaneously.

This phenomenon significantly enhances the consumer appeal of the system for a variety of optical applications.

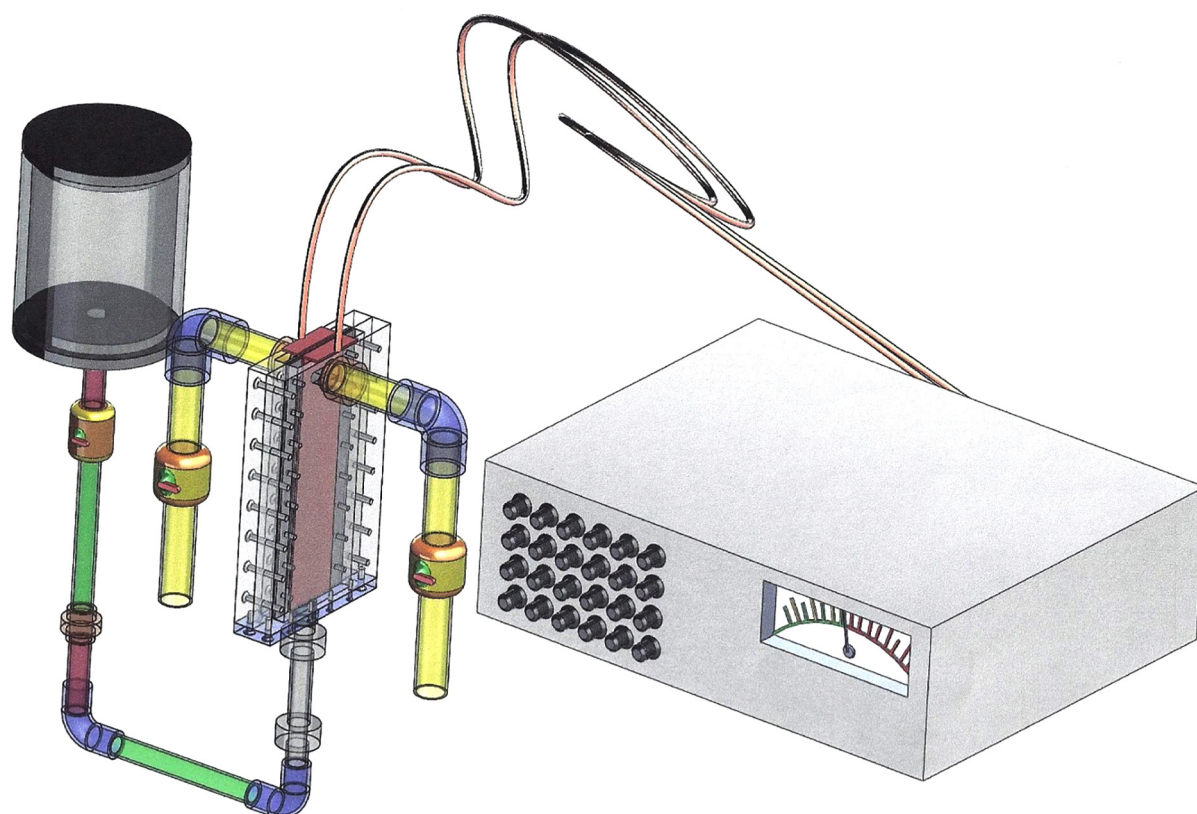


Fig. 3. Electrochemical Reactor Model with Power Source

Critical Importance of Electrode Cell Design

In systems designed for the dynamic electrochemical treatment of low-conductivity liquids, the electrode cell's construction is a decisive factor. This includes:

- Materials used for electrode fabrication.
- Design and composition of the neutral membrane.
- Materials and construction of the cell housing.

The application of **carbon-carbon composite electrodes** has shown particular potential for improving efficiency. This unique feature will be discussed in detail in subsequent publications.

The simplicity of the electrode cell design has determined the overall simplicity of the water treatment system.

Photographs of the real-world prototype system demonstrate its designed simplicity, resulting in low costs and convenient operation. Such a system can be installed and operated with minimal expenses in virtually any retail outlet selling optical instruments and glasses, including both current and future models of augmented reality glasses.

Advantages of the System Design

A deeper structural analysis of the system's capabilities reveals its potential to significantly enhance the performance and quality of innovative products under modern conditions. The system offers flexibility for modification and optimization, paving the way for new technological advancements.

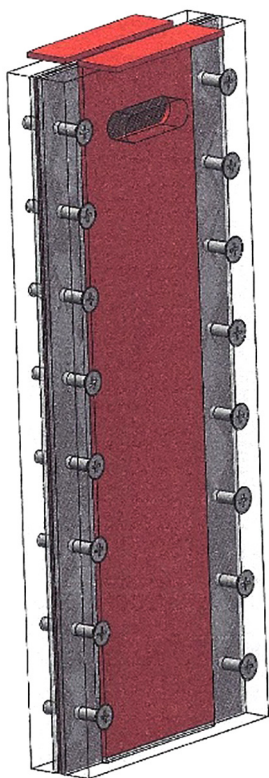


Fig. 4. Model of the Electrode Cell in the Electrochemical Reactor

For example, the three-dimensional electrode model introduces new possibilities. Electrodes made from **carbon-carbon composite materials** are particularly noteworthy. In one potential design, an electrode consists of a titanium strip coated with a conductive polymer, with the water-facing side covered by carbon-carbon fabric. This fabric, created through pyrolysis and saturation with carbon, has excellent conductivity and permeability, enabling high performance even at extreme temperatures.

Applications Beyond Optical Cleaning

Experiments suggest that carbon-carbon fabric treated electrochemically can also be used to produce medical-grade wipes, demonstrating promising results in burn treatment and prevention. When paired with the system's dual-output water (acidic and alkaline), these wipes could serve as an additional tool for cleaning optical lenses with enhanced precision and safety.

The fabric could also be used in advanced modules for water purification and regeneration, including ion-exchange processes. For instance, carbon-carbon capsules filled with zeolite granules could be connected to a power source, allowing for ion-exchange purification combined with electromagnetic activation or heating.



Fig. 5. Photograph of the System for Real-Time Adjustment of Acidity and Alkalinity in Deionized Water

Challenges in Patent Protection

Despite the innovative potential of such systems, patent protection activity remains low. A detailed analysis of the patent landscape highlights overlapping technical solutions, making it difficult to establish a clear foundational design. This ambiguity is compounded by the lack of consumer-oriented standards and guidelines for the operation and safety of such products.

Health and Safety Concerns

The long-term health effects of augmented reality glasses remain unstudied, raising concerns about their psychological and mental impacts on users. The novel capabilities of these glasses may conflict with established consumer habits, potentially causing cognitive dissonance.

Recommendations for Market Introduction

To address these challenges, developers should focus on preparing consumers for the proper use and maintenance of these innovative products. Collaboration with insurance companies is essential to assess potential health risks. Additionally, the process of standardization and certification should be initiated early, aligning the product's specifications with existing industry standards.

Conclusion

The concept of augmented reality glasses holds significant potential but will be far more successful with the parallel development of service technologies and supporting equipment. Proper market preparation, including consumer education and technical standardization, will be critical to realizing the full potential of this innovative product class.

Results:

1. Development of Deionized Water Cleaning Systems:

- Prototype systems were created to adjust the pH levels of deionized water for cleaning AR lenses.
- These systems demonstrated the effective removal of organic and inorganic contaminants without damaging sensitive optical materials.

2. Integration of Service Technologies:

- Proposals for scalable cleaning stations that can be installed in retail outlets and service centers.
- Potential for using carbon-based composite materials in cleaning pads for enhanced performance.

3. Patent Analysis:

- Only 133 patent applications related to AR glasses and 20 concerning visualization technologies were found, indicating a need for more robust intellectual property development.

Conclusion. The future success of AR glasses depends not only on technological advancements but also on the development of comprehensive service technologies. Cleaning systems based on deionized water and robust maintenance frameworks will enhance

consumer acceptance and long-term sustainability. Developers must prioritize these aspects to ensure the seamless integration of AR glasses into daily life.

List of References, Patent, and Licensing Information

Appendix 1

United States Patent Application	20180031836
Kind Code	A1
Johnson; Lonny Eric; et al.	February 1, 2018

SMART GLASSES HAVING INTERFERING LIGHT FILTERING

Abstract

A pair of smart *glasses* having interfering light filtering includes a *glasses* frame defining a horizontal view path and a semi-transparent display supported on the *glasses* frame and positioned in the horizontal view path. A projection mechanism is supported on the *glasses* frame and has a projection lens positioned above the horizontal view path. The projection mechanism is configured for projecting virtual content on the semi-transparent display, with an outer surface of the projection lens facing a rear facing surface of the semi-transparent display. A semi-transparent polarized shield is supported on the *glasses* frame and is positioned below the horizontal view path, with an inner surface of the semi-transparent polarized shield facing the outer surface of the projection lens. The semi-transparent polarized shield positioned to filter interfering light passing through the semi-transparent polarized shield and toward the projection lens.

Appendix 2

United States Patent Application	20170307787
Kind Code	A1
Kawamura; Takumi	October 26, 2017

HEAD MOUNTED APPARATUS AND GRIPPING APPARATUS

Abstract

A head mounted apparatus that prevents the influence of external light and is easy to use even for a user wearing *glasses*. The head mounted apparatus includes a display unit that displays an image to the user, and a light shielding member that shields a periphery of the user's eyes from external light when the head mounted apparatus is mounted on the user's head, wherein an opening is formed on the light shielding member at the user's orbital regions.

Appendix 3

United States Patent **20150378155**
Application
Kind Code **A1**
KUEHNE; Marcus; et al. **December 31, 2015**

METHOD FOR OPERATING VIRTUAL *REALITY* GLASSES AND SYSTEM WITH VIRTUAL *REALITY* GLASSES

Abstract

A method for operating virtual *reality glasses* involves displaying at least one virtual object by the virtual *reality glasses* from a virtual viewing position and continuously detecting a position of the virtual *reality glasses* and adjusting a virtual spacing between the virtual viewing position and the virtual object. Once the virtual viewing position passes through a surface bounding an element of the object from the outside, the representation of the element is altered. Furthermore, a system with virtual *reality glasses* may be used.

Appendix 4

United States Patent
Application
Kind Code
JOO; Ga-hyun

WEARABLE GLASSES AND METHOD OF PROVIDING CONTENT USING THE SAME

Abstract

A wearable **glasses** is provided. The wearable **glasses** includes a sensing circuit, a communication interface, a display, and a controller. The sensing circuit senses movement information of a user wearing the wearable **glasses**. The communication interface receives notification message information. The display displays the notification message information within an angle of view of the user wearing the wearable **glasses**. The controller determines a movement state of the user based on the sensed movement information of the user and controls the display to display the received notification message information according to the movement state of the user.

Appendix 5

**United States Patent
Application
Kind Code
PARK; Jisoo; et al.**

GLASSES-TYPE MOBILE TERMINAL AND METHOD OF OPERATING THE SAME

Abstract

A **glasses**-type mobile terminal includes a display configured to display a virtual **reality** image and a controller configured to acquire **reality** information from a mobile terminal connected to the **glasses**-type mobile terminal and controlling the virtual **reality** image if a **reality** returning time indicating that viewing of the virtual **reality** image should be finished is reached based on the acquired **reality** information.

Appendix 6

United States Patent Application Kind Code SEVOSTIANOV; PETR VYACHESLAVOVICH	20170366805 A1 December 21, 2017
---	--

METHOD AND SYSTEM FOR DISPLAYING THREE-DIMENSIONAL OBJECTS

Abstract

A system for displaying three-dimensional objects using two-dimensional **visualization** means simultaneously providing at least effects of binocular parallax and motion parallax, the system comprising: a display configured to display a sequence of images; a pair of **glasses** configured to provide stereoscopic separation of images, the **glasses** comprising at least two optical shutters and at least two markers; two optical sensor arrays; two reading and processing devices configured to read data from an area of the optical sensor array and to determine 2D coordinates of the markers; a marker coordinates prediction device configured to extrapolate coordinates of the markers so as effective overall delay does not exceed 5 ms; a marker 3D coordinates calculation device; a 3D scene formation device; and at least one image output device. The invention also includes a corresponding method of displaying three-dimensional objects and provides realistic representation of three-dimensional objects for one or more viewers.

Appendix 7

**United States Patent
Application
Kind Code
Liao; Chunyuan**

WEARABLE SMART GLASSES

Abstract

Smart **glasses** comprise a **glasses** frame. The smart **glasses** further comprise a pair of **glasses** legs connected to two lateral portions of the **glasses** frame respectively, each of the **glasses** legs having a first end and a second end, wherein the second end of each of the **glasses** legs bends inwardly to form a first arc

portion. In addition, the smart *glasses* further comprise a pair of clamping members each disposed at one of the *glasses* legs, wherein each of the clamping members comprises an elastic clamping element, said elastic clamping element being disposed at the inner side of said second end, wherein said elastic clamping element having a free end that bends inwardly to form a second arc portion.

**United States Patent
Application**

20160173865

Kind Code

A1

PARK; Sung Woo

June 16, 2016

**WEARABLE GLASSES, CONTROL METHOD
THEREOF, AND VEHICLE CONTROL SYSTEM**

Abstract

Wearable *glasses* include a first capturer for photographing a front part, a second capturer for tracking a gaze direction of a user, and a controller for matching a target image captured by the first capturer with a three-dimensional (3D) interior map of a vehicle, corresponding to the target image, and determining a head direction of the user. The controller specifies an object corresponding to user gaze in the target image based on the determined head direction and the tracked gaze direction of the user. Accordingly, user convenience is enhanced.

Yakubash Ivan*Postgraduate of the**Odesa National Technological University Ukraine*

ORCID: 0000-0002-2260-410X

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10712

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE PHYSICAL MODEL OF THE PROCESS OF DRYING FRUIT AND VEGETABLE RAW MATERIALS USING A THERMOELECTRIC HEAT PUMP

Summary. The optimal drying mode is created with minimal heat and energy consumption and maximum preservation of nutritional properties. Therefore, the issue of process automation is increasingly important for modern enterprises. A review of existing developments reveals significant shortcomings. The Department of Process Automation and Robotics Systems has developed a new approach to automating one of the product drying processes, namely condensation drying of fruit and vegetable raw materials using thermoelectric heat pumps.

That is why condensing drying using thermoelectric heat pumps will help to reduce energy consumption by implementing energy-efficient modes in the drying process, in particular, by improving the control system.

This article discusses the implementation and feasibility of using the physical model as an experimental setup to obtain the necessary data for further implementation in the construction of a simulation model of condensation drying with thermoelectric heat pumps, for automation and energy-efficient process control.

Key words: physical model, condensing chamber, thermoelectric heat pump, energy efficiency, transient process.

Introduction. This drying process is carried out by convective moisture removal from the product [1]. When loading the initial product into the chamber, it is placed on trays with a mesh surface. The chamber has trays with a mesh surface on which the product is loaded. Below, under the trays, there is a fan that supplies the heated dry drying agent to the annular perforated air channel located around the periphery of the drying chamber, and from it to the gaps between the trays with the product. In the center of the dryer, a perforated pipe passes through the trays, allowing the moisture-saturated drying agent to exit the chamber and be cooled by an air-to-air thermoelectric heat pump. There it is cooled to almost dew point temperature, at which its relative humidity is 95–98%. The cooled drying agent then enters the condenser where it is supercooled below the dew point to form condensate, where it flows to the collector, while its absolute humidity decreases. From the condenser outlet, the supercooled drying agent with a relative humidity of 100% enters the inlet of the water-to-air heat pump, where it is heated by 10–20 °C, and its relative humidity is reduced to 50–70%. From the outlet of the water-to-air heat pump, the heated drying agent enters the inlet of the air-to-air heat pump, where it is heated by another 10–20 °C and its relative humidity is reduced

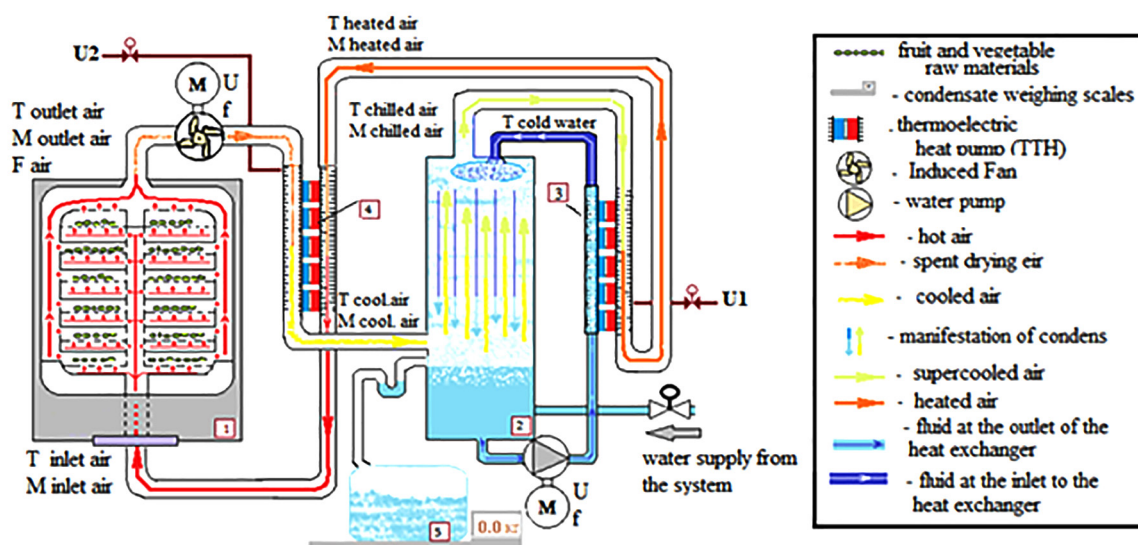
to 15–30%, which corresponds to the set parameters at the inlet of the dryer chamber [2,3]. Figure 1. shows the technological scheme of the drying station, which shows the main structural elements.

Based on the existing developments, discussions, and information on apple drying by convection, a physical model was designed, followed by research and experiments. Figure 2 shows a photo of a physical model of a condensation chamber for drying fruit and vegetable raw materials using a thermoelectric heat pump.

The main part. After connecting our physical model to the data logging and plotting the dryer parameters, it was decided to review the ability of our system to monitor and record transient data. The transients inside the chamber were checked without loading the product. Figure 3 shows transient plots taken from an empty physical condensing dryer using thermoelectric heat pumps.

After setting up our physical model according to the drying parameters: relative humidity of the inlet drying agent = 20% (M inlet) and temperature of the inlet drying agent = 60°C (T inlet) and air flow rate = 1.5 m/s (V), the drying process was simulated by condensing drying using thermoelectric heat pumps.

After conducting the experiment, we can observe that the parameters at the output and input of the



In Figure 1: 1 — drying chamber; 2 — contact heat exchanger (CHE);
3 — TTN (air-water); 4 — TTN (air-air); 5 — condensate tank.

Fig. 1. Flow chart of the process of condensation drying of fruit and sheep raw materials using the heat exchanger

chamber remain unchanged and see from the graphs of transients that there is a direct proportional relationship between the parameters of temperature and relative moisture of the drying agent. This indicates that the system works accordingly, since no product is dried, in the process of condensation drying the air is recuperated, the temperature and humidity are equivalent to the parameters at the inlet and outlet, the amount of condensate taken is not variable.

The development of a new technology for the preparation of apple snacks makes it possible to obtain a product with a low calorie content and a balanced chemical composition. In order to establish the optimal

specific load of the semi-finished product, the study showed that the optimal specific load on the dryer is 6–8 kg/m² [4; 5].

Golden apples were chosen as the raw material for drying. This apple variety is characterized by high initial indicators, including sugar content and sugar-acid index. A particular advantage of these apples is their large fruit size, higher ratio of pulp to seed chamber compared to other varieties, and lower skin thickness. This minimizes waste, which is essential, especially on an industrial scale.

For example, when drying fruit, the temperature of the material must not exceed the maximum



Fig. 2. Physical model of a condensation chamber for drying fruit and vegetable raw materials using a thermoelectric heat pump

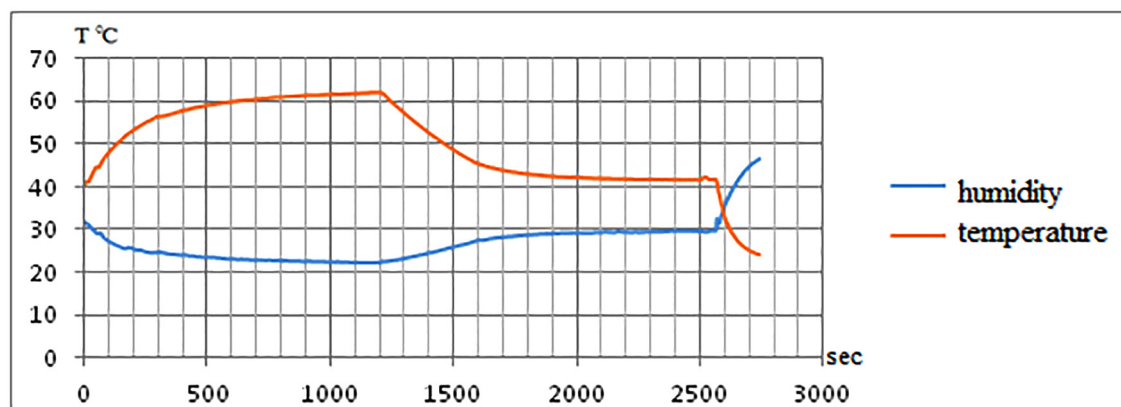


Fig. 3. Transients taken from an empty physical condensing dryer

permissible temperature. Higher temperatures are not beneficial for some food products. As noted by Vega-Galvez et al. [6] and Turhan et al. [7], it is advisable to use a temperature not exceeding 70 °C for drying. Based on this, we can note that the temperature of the drying agent at the inlet to the chamber should be at 60 °C for the optimal drying process of apple crisps.

After setting up our physical model according to the drying parameters: relative humidity of the inlet drying agent = 10% (M inlet) and temperature of the inlet drying agent = 60°C (T inlet) and air flow rate = 1.5 m/s (V), the drying process was carried out by means of condensation drying using thermoelectric heat pumps. The results of the experiment are shown in Figure 4 — a graph of the transient parameters of the drying agent at the outlet of the physical model of the chamber loaded with apple slices. Figure 5 shows the graphs of intermediate parameters such as the temperature of cold water supplied to the contact heat exchanger and the temperature of the cooled drying agent at the outlet of the contact heat exchanger.

After conducting an experiment with drying apple slices with a slice thickness of 5–7 mm during a drying

time of about 6 hours, we can see that the finished product retains its nutritional value and is ready for storage. Since the condensation stopped accumulating and, accordingly, the output parameters of the drying agent became equal to the input parameters, it was decided to stop the drying process.

For the technological process of apple drying, the control channel has the property of self-leveling. An increase in the control action (u1), the current through the thermoelectric converter of the air-to-water heat pump, will reduce the temperature of the cold water — which, in turn, will reduce the temperature of the drying agent at the outlet of the condenser. An increase in the control action (u2), the current through the air-to-air thermoelectric converter, will increase the temperature and decrease the relative humidity of the drying agent at the inlet to the drying chamber and, conversely, will decrease the temperature and increase the relative humidity of the drying agent at the outlet to the condenser. Active experiments can only be conducted with channels whose input variables are available for targeted change. These are, first of all, control actions.

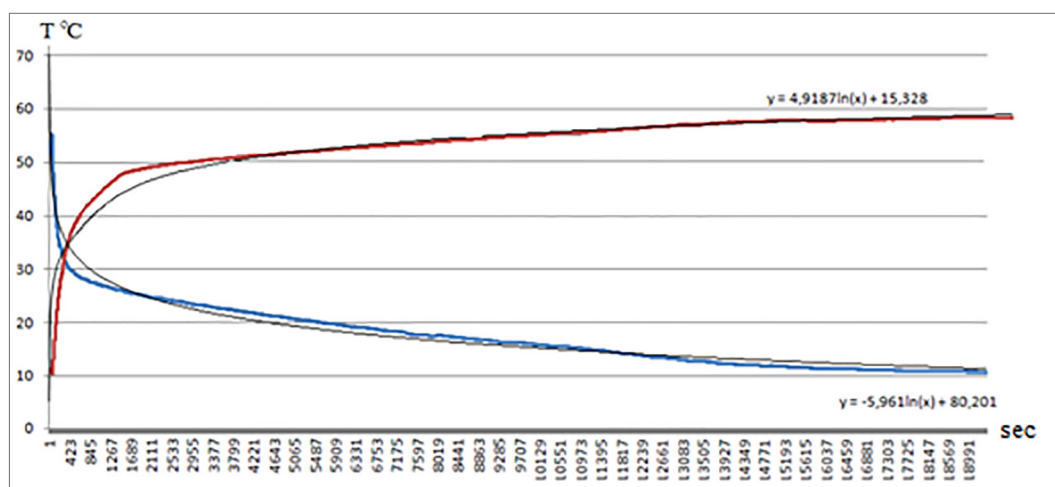


Fig. 4. Graph of transient parameters of the drying agent at the output of the physical model of the chamber loaded with apple slices

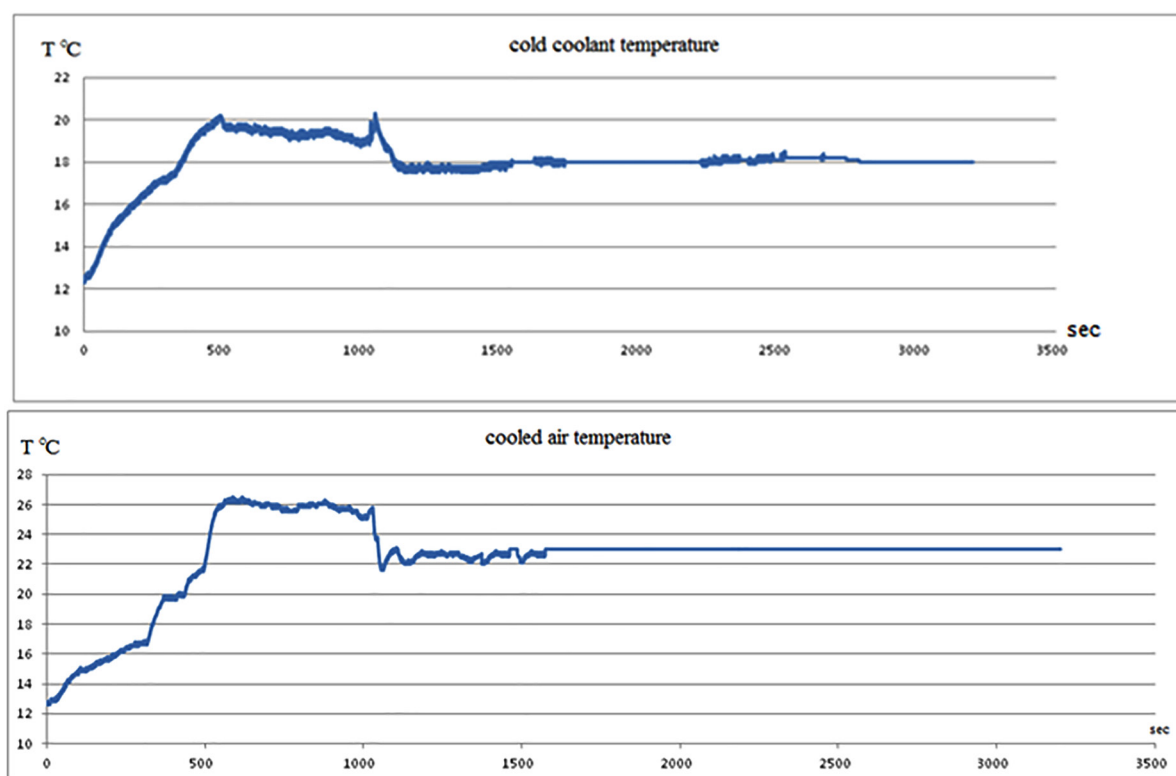


Fig. 5. Graphs of intermediate parameters such as the temperature of the cold water supplied to the contact heat exchanger and the temperature of the cooled drying agent at the outlet of the contact heat exchanger

The next step is to build graphs of the static properties of the raw material drying process using thermoelectric heat pumps in accordance with changes in other dryer parameters. The graphs are shown in figures 6–11.

Conclusion. Experimental studies have shown that the physical model works correctly, which allows us to understand and analyze the transient

characteristics that occur during the drying process and which will need to be further developed. This article demonstrates the ability of this setup in its implementation and further research to automate the energy-efficient control system of the condensation chamber for drying fruit and vegetable raw materials using thermoelectric heat pumps.

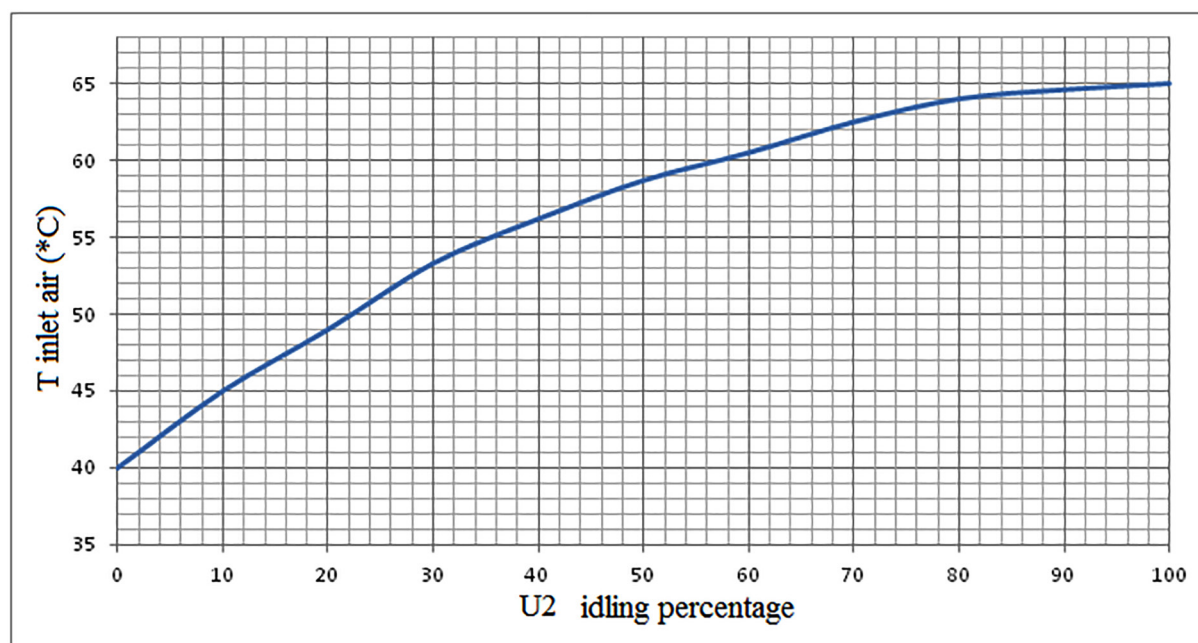


Fig. 6. Change of inlet air temperature by control action change ration u_2

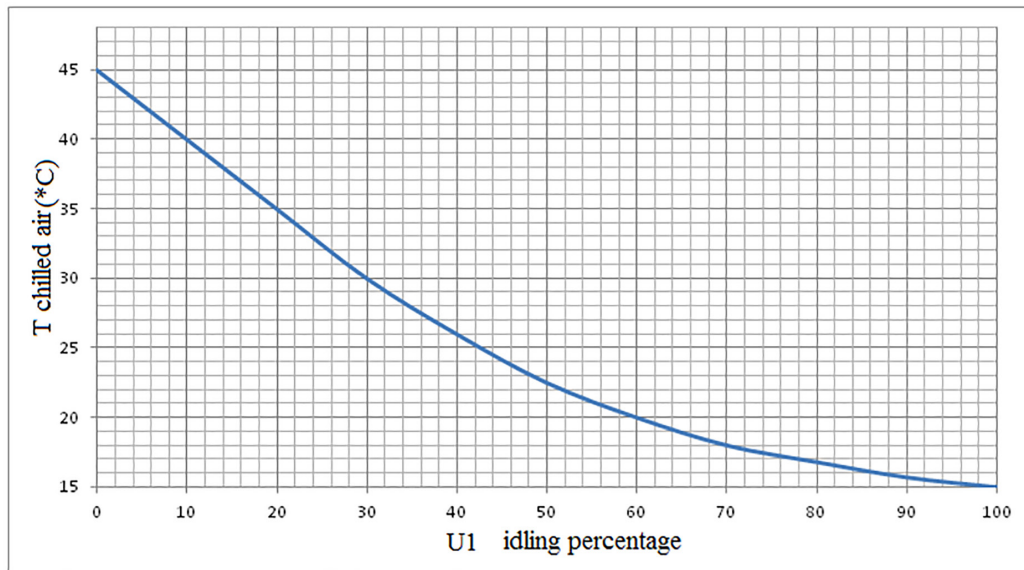


Fig. 7. Change of chilled air temperature by control action change ration u1

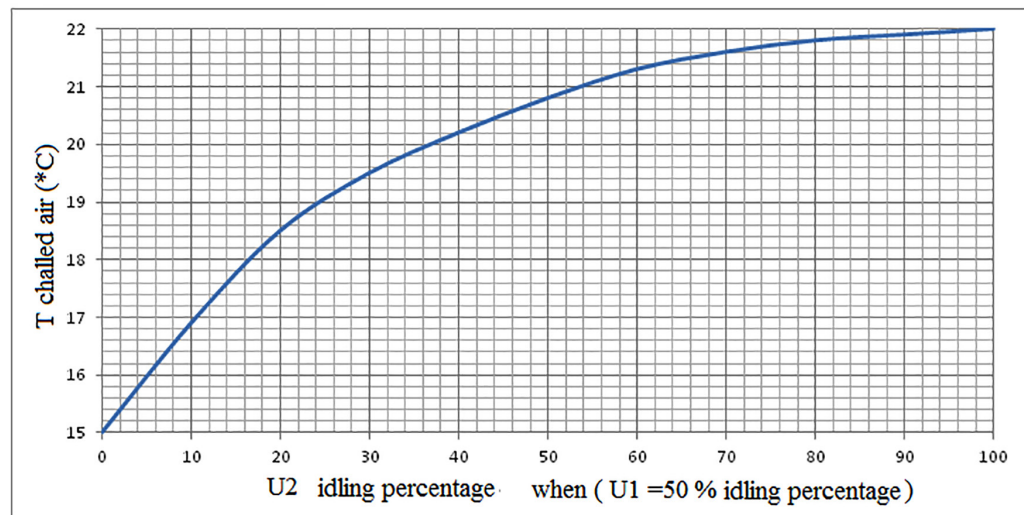


Fig. 8. Change of chilled air temperature by control action change ration u2 when u1=50% indling

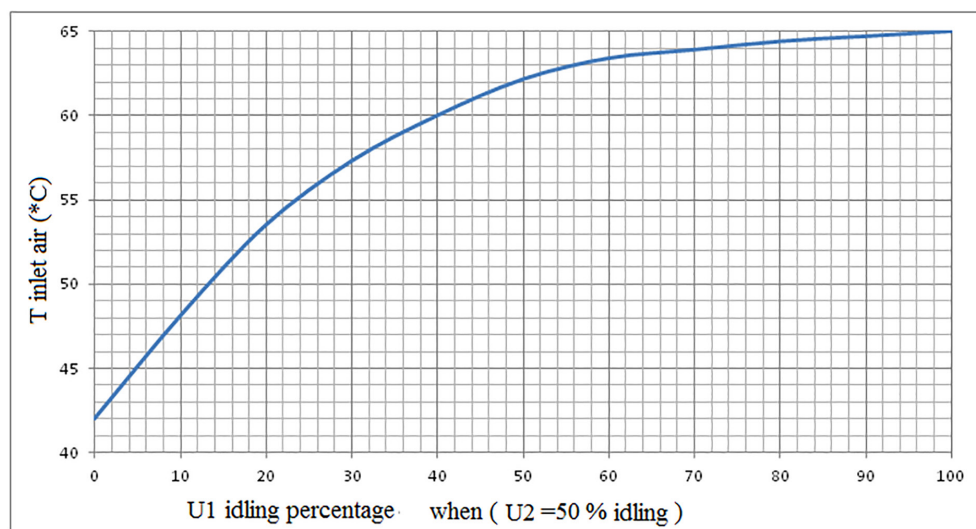


Fig. 9. Change of chilled air temperature by control action change ration u1 when u2=50% indling

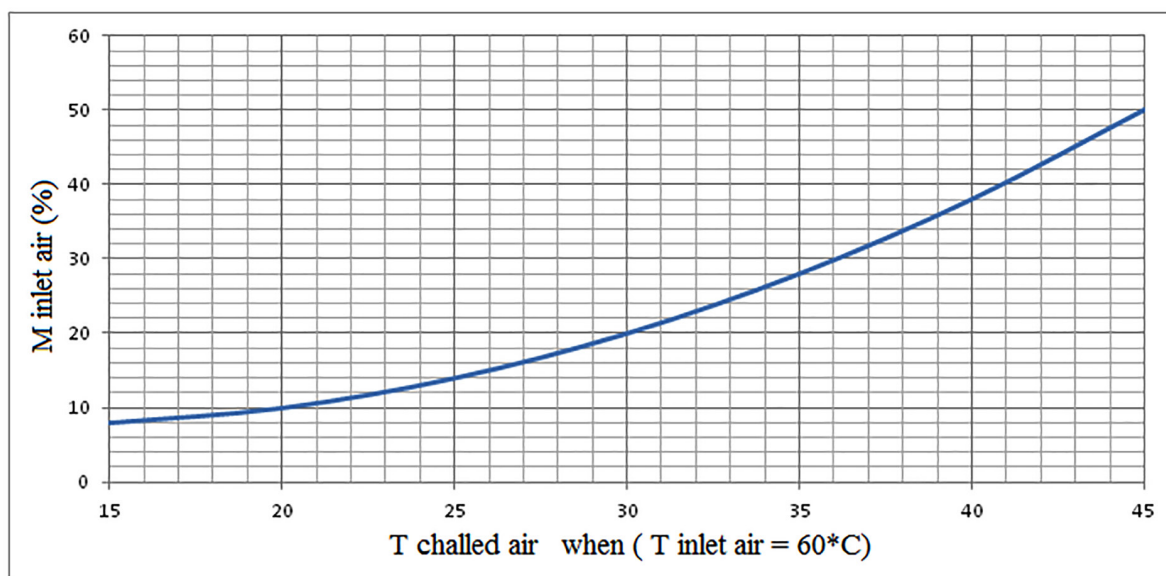


Fig. 10. Change in the relative humidity of the inlet air relative to the change in the chilled air temperature at the outlet from the contact utilize

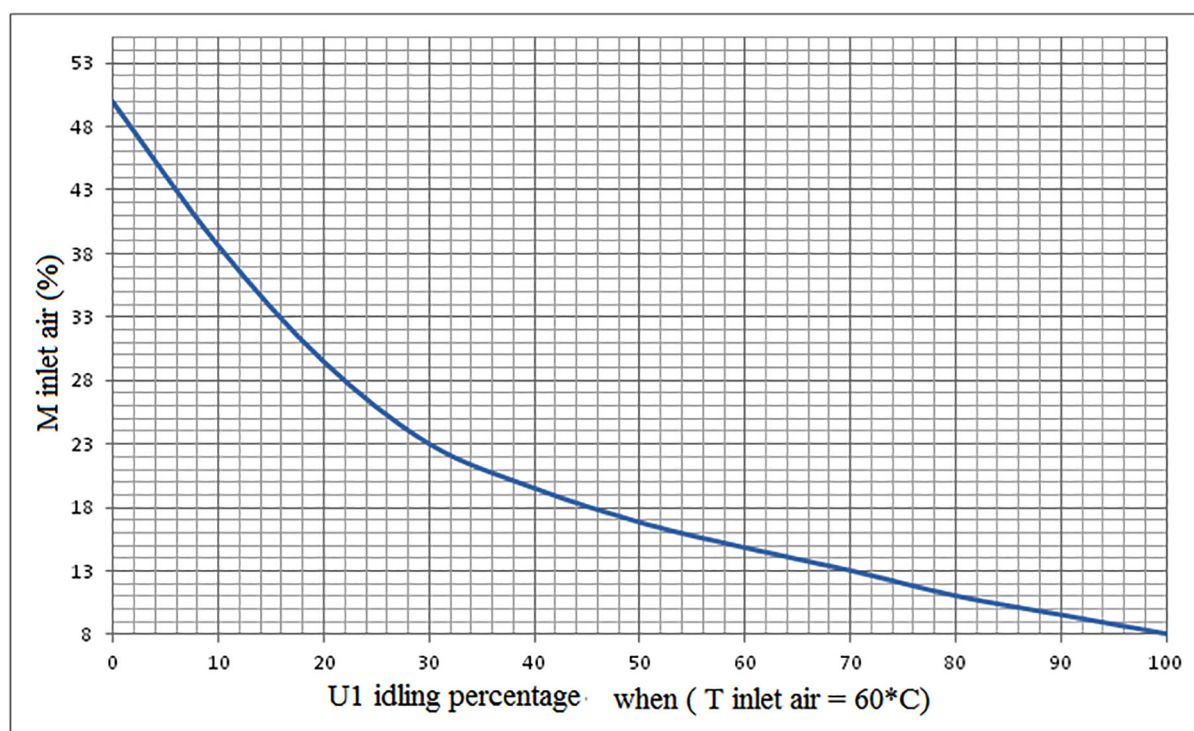


Fig. 11. Change in the relative humidity of the inlet air by control action change ration u_1

References

1. Guzik D.V., Yershov M.P. Experimental tests of a laboratory stand for researching drying processes. *Ventilation, lighting and heat and gas supply*. 2018. Issue 27. P. 52–60.
2. Mazur O., Yakubash I. Condensation thermoelectric dryer as the best way of drying fruit raw materials. *Molodyy vchenyy*. 2022. 5 (105). P. 5–12.
3. Yakubash I.V. Automation of the process of managing condensation drying of fruit and vegetable raw materials using thermoelectric heat pumps at the department of ATP and RS “ONAFТ” (Manuscript). Odesa: ONAFТ. 120 p.

4. Strelchenko L., Dubkovetskyi I., Malezhyk I. Influence of differential heat treatment on foodstuffs with apples obtained by the convection-thermoradiation method of drying. *Ukrainian Food Journal*. 2019. 8. P. 169–180. doi: 10.24263/2304-974X-2019-8-1-15.
5. Shutyuk V. V., Vasylenko S. M., Bessarab O. S., Vasylyv V. P. Suchasni tendentsiyi rozvytku naukovykh doslidzhen' v sushyl'nykh tekhnolohiyakh. 2013 [in Ukrainian].
6. Vega-Galvez A., Lemus-Mondaca R., Bilbao-Sainz C., Fito P., Andres A. Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper. *Journal of Food Engineering*. 2008. No. 85. P. 42–50.
7. Turhan M., K Turhan. N., Sahbaz F. Drying kinetics of red pepper. *Journal of food processing and preservation*. 1997. No. 21.3. P. 209–223.

УДК 004.8:004.932:685.3

Довжанин Юлія Василівна

бакалавр кафедри комерційного права

Пан'європейський університет

Dovzhanyn Yuliia

Bachelor of Law, Department of Commercial Law

Pan-European University

ORCID: 0009-0005-7600-8601

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10708

АНАЛІЗ ОБЛИЧЧЯ ЗА ДОПОМОГОЮ AI: НОВИЙ РІВЕНЬ ІНДИВІДУАЛІЗАЦІЇ МАКІЯЖУ

AI-POWERED FACE ANALYSIS: A NEW LEVEL OF MAKEUP INDIVIDUALIZATION

Анотація. Стаття є дослідженням застосування технологій штучного інтелекту (AI) для індивідуалізації макіяжу, що відкриває нові можливості у сфері персоналізованої косметології та візажу. Розглянуто основні методи комп'ютерного зору. Охарактеризовано застосування глибоких нейромережових моделей, зокрема згорткових нейронних мереж (CNN), генеративно-змагальних мереж (GANs) та алгоритмів машинного навчання (Random Forest, SVM), для автоматизованого аналізу морфологічних особливостей обличчя та підбору оптимальних косметичних засобів. Особливу увагу приділено інтеграції AI-технологій із доповненою реальністю (AR). Проаналізовано ключові технічні аспекти, включаючи швидкість рендерингу, якість візуалізації текстур косметичних продуктів та методи взаємодії користувача з AR-системами, що базуються на UX / UI-дизайні. У статті також розглянуто виклики та обмеження використання AI у косметологічній індустрії. Проаналізовано проблему алгоритмічної упередженості при розпізнаванні різних етнічних і гендерних особливостей, загрози конфіденційності біометричних даних та технологічні бар'єри, пов'язані з продуктивністю мобільних пристроїв і обчислювальними потужностями AI-моделей. Визначено перспективи розвитку персоналізованих AI-систем у сфері косметології, зокрема створення гібридних нейромережових моделей, що поєднують AI-аналіз із експертними знаннями у сфері дерматології та візажу, впровадження адаптивних систем, які враховують зміну освітлення, модні тенденції та фізіологічний стан шкіри користувача, а також інтеграцію AI-аналізу обличчя з технологіями Інтернету речей (IoT), зокрема розумними дзеркалами та косметикою з біосенсорами. Отримані результати можуть бути використані для подальшого розвитку персоналізованих beauty-tech рішень, удосконалення AR-додатків та розробки нових методів цифрової косметології.

Ключові слова: штучний інтелект, макіяж, комп'ютерний зір, нейромережові моделі, рендеринг, користувач, AI-моделі.

Summary. The article is a study on the application of artificial intelligence (AI) technologies for makeup individualization, opening new possibilities in the field of personalized cosmetology and makeup artistry. The main methods of computer vision are considered. The application of deep neural network models, including convolutional neural networks (CNNs), generative adversarial networks (GANs), and machine learning algorithms (Random Forest, SVM), for automated analysis of facial morphological features and selection of optimal cosmetic products is characterized. Special attention is given to the integration of AI technologies with augmented reality (AR). Key technical aspects are analyzed, including rendering speed, the quality of cosmetic product texture visualization, and user interaction methods with AR systems based on UX / UI design. The article also examines challenges and limitations of AI use in the cosmetology industry. Issues of algorithmic bias in recognizing different ethnic and gender characteristics, threats to biometric data confidentiality, and technological barriers related to mobile device performance and AI model computational capacity are analyzed. The prospects for the development of personalized AI systems in cosmetology are identified, including the creation of hybrid neural network models that combine AI analysis with expert knowledge in dermatology and makeup, the implementation of adaptive systems that consider lighting changes, fashion trends, and the physiological condition of the user's skin, as well as the integration of AI-based facial analysis with Internet of Things (IoT) technologies, such as smart mirrors and cosmetics with biosensors. The obtained results can be used for further development of personalized beauty-tech solutions, the improvement of AR applications, and the creation of new digital cosmetology methods.

Key words: artificial intelligence, makeup, computer vision, neural network models, rendering, user, AI models.

Сучасні досягнення у сфері штучного інтелекту (AI) та комп'ютерного зору спричинили трансформаційні зміни в індустрії краси, зокрема в галузі персоналізованого макіяжу. Застосування алгоритмів глибокого навчання, аналізу зображень і нейромережевих моделей дає змогу здійснювати детальний розбір морфологічних характеристик обличчя, ідентифікувати унікальні особливості шкіри та визначати оптимальні косметичні рішення для кожного користувача.

Інтелектуальні системи аналізу обличчя ґрунтуються на багатофакторному підході, що включає обробку кольорових спектрів, виявлення текстури шкіри, оцінку симетрії та ідентифікацію змін, спричинених віковими або екологічними чинниками. Використання таких методів у поєднанні з рекомендаційними алгоритмами дозволяє розробити індивідуальні стратегії макіяжу, адаптовані не лише до фізіологічних характеристик, а й до контекстуальних факторів, таких як освітлення, стиль або культурні уподобання [2, с. 1205].

Комп'ютерний зір (Computer Vision, CV) є фундаментальною складовою технологій автоматизованого аналізу обличчя, що базується на алгоритмах обробки зображень та відеопотоків. Основними методами, що застосовуються в цій сфері, є:

- Розпізнавання обличчя (Face Recognition) — алгоритмічний процес ідентифікації та верифікації осіб шляхом порівняння унікальних біометричних ознак. Реалізується за допомогою глибоких згорткових нейронних мереж (CNN), таких як FaceNet, ArcFace, або DeepFace, які здатні екстрагувати високорівневі особливості обличчя у багатовимірному просторі ознак.
- Виявлення контурів обличчя (Facial Landmark Detection) — процес локалізації ключових анатомічних точок (наприклад, кути очей, лінія носа, контури губ) для аналізу симетрії, форми обличчя та його морфологічних характеристик. Популярні моделі, такі як MediaPipe Face Mesh або OpenFace, забезпечують точність відстеження до 468 ключових точок.
- Аналіз текстури шкіри (Skin Texture Analysis) — методика визначення дерматологічних параметрів (вологість, пористість, рівномірність тону) шляхом застосування технік спектрального аналізу, хвильових перетворень (Wavelet Transform) та алгоритмів Segment Anything Model (SAM) для виявлення мікронеоднорідностей шкіри [1].

Застосування методів машинного навчання (Machine Learning, ML) забезпечує автоматизований аналіз та прогнозування відповідних косметичних рішень на основі обробки багатовимірних наборів даних. Ключові алгоритмічні підходи включають:

- Глибокі нейронні мережі (Deep Neural Networks, DNNs) — використання згорткових (CNN) та рекурентних (RNN, LSTM) архітектур для розпізнавання особливостей обличчя, моделювання вікових змін і прогнозування оптимальних схем макіяжу.

- Генеративно-змагальні нейромережі (Generative Adversarial Networks, GANs) — застосування моделей на основі змагання двох нейромереж (генератора та дискримінатора) для реалістичної симуляції шкірних покривів, персоналізації AR-макіяжу та створення високоякісних синтетичних зображень.
- Random Forest (RF) та Support Vector Machines (SVM) — алгоритми класичного машинного навчання, що використовуються для класифікації типів шкіри (суха, жирна, комбінована, проблемна) на основі гістограми кольорових характеристик та текстурних параметрів (LBP, Gabor-фільтри) [3, с. 180].

Слід зазначити, що ефективність AI-моделей для аналізу обличчя значною мірою залежить від якості та обсягу навчальних вибірок, адже обробка великих масивів даних забезпечує точність і стійкість алгоритмів до варіативності зовнішніх чинників. Одним із ключових аспектів цього процесу є створення та використання спеціалізованих датасетів, що містять різноманітні морфологічні характеристики та текстурні особливості обличчя. Популярні набори даних, такі як CelebA, FFHQ (Flickr-Faces-HQ), MS-Celeb — 1M, слугують основою для навчання нейронних мереж, надаючи широкий спектр зображень з урахуванням вікових, гендерних, етнічних та дерматологічних відмінностей.

Не менш важливою складовою є попередня обробка даних, що включає такі етапи, як нормалізація кольорів, усунення нерівномірностей освітлення та тіней, а також збільшення вибірки (data augmentation) для компенсації недостатньої репрезентативності окремих груп користувачів. Використання методів аргументації, зокрема віддзеркалення, масштабування, поворотів і змін контрастності, дозволяє створити стійкіші моделі, здатні коректно аналізувати обличчя в реальних умовах. Крім того, вирівнювання обличчя на основі ключових точок дозволяє стандартизувати вхідні зображення, що сприяє підвищенню точності алгоритмів розпізнавання.

Водночас, питання обробки біометричних даних тісно пов'язані з етичними аспектами та конфіденційністю, оскільки використання AI для персоналізованого аналізу зовнішності передбачає доступ до чутливої інформації. Це зумовлює необхідність дотримання міжнародних стандартів захисту персональних даних, таких як General Data Protection Regulation (GDPR) у Європейському Союзі та California Consumer Privacy Act (CCPA) у США. Забезпечення відповідності цим нормативним актам вимагає впровадження механізмів анонімізації, обмеження доступу до збережених даних і прозорості алгоритмічних рішень. Окрім юридичних аспектів, також важливо враховувати питання упередженості моделей, яка може виникати через нерівномірний розподіл навчальних даних, що, у свою чергу, впливає на об'єктивність результатів AI-аналізу [4].

Аналіз обличчя за допомогою штучного інтелекту, заснований на методах комп'ютерного зору та машинного навчання, відкриває нові можливості для персоналізованих рекомендацій у сфері косметології та б'юті-індустрії. Завдяки глибокому аналізу морфологічних характеристик, текстурних особливостей шкіри та біометричних параметрів, сучасні AI-моделі здатні не лише розпізнавати та класифікувати типи обличчя, але й оптимізувати вибір засобів декоративної косметики відповідно до індивідуальних особливостей користувача. У цьому контексті ключову роль відіграє індивідуалізація макіяжу, що базується на глибокому аналізі структурних і колористичних параметрів зовнішності, інтеграції рекомендаційних систем та адаптації результатів до конкретних дерматологічних умов.

Морфологічний аналіз обличчя є критично важливим етапом у процесі автоматизованого підбору макіяжу. Він базується на алгоритмах глибокого навчання, що використовують згорткові нейронні мережі (CNN) для визначення ключових анатомічних характеристик:

- **Форми обличчя** — AI-моделі аналізують співвідношення довжини та ширини лобової, виличної та нижньощелепної зони для класифікації обличчя за стандартними типами (овальне, кругле, квадратне, серцеподібне тощо). Використання кластеризаційних методів, таких як K-means або DBSCAN, дозволяє автоматизувати визначення унікальних морфологічних патернів.
- **Симетрії обличчя** — шляхом аналізу розташування основних реперних точок (наприклад, медіальної лінії, позиції очей і губ) оцінюється ступінь симетричності обличчя. Використання методів Principal Component Analysis (PCA) та Eigenfaces дозволяє встановити рівень відхилення від ідеальної симетрії, що впливає на стратегічний вибір макіяжних технік.
- **Пропорційних характеристик окремих елементів** — автоматизований аналіз розміру очей, губ і носа відносно загальних параметрів обличчя дозволяє підібрати оптимальні прийоми макіяжу для корекції або акцентування певних рис. Наприклад, AI може рекомендувати затемнення певних зон контурингом для візуального зменшення об'єму або застосування хайлайтерів для підкреслення природних контурів [6].

Підбір декоративної косметики є багатофакторним завданням, що включає аналіз відтінку шкіри, кольору очей, волосся та загальних особливостей колористики. Сучасні алгоритми глибокого навчання використовують кольорні моделі (RGB, HSV, Lab) у поєднанні з класифікаційними алгоритмами для оптимізації вибору колористичних рішень.

AI використовує спектральний аналіз та згорткові нейронні мережі для ідентифікації холодного, теплого або нейтрального підтону. Алгоритми, такі як

Gaussian Mixture Models (GMM), дозволяють точно класифікувати мікропігментні варіації.

Також AI оцінює рівень контрасту між тоном шкіри, кольором волосся та очей, що дає змогу підібрати косметику, яка гармонійно поєднується з природною палітрою користувача. Наприклад, методи гібридного навчання, що поєднують Random Forest та Gradient Boosting, використовуються для персоналізованих рекомендацій палітри тіней, рум'ян та помади.

AI-алгоритми враховують інтенсивність і спектральний склад освітлення, що може змінювати візуальне сприйняття макіяжу. Використання рекурентних нейронних мереж (RNN) дає змогу передбачити корекції кольорових параметрів залежно від денного, штучного або змішаного освітлення [8].

Індивідуалізований підбір макіяжу передбачає не лише вибір кольорів, а й аналіз складу косметичних засобів відповідно до дерматологічного стану шкіри користувача. Рекомендаційні системи базуються на багатовимірному аналізі дерматологічних характеристик та застосуванні алгоритмів collaborative filtering та content-based filtering.

Аналіз стану шкіри — AI оцінює рівень зволоженості, наявність пігментації, акне або ознак старіння шляхом спектрального аналізу та порівняння з еталонними дерматологічними базами даних. Для цього використовуються сегментаційні алгоритми, такі як U-Net або DeepLabV3, що дозволяють виділяти проблемні зони та рекомендувати відповідні косметичні продукти.

Персоналізація рекомендацій на основі історичних даних — AI-системи враховують історію використання косметики, алергічні реакції та рівень задоволеності користувача, що дає змогу створювати динамічні моделі рекомендацій. Використання reinforcement learning дозволяє адаптувати алгоритм відповідно до змін у стані шкіри та сезонних факторів [7, с. 39–40].

Подальший розвиток технологій індивідуалізації макіяжу за допомогою штучного інтелекту зосереджується не лише на вдосконаленні рекомендаційних систем, а й на інтеграції AI-аналізу обличчя з доповненою реальністю (AR), що дозволяє користувачам тестувати косметику віртуально ще до її фізичного застосування. Завдяки розвитку глибоких нейромереж і зростанню обчислювальних можливостей мобільних пристроїв сучасні AR-системи забезпечують точне накладання макіяжу з реалістичною симуляцією текстур, світлотіньових переходів та інтерактивних ефектів. Оптимізовані архітектури нейронних мереж, такі як MobileNetV3 та EfficientNet, підвищують швидкість рендерингу та продуктивність, а багатопарові згорткові нейромережі (CNN) у поєднанні з рекурентними мережами (LSTM) дозволяють адаптувати макіяж до змін міміки й положення голови в реальному часі. Для імітації текстур косметики застосовуються Generative Adversarial

Networks (GANs), що створюють реалістичні ефекти, враховуючи освітлення та особливості шкіри. Додатково рендерингові технології моделюють фізичні властивості косметики, такі як матовість, глянцевість і розсіювання світла, що наближає віртуальне зображення до реального результату [5, с. 143–144].

Ефективність систем віртуального тестування макіяжу значною мірою залежить від дизайну користувацького інтерфейсу (UI) та досвіду взаємодії (UX).

Основним UX-завданням є забезпечення інтуїтивної взаємодії з AR-фільтрами без необхідності складних налаштувань. Сучасні додатки використовують автоматичне розпізнавання обличчя та реальну візуалізацію продуктів без потреби ручного регулювання параметрів, що значно підвищує зручність користування.

Крім того, важливим фактором є адаптація AR-фільтрів до різних типів пристроїв, зокрема мобільних телефонів, планшетів та AR-окулярів. Для цього використовуються кроссплатформенні програмні рішення на основі ARKit (Apple), ARCore (Google) та WebAR, які забезпечують підтримку віртуальної примірки макіяжу без встановлення додаткових додатків.

Ще одним аспектом є взаємодія з рекомендаційними системами, яка дозволяє користувачам не лише приміряти макіяж, але й отримувати персоналізовані рекомендації косметичних засобів, враховуючи індивідуальні особливості шкіри, тип обличчя та кольорові характеристики. Це передбачає інтеграцію AR-платформ з великими базами даних косметичних продуктів, що використовують NLP-алгоритми для аналізу описів та відгуків про товари [2, с. 1207].

Глибокі нейронні мережі відіграють ключову роль у підвищенні реалістичності AR-фільтрів, оскільки саме вони забезпечують точне накладання косметичних текстур та динамічну адаптацію макіяжу до освітлення та рухів обличчя.

Основні нейромережеві моделі, що використовуються:

1. StyleGAN та Pix2Pix — дозволяють генерувати високоякісні візуальні ефекти, імітуючи текстури косметики відповідно до природного вигляду шкіри.

2. U-Net та DeepLabV3+ — забезпечують точне сегментування обличчя, що дозволяє правильно розташовувати косметичні ефекти відповідно до анатомічних контурів.

3. ResNet та Vision Transformers (ViT) — використовуються для покращення точності розпізнавання та усунення артефактів при накладанні макіяжу на обличчя в русі.

Одним із найважливіших аспектів є моделювання взаємодії світла з текстурами косметики, що дозволяє створювати ефекти, такі як глянцевий блиск губної помади, переливи хайлайтера або матовість тонального крему. Використання технології Physically-Based Rendering (PBR) у поєднанні

з глибокими нейромережами дозволяє реалістично відтворювати такі ефекти, забезпечуючи їхню коректну інтеграцію у відео потік [1].

Незважаючи на значний прогрес у розробці AI-алгоритмів для аналізу обличчя та індивідуалізації макіяжу, технологія залишається вразливою до проблем точності та упередженості. Зокрема, моделі можуть демонструвати різні рівні ефективності залежно від етнічної приналежності, гендерних характеристик та унікальних морфологічних особливостей обличчя. Це обумовлено дисбалансом у навчальних вибірках, де домінують певні типи зовнішності, що може призводити до некоректних рекомендацій або неточностей у віртуальному тестуванні макіяжу. Використання методів доменної адаптації та стратегії розширення вибірки (data augmentation) є критично важливими для мінімізації таких ризиків та забезпечення універсальності AI-моделей.

Окрім питання алгоритмічної неупередженості, ключовим викликом залишається забезпечення конфіденційності персональних даних, оскільки аналіз обличчя передбачає обробку біометричних характеристик, що підпадають під суворі регуляторні норми (GDPR, CCPA). Не менш важливими є технологічні обмеження: складні моделі глибокого навчання потребують значних обчислювальних ресурсів, що може ускладнювати їх інтеграцію у мобільні пристрої з обмеженою продуктивністю. Оптимізація AI-алгоритмів через квантово-ефективні архітектури, такі як MobileNet або

NASNet, а також використання хмарних обчислень є перспективними напрямками для подолання цих бар'єрів [8].

Перспективи розвитку AI-технологій в індивідуалізації макіяжу спрямовані на створення гібридних нейромережевих моделей, що поєднують алгоритми глибокого навчання з експертними системами у сфері косметології. Такий підхід дозволить не лише аналізувати морфологічні особливості обличчя, але й враховувати дерматологічний стан шкіри, фізіологічні характеристики та рекомендації професійних візажистів. Використання багаторівневих моделей, що комбінують конволюційні нейромережі (CNN) для візуального аналізу та трансформерні архітектури для інтерпретації текстових описів і модних трендів, сприятиме підвищенню точності та персоналізації рекомендацій.

Іншою важливою тенденцією є розвиток адаптивних AI-систем, здатних коригувати макіяж залежно від умов освітлення, поточних подій або динамічних змін у стилі користувача. У поєднанні з технологіями Інтернету речей (IoT) такі системи можуть інтегруватися з розумними дзеркалами, оснащеними біосенсорами, що аналізують стан шкіри, рівень зволоженості та навіть емоційний стан користувача. Інтерактивна косметика, що адаптується в реальному часі, відкриває нові можливості для beauty-індустрії, зокрема через синхронізацію AI-аналізу обличчя

з персоналізованими рекомендаціями та автоматичним налаштуванням декоративної косметики для досягнення оптимального результату [3, с. 185].

Отже, розвиток технологій штучного інтелекту та комп'ютерного зору сприяв появі нової парадигми в індивідуалізації макіяжу, що базується на точному аналізі морфологічних особливостей обличчя, автоматизованому підборі кольорової гами та інтеграції з доповненою реальністю. Попри досягнутий

прогрес, ключовими викликами залишаються питання точності AI-моделей, їхньої неупередженості, захисту біометричних даних та технологічних обмежень, пов'язаних із продуктивністю мобільних пристроїв. Подальші дослідження мають зосередитися на вдосконаленні гібридних нейромережевих моделей, адаптивних AI-систем та інтеграції аналізу обличчя з IoT для створення інтелектуальних beauty-технологій із високим рівнем персоналізації.

Література

1. Chakraborty D., Polisetty A., Sowmya G. Unlocking the potential of AI: Enhancing consumer engagement in the beauty and cosmetic product purchases. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 2024. Vol. 79. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.103842>; URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S09696989240-01383> (дата звернення: 10.02.2025).
2. Charlo B. AI-Driven Beauty: The Future of personalized cosmetic innovation. *Journal of Artificial Intelligence Machine Learning and Data Science*. 2022. № 1 (1). pp. 1204–1208. <https://doi.org/10.51219/JAIMLD/bala-vignesh-charlo/278>.
3. Díaz D. et al. A machine learning approach for modeling safety stock optimization equation in the cosmetics and beauty industry. *Advances in Computational Intelligence*. 2021. pp. 173–186. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-89817-5>.
4. *How AI Brings Next Level Personalization to the Personal Care Industry: вебсайт*. URL: <https://www.dkshdiscover.com/pt/articles/how-ai-brings-next-level-personalization-to-the-personal-care-industry/artificial-intelligence> (дата звернення: 08.02.2025).
5. Kryvoruchko O., Bebesko B., Khorolska K. et al. Artificial intelligence face recognition for authentication. *Технічні науки та технології*. 2020. № 2 (20). С. 139–148.
6. Movahedi S. AI-Powered Personalized Skincare Analysis for Enhanced Skin Health. 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/382659454_AI-Powered_Personalized_Skincare_Analysis_for_Enhanced_Skin_Health (дата звернення: 09.02.2025).
7. Salsky E. Personalization in Beauty Tech Using AI and AR. Investigating Consumer Behaviour and Benefits of Personalization in Beauty. 2020. 61 p.
8. *The Evolution of Beauty: Exploring the Transformative Impact of Artificial Intelligence on the Makeup Industry: вебсайт*. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/evolution-beauty-exploring-transformative-impact-r8wae> (дата звернення: 10.02.2025).

Короткіх Віктор Миколайович*аспірант кафедри систем автоматизованого проектування
Національного університету «Львівська політехніка»***Korotkykh Viktor***Graduate Student of the Computer Design System Department
Lviv Polytechnic National University***Щербовських Сергій Володимирович***доктор технічних наук, професор,
професор кафедри систем автоматизованого проектування
Національний університет «Львівська політехніка»***Shcherbovskykh Serhiy***Doctor of Technical Science, Professor,
Professor of the Computer Design System Department
Lviv Polytechnic National University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10701

ОГЛЯД МЕТОДІВ ПОШУКУ 3D-МОДЕЛЕЙ У СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

OVERVIEW OF 3D MODEL SEARCH METHODS IN COMPUTER DESIGN SYSTEMS

Анотація. В процесі сучасної проектно-конструкторської діяльності накопичуються великі об'єми креслень та іншої технічної документації, представлені в електронному вигляді, що створює передумови для повторного використання технічної інформації при розробці нових технічних об'єктів. Повторне використання наявних ресурсів може скоротити цикли розробки нових виробів, зменшити витрати на розробку та підвищити продуктивність і якість нових виробів. У цій статті представлено огляд сучасних методів пошуку 3D-моделей в процесі проектування. Це охоплює методи, засновані на 3D-моделях (включаючи методи статистичного пошуку, аналізу геометричної форми та аналізу топології) і семантичних технологій (включаючи методи пошуку онтологій та методи пошуку графів знань). У цьому огляді також проводиться порівняльна характеристика існуючих методів пошуку та пропонуються майбутні напрямки досліджень.

Ключові слова: семантика, онтологія, системи автоматизованого проектування.

Summary. In the process of modern design and construction activities, large volumes of drawings and other technical documentation presented in electronic form accumulate, which creates the prerequisites for the reuse of technical information in the development of new technical objects. Reuse of existing resources can shorten the development cycles of new products, reduce development costs and increase the productivity and quality of new products. This article presents an overview of modern methods for searching for 3D models in the design process. This covers methods based on 3D models (including statistical search methods, geometric shape analysis and topology analysis) and semantic technologies (including ontology search methods and knowledge graph search methods). This review also provides a comparative description of existing search methods and suggests future research directions.

Key words: semantics, ontology, computer-aided design systems.

Постановка проблеми. Із широким застосуванням технологій цифрового моделювання та виробництва накопичення даних 3D-моделей САПР швидко зростає. Сучасні системи САПР проникли

в усі галузі та на всіх рівнях виробництва та проектування. З розвитком підприємств і збільшення кількості виконаних проектів, масштаб внутрішньої бази даних підприємства, яка є цінним ресурсом,

буде продовжувати зростати. Ефективне повторне використання наявних ресурсів підприємств, скорочення циклу розробки нових продуктів, скорочення витрат на розробку та покращення продуктивності та якості нових продуктів мають стратегічне значення для підвищення основної конкурентоспроможності підприємств.

У сучасному світі глобалізації та міжнародного поділу праці діяльність з розробки нових продуктів зазвичай динамічно організовується та проводиться інженерами різних спеціалізацій, з різних регіонів та організацій. Життєвий цикл технічних об'єктів включає аналіз вимог і постановку технічного завдання, ескізне та детальне проектування, створення діючого зразка, розробку технологічної документації, тестування та сертифікація, виробництво та експлуатація, обслуговування і ремонт, утилізація або повторне використання та інші процеси. На всіх етапах життєвого циклу технічних об'єктів відбувається інтеграція внутрішніх і зовнішніх ресурсів даних 3D-моделі та формування міждисциплінарної платформи програмного забезпечення для досліджень і розробок. За допомогою ефективної технології пошуку даних, надання даних моделі 3D CAD для дослідження та розробки продукту, сприяння стандартизації інформації 3D CAD та формування «бази знань» або «бібліотеки» з ресурсами даних як ядром. Внутрішні бази даних тривимірних CAD-моделей підприємства і бази даних підприємств пов'язаних в ланцюжки постачальник-отримувач, взаємодіють з даними систем управління даними про продукт (PDM) і систем планування ресурсів підприємства (ERP), щоб реалізувати наскрізний рух інформації про продукцію, включаючи геометричні параметри, тип матеріалу, інформацію про обробку поверхні, класифікаційний номер, розмір та іншу інформацію про атрибути [1]. Таким чином, можна зробити висновок, що пошук елементів 3D моделі є ключем до управління ресурсами даних.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз інженерної практики свідчить про те що приблизно 75–80% нових елементів моделей повторно використовують існуючі зразки виробів за допомогою варіантного та адаптивного дизайну, і лише приблизно 20–25% нових деталей сконструйовані de-novo [2]. Крім того, мінімальні зміни конструкції дозволяють використовувати накопичені технологічні та організаційні знання, заходи з охорони праці та екологічної безпеки. Повторне використання існуючих цифрових моделей виробів пришвидшує і здешевлює процес виробництва, дозволяє застосування готових програм числового керування (NC), технологічної оснастки та допоміжного обладнання, які накопичуються в процесах проектування та виробництва. [3]; В структурному проектуванні, проектуючи частини та компоненти, інженери використовують модульний підхід до конструкції готового виробу, розбиття складного інженерного об'єкта на окремі рівні проектування,

значно покращують здатність проектувати та розробляти складні продукції та ефективно зменшити споживання ресурсів обробки на 30% і вартість складання на 12% [4].

Незважаючи на те, що поточна система САПР відіграє значну роль на етапах проектування, моделювання та симуляції, існують труднощі в забезпеченні ефективної підтримки в пошуку та зіставленні існуючих технічних рішень з концепцією виробу, який проектується на ранній стадії проектування. На початку проектування інженери повинні мати загальне уявлення про конструкцію деталі, матеріал, технологічність та економічність її виготовлення, експлуатаційні характеристики готового технічного об'єкту. Ранній етап проектно-конструкторської часто полягає у творенні ескізів у ручну і є ефективним методом для конструкторів, щоб швидко фіксувати візуалізувати та обмінюватися конструкторськими ідеями [4]. Автоматизація переходу від ескізу деталі до отримання 3D-моделі може значно підвищити ефективність проектування деталі [5]. Пошук ідентичних або аналогічних технічних об'єктів на основі геометрії та функції деталей займає багато часу та енергії, і є актуальною проблемою проектно-конструкторської діяльності. Наразі недосконалість методів пошуку в базах даних САПР обмежують повторне використання готових технічних рішень. В основному це проявляється в наступному:

1. Методи пошуку мають низьку точність. Підприємства з виробництва деталей зазвичай використовують програмне забезпечення PDM/PLM для керування процесом проектування деталей. Традиційний метод керування базується на створенні унікального ідентифікатора моделі САПР і використовує ключові слова для отримання назви моделі. Недоліками цього методу є те, що ідентифікація та кодування деталей не є уніфікованими, а стандарт ідентифікації є недосконалим; інформація, що міститься в ключових словах, обмежена, що не може точно та вичерпно описати технічний об'єкт, що впливає на точність пошуку.

2. Процес пошуку ресурсозатратний і займає багато часу. Виробничим підприємством бракує методів і систем наукової класифікації технічних об'єктів. Відсутність стандартизації обміну інформацією між різними конструкторськими системами також погіршує умови роботи конструкторів і технологів. Конструктори не можуть швидко знайти відповідні підказки під час пошуку 3D-моделей CAD тому у процесі пошуку перевіряються багато неадекватних об'єктів що зазвичай займає 60% або більше часу розробки продукту.

3. Істотні характеристики технічного об'єкту неможливо отримати тільки на основі його геометрії, відсутність зв'язку між геометричними параметрами деталі та її функціональним призначенням. Інженери повинні враховувати крім геометричних параметрів деталі її матеріал технологічність економічність

та експлуатаційні якості. Ескіз є ефективним засобом конструкторів для швидкого прототипування технічного об'єкту. Однак важко шукати очікувану модель на основі ескізу, коли відомі лише, загальні геометричні параметри або зовнішній вигляд деталі.

Точний і ефективний пошук 3D-моделей деталей може полегшити оперативне виявлення та повторне використання існуючих проектно-конструкторських рішень, заощадити значний час і витрати на розробку продукту, додатково оптимізувати дизайн і уникнути помилок в процесі розробки.

Враховуючи вищезазначені проблеми, у цій статті розглядаються методи пошуку 3D-моделі САПР при проектуванні та виготовленні деталей машин, обговорюються принципи існуючих методів пошуку, підсумовуються останні дослідження методів, систематизовано узагальнено переваги та недоліки кожного методу та вказано напрямки подальшого розвитку.

Мета статті. Дослідити та систематизувати сучасні методи пошуку 3D-моделей у системах автоматизованого проектування (САПР), включаючи підходи на основі геометричного аналізу, топологічних структур та семантичних технологій. Провести порівняльний аналіз існуючих методів, виявити їхні переваги та недоліки, а також окреслити перспективи подальших досліджень у напрямку покращення ефективності пошуку, зокрема через використання онтологічних моделей та графів знань.

Виклад основного матеріалу. Методи пошуку на основі дескрипторів наразі є основними методами пошуку, ключем до пошуку 3D-моделі є побудова дескрипторів функцій для виявлення характеристик моделі. Ефективний дескриптор ознак повинен бути достатньо інформативним, щоб забезпечити повне та ефективне представлення технічних параметрів. Крім того, він має бути обчислювально ефективним, компактним і стійким до типових збурень. Суть порівняння та зіставлення описів ознак форми після вилучення ознак моделі полягає в обчисленні просторових відстаней між описами ознак моделі запиту та моделі, яку потрібно отримати, і сортування їх [5]. Ті, що розташовані близько один до одного, вважаються подібними, і таким чином може бути реалізовано пошук 3D-моделей.

Для пошуку 3D-моделі САПР були запропоновані методи пошуку, зосереджені на аналізі форми моделі [6]. За формою аналізу ці методи можна класифікувати як методи статистики даних, методи аналізу геометричної форми та методи аналізу топологічної структури. Методи статистики даних

Принцип методу пошуку 3D-моделі на основі статистики даних полягає у вибірці характеристик 3D-моделі та статистичному аналізі інформації про функції. Ранні дослідження в основному зосереджені на аналізі геометричних особливостей, таких як параметри поверхні моделі, включаючи кути між поверхнями, геометричну відстань, розподіл вершин, кривизни ліній та ін. [7].

Дескриптори об'єктів форми встановлюються за допомогою гістограм або векторів для виявлення ключових об'єктів геометричної інформації і подальшого кількісного аналізу геометричної інформації для обчислення подібності. Спрощення геометричної інформації та відкидання даних, викликане особливостями статистичного методу, роблять пошуковий ефект цього методу слабким. Метод пошуку 3D-моделі на основі статистики даних зіставляє моделі обчислювальним способом. Метод розрахунку простий і швидкий, але він не може отримати достатньо тонких характеристик для подальшого вимірювання відмінностей між моделями. Таким чином, ефект пошуку цього методу обмежений.

Методи пошуку 3D-моделі на основі геометричних форм полягає у виділенні геометричних особливостей форми 3D-моделі, що сприяє побудові дескрипторів ознак форми. Одним з підходів до аналізу геометрії є модель «сумки зі словами» яка вперше була застосована для класифікації тексту. Цей метод розглядає словник елементів як незалежну ознаку та підраховує частоту ознак; він широко використовується в класифікації зображень [8]. Мішок ознак — це метод виділення ознак зображення, який спирається на ідею класифікації тексту (мішок слів), абстрагує репрезентативні ключові слова із зображенням, формує словник, а потім підраховує кількість «ключових слів», що з'являються на кожному зображенні, щоб отримати вектор ознак зображення. Метод EMD, також відомий як відстань Вассерштейна, використовується для представлення подібності між двома розподілами. Загальною рисою цих методів є сегментація та виділення ознак 3D-моделей. Об'єкти варіюються від простих геометричних форм до абстрактних сутностей. Інформація про геометричну форму 3D-моделі деталі повністю й точно відображає задум конструктора, а результат розрахунку на основі подібності геометричної інформації є більш точним. Однак, через різноманітність і складність геометричної форми конструкції деталі, важко ефективно визначити особливості форми моделі. Ряд вчених застосували перетворення 3D-моделі в кілька дрібномасштабних мета-моделей, щоб максимально зберегти вихідну інформацію про модель.

Методи аналізу топологічної структури 3D-моделі полягає у виявленні особливостей структурних зв'язків елементів відповідно до просторової організації моделі в топологічному просторі [8]. Як більш просунутий метод опису моделі, метод представлення топологічної структури схожий на людське сприйняття і широко використовується в модельному представленні жорстких і нежорстких моделей.

Граф суміжності атрибутів AAG [9] і скелетний граф [10] зазвичай використовуються для представлення топологічної структури 3D-моделей. Метод ігнорує форму зовнішньої поверхні та представляє структуру 3D-моделі у вигляді скелетного графа, що полегшує отримання глобальних характеристик.

Скелетний граф представляє грані об'єкта або центральну лінію області як групу з'єднаних відрізків ліній або точок для абстрагування структури об'єкта. Ця структура проста і ефективна. Глобальні ознаки фокусуються на цілому і можуть бути швидко класифіковані; локальні особливості зосереджені на місцевих деталях і підходять для точного розрізнення.

Методи пошуку на основі семантики. Семантика виражає інформацію як групу вузлів, які з'єднані один з одним через групу позначених спрямованих ліній, які представляють зв'язок між вузлами. Область семантики постійно розвивається та накопичила ефективні знання з управління даними з точки зору обміну даними, виявлення, інтеграції та повторного використання [11]. Перший етап, який охоплював початок і середину 2000-х років, базувався на онтологічному підході, другий етап ґрунтувався на асоціативних даних і тривав до 2010 року, третій етап визначається графами знань і триває до сьогоднішнього дня.

Ключ до методу пошуку 3D-моделі САПР на основі семантики полягає у створенні та використанні семантики частин моделі. При створенні дескрипторів моделі цей метод враховує не лише базову геометричну інформацію, але й семантичну інформацію високого рівня, таку як особливості конструкції та особливості обробки. Методи пошуку поділяються на методи пошуку онтології та графа знань. Існуючі методи семантичного пошуку зазвичай реалізуються за допомогою мови веб-онтології (OWL). Як мова мережевої онтології, OWL має чітку семантичну послідовність і характеристики міркування. Метод пошуку онтології асоціює геометричну топологічну інформацію низького рівня з семантичною інформацією високого рівня. Семантика високого рівня містить інформацію про виробництво продукту, особливості обробки, функції продукту, задум дизайну та іншу інформацію. Завдяки гнучкості представлення онтології обґрунтоване та ефективне представлення 3D-моделі САПР через онтологію є однією з ключових технологій пошуку. Однак не існує уніфікованих семантичних описів або семантичних дескрипторів для гетерогенних моделей, побудованих з використанням різних систем що стримує широке використання даного методу.

Метод пошуку з допомогою графу знань. Оскільки Google запропонував концепцію графів знань, програми, засновані на графах знань, стали гарною точкою досліджень у сфері інформаційних технологій, таких як семантичний пошук, обґрунтовані відповіді на запитання та персоналізовані рекомендації [12]. Графи знань підтримують більш широкі та глибші функції, включаючи семантичний пошук, багатовимірне відображення знань і логічне міркування. Знання граф — це структурована семантична база знань, яка представляє сутності знань про дизайн, включаючи 3D-моделі САПР, зв'язок між сутностями у формі графіка і використовує

з'єднувальні лінії для представлення зв'язку між сутностями.

Поява та розвиток атласу знань дає нові ідеї для семантичного пошуку. Як розширення семантичних мереж, його суть також полягає у величезній семантичній мережі, яка використовує потрібні атрибути відношення сутності для вираження знань і семантичних зв'язків між знаннями. На відміну від семантичних мереж, графи знань більше зосереджуються на значеннях атрибутів сутностей і зв'язків між сутностями. Репрезентація знань більш детальна. Природа його вузлів і шляхів зв'язків робить аналіз і міркування, наприклад кластеризацію та прогнозування, більш зручними. Будучи основою інтелектуального семантичного пошуку, основна технологія побудови карти знань включає представлення знань і міркування.

Технології семантики та онтології забезпечують ефективний, уніфікований та формальний метод семантичного вираження знань предметної області. Однак у сфері САПР жодне дослідження не намагалось описати неоднорідні моделі функцій САПР, створені системами САПР на основі семантики, або створити семантичні дескриптори таких моделей, особливо щодо семантичної бази даних з інформацією про життєвий цикл. Під час використання тензорної декомпозиції для обґрунтування знань ключем є зменшення розмірності високо вимірного графа знань, таким чином значно зменшуючи розмір обчислених даних. Однак алгоритм має обмеження, оскільки він не враховує наявності альтернативних шляхів на карті, що перешкоджає його здатності виводити глибокі зв'язки між об'єктами. Крім того, при використанні тензорної декомпозиції у великомасштабній карті знань збільшується часова складність алгоритму. Алгоритм обґрунтування шляху вивчає графову структуру карти знань, аналізуючи зв'язки між сутностями та виводячи зв'язки на глибшому рівні. Однак алгоритм має проблеми із загальними здібностями міркувати під час роботи з кількома переходами.

Висновки і перспективи подальших досліджень. На даний момент досягнуто значного прогресу в дослідженні технологій пошуку 3D-моделі в процесі проектування. Технології семантики та онтології забезпечують ефективний, уніфікований та формальний метод семантичного вираження знань предметної області. Дослідники застосували їх до багатьох галузей, змодельовали знання предметної області, розробили онтологічні моделі різних форм, деталізації та масштабу, і таким чином реалізували різні семантичні застосування. Разом з тим існує протиріччя між ефективністю пошуку та точністю. Існуючі дескриптори ознак являють собою набір надвисокомірних векторів, структур графів або локальних дескрипторів ознак, що призводить до складних і громіздких порівнянь подібності між моделями; таким чином, ефективність пошуку

зазвичай низька і ресурсозатратна. Тому актуальною проблемою є побудова бази знань проектування та моделювання бази знань життєвого циклу деталі на основі семантичної технології в майбутньому.

Методи семантичного пошуку, засновані на онтології в поєднанні з технологіями глибокого навчання, безсумнівно найперспективнішим напрямком у даній сфері.

Література

1. Elangovan, U. 2020. *Product Lifecycle Management (PLM): A Digital Journey Using Industrial Internet of Things (IoT)*. Boca Raton: CRC Press.
2. Huang, B., S. Zhang, R. Huang, X. Li, and Y. Zhang. 2018. "An Effective Retrieval Approach of 3D CAD Models for Macro Process Reuse". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102 (5–8):1067–1089.
3. Mesa, J., J. Pierce, J. Zuciga, I. Esparragoza, and H. Maury. 2021. "Sustainable Manufacture of Scalable Product Families Based on Modularity". *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 35:80-95. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.05.011>.
4. Serrano Lasa, I., M. Mazmela Etxabe, and I. Ricondo Iriondo. 2022. "New Application for Sketching in a Machine Tool Company". *Journal of Engineering Design*, 33 (1): 64–94.
5. Carvalho, L., and A. von Wangenheim. 2019. "3D Object Recognition and Class indication: A Systematic Literature Review". *Pattern Analysis and Applications*, 22 (4):1243–1292.
6. Bonino, B., F. Giannini, M. Monti, and R. Rafaeli. 2023. "Shape and Context-Based Recognition of Standard Mechanical Parts in CAD Models". *Computer-Aided Design*, 155:103438.
7. Chen, J., H. T. Ilies, and C. Ding. 2022. "Graph-Based Shape Analysis for Heterogeneous Geometric Datasets: Similarity, Retrieval and Substructure Matching". *Computer-Aided Design*, 143:103125. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2021.103125>.
8. Hao, Z., L. Kaidong, and Q. Feng. 2019. "Improvement of Word Bag Model Based on Image Classification". *Proceedings of the 2019 IEEE 1st International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)*, Kunming, China. IEEE.
9. Ning, F., Y. Shi, M. Cai, and W. Xu. 2021. "Part Machining Feature Recognition Based on a Deep Learning Method". *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1–13.
10. Lei, H., Y. Li, H. Chen, S. Lin, G. Zheng, and X. Luo. 2015. "A Novel Sketch-Based 3D Model Retrieval Method by Integrating Skeleton Graph and Contour Feature". *Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing*, 9 (4): JAMDSM0049-JAMDSM0049.
11. Nzetchou, S., A. Durupt, S. Remy, and B. Eynard. 2022. "Semantic Enrichment Approach for Low-Level CAD Models Managed in PLM Context: Literature Review and Research Prospect". *Computers in Industry*, 135:103575. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103575>.
12. Fensel, D., U. Şimşek, K. Angele, E. Huaman, E. Korle, O. Panasiuk, I. Toma, J. Umbrich, and A. Wahler. 2020. *Introduction: What is a Knowledge Graph? Knowledge Graphs*, 1–10. Switzerland: Springer.
13. Willis, K. D., P. K. Jayaraman, J. G. Lambourne, H. Chu, and Y. Pu. 2021. "Engineering Sketch Generation for Computer-Aided Design". *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Nashville, TN, USA.
14. Ma, N., B. Yang, and J. Shang. 2020. "Part Retrieval Technology Based on Geometric Shape and Topological Correlation". In *Advances in Mechanical Design*, edited by, J. Tan, 499–507. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9941-2_41.

УДК 536.24:621.184.5

Фіалко Наталія Михайлівна

*член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор, завідувача відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

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

Навродська Раїса Олександрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Navrodska Raisa

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

Шевчук Світлана Іванівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Shevchuk Svitlana

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

Жученко Іван Михайлович

*аспірант
Вінницького національного технічного університету*

Zhuchenko Ivan

*Postgraduate of the
Vinnytsia National Technical University*

Гнедаш Георгій Олександрович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Gnedash Georgii

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

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10728

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ
БАЙПАСУВАННЯ ДЛЯ АНТИКОРОЗІЙНОГО
ЗАХИСТУ ГАЗОВІДВІДНИХ ТРАКТІВ
СМІТТЄСПАЛЮВАЛЬНОГО КОТЛА**

**EFFECTIVENESS OF THE BYPASS
METHOD FOR ANTI-CORROSION PROTECTION
OF GAS EXHAUST DUCTS OF A WASTE
INCINERATOR BOILER**

Анотація. Викладено результати досліджень ефективності застосування для запобігання конденсації в залізобетонній димовій трубі сміттєспалювального котла з системою теплоутилізації димових газів методу часткового пропускання частини газів від котла повз вказану систему. Показано, що цей метод є результативним в усіх режимах котла за наявності теплоізоляції корпусу труби.

Ключові слова: глибоке охолодження димових газів, ефективність, запобігання конденсації в газопровідних трактах.

Summary. The results of research into the effectiveness of using the method of partially passing part of the exhaust-gases from the boiler past the specified system to prevent condensation in the reinforced concrete chimney of a waste incineration boiler with an exhaust-gas heat recovery system are presented. It is shown that this method is effective in all boiler modes in the presence of thermal insulation of the chimney hull.

Key words: deep cooling of exhaust-gases, efficiency, prevention of condensation in gas waste ducts.

Однією з проблем експлуатації сміттєспалювальних установок з системами теплоутилізації димових газів є проблема захисту від корозії відповідних газоходів і особливо димових труб (димарів). Зважаючи на знижену при теплоутилізації температуру вихідних газів та зазвичай їхню високу вологість, у димарях створюються умови для випадення конденсату на їхніх внутрішніх поверхнях та у товщині оболонки. Через високу хімічну агресивність газів та складні умови експлуатації в навколишньому середовищі під впливом силових та погодних навантажень димарі піддаються корозійному руйнуванню. З часом в їхніх конструкціях накопичуються дефекти, які згодом можуть призвести до остаточного руйнування димарів і необхідності заміни. Для запобігання цьому застосовуються різні методи та заходи. Серед них особливо виділяються методи тепловологісної обробки димових газів після теплоутилізації [1–5].

Метою цього дослідження є аналіз ефективності застосування для запобігання конденсації в димовій трубі сміттєспалювального котла з комбінованою системою теплоутилізації одного із таких методів, а саме методу байпасування димових газів. Метод полягає (рис. 1) в пропусканні частини

х гарячих газів від котла повз комбіновану систему теплоутилізації у вихідний газохід котельної установки. За цих умов підвищується температура суміші газів $t_{см}$ та точка роси t_p на вході у відповідний газохід в режимах глибокого охолодження димових газів. Метод сприяє відверненню конденсації в газоходах за дотримання умови перевищення температури внутрішньої поверхні $t_{нов}$ газоходу (аж до гирла димаря) над точкою роси t_p ($t_{нов} \geq t_p$). Виконано дослідження тепловологісного режиму в гирлі димової труби опалювального котла з продуктивністю спалювання сміття 5 т/год. Температура та вологовміст газів за котлом становили $200 \div 250$ °C та $0,15 \div 0,25$ кг/кг с.г. відповідно.

При виконанні досліджень температури тепломережної води приймалися згідно з параметрами системи опалення з розрахунковою температурою навколишнього середовища -20 °C та перепадом температур теплоносія 25 °C. Застосовувалася залізобетонна димова труба висотою 120 м, внутрішнім діаметром 1,8 м, товщиною оболонки 0,16 м без теплоізоляції корпусу труби та за її наявності. Теплоізоляційним матеріалом слугував універсальний та ефективний утеплювач: полотно з мінеральної

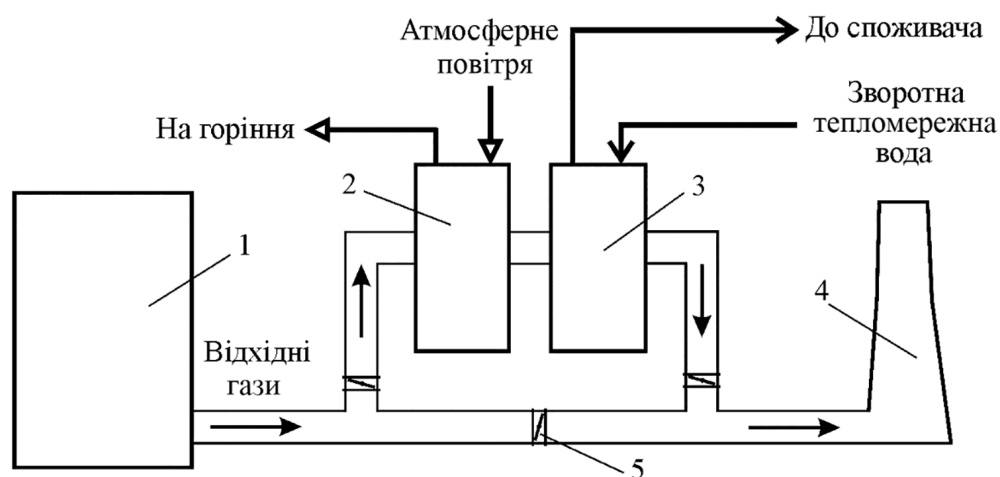


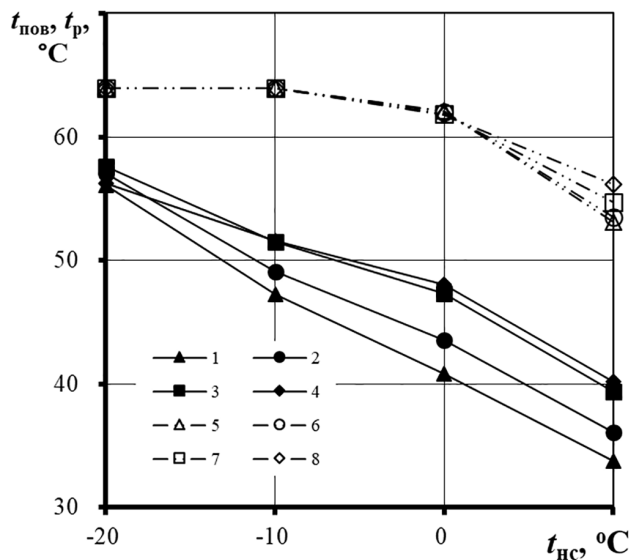
Рис. 1. Застосування методу байпасування для запобігання конденсації в газопровідному тракті сміттєспалювального котла: 1 — котел; 2 — повітря-нагрівач; 3 — водопідігрівач; 4 — димова труба; 5 — регулювальний клапан

вати з базальтового волокна ($\lambda = 0,038$ Вт/(м·°C); $\delta = 50$ мм) ТУ 5284-048-00110473-2001.

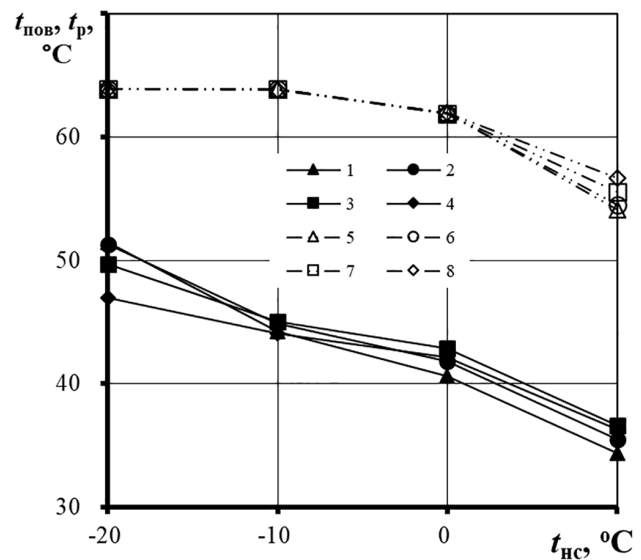
Результати досліджень щодо ефективності методу байпасування для відвернення конденсатоутворення в залізобетонній димовій трубі без теплоізоляції корпусу за різних температур та вологовмісту газів за котлом і зміні частки байпасування χ від 0 до 50% подано на рис. 2. Тут проілюстровано закономірності зміни тепловологісних показників (температури поверхні $t_{\text{пов}}$ та точки роси t_p) в гирлі вказаної труби.

Як видно, метод байпасування за розглянутих умов не є результативним в плані запобігання конденсатоутворенню, оскільки в гирлі димаря в усіх режимах точка роси t_p є вищою за температуру поверхні $t_{\text{нов}}$ на $2 \div 20$ °C в залежності від температури t_{ex}^* та вологовмісту X_{ex} димових газів на його виході з котла і частки байпасування χ .

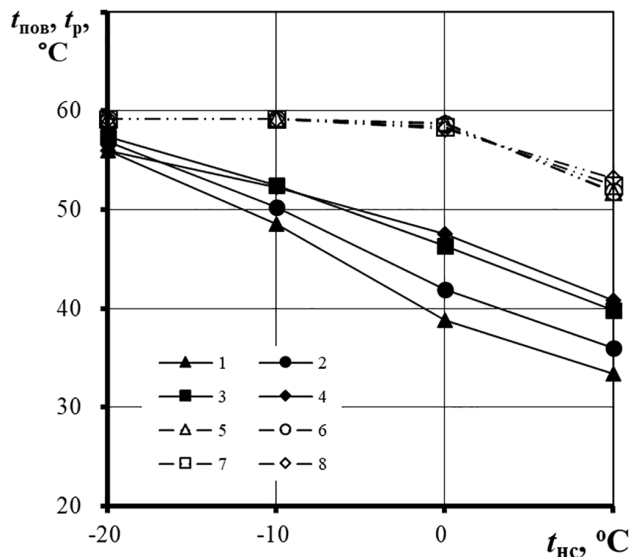
Більші значення різниці $t_p - t_{\text{нов}}$ відповідають нижчим значенням температури димових газів на виході з котла t_{ex}^* , за умов зростання їхнього



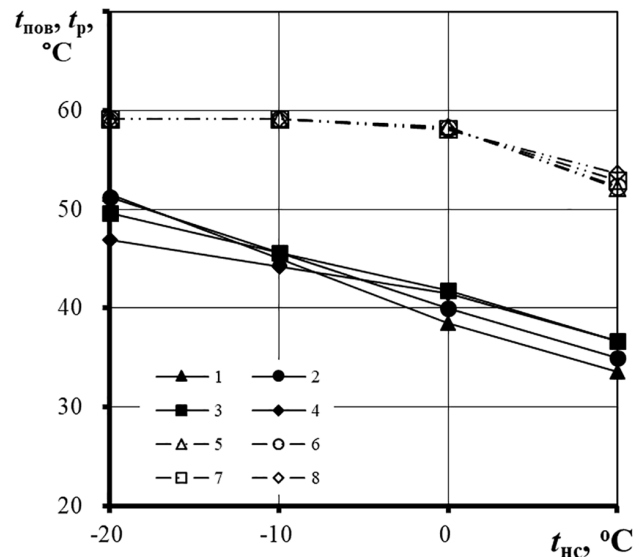
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Залежність від температури навколишнього середовища $t_{\text{нс}}$ температури внутрішньої поверхні $t_{\text{нов}}$ в гирлі залізобетонної димової труби (1–4) і точки роси t_p (5–8) за різних температур димових газів t_{ex}^* і їхнього вологовмісту X_{ex} після котла та часток байпасування χ :

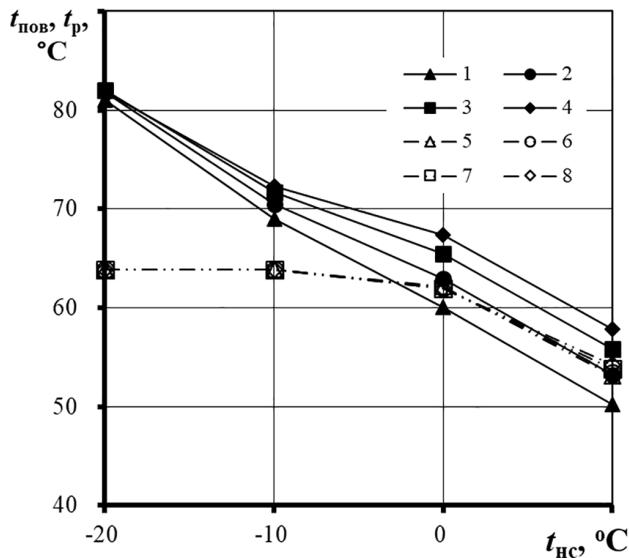
- а) $t_{\text{ex}}^* = 250$ °C, $X_{\text{ex}} = 200$ г/кг с.г; б) $t_{\text{ex}}^* = 200$ °C, $X_{\text{ex}} = 200$ г/кг с.г;
в) $t_{\text{ex}}^* = 250$ °C, $X_{\text{ex}} = 150$ г/кг с.г; г) $t_{\text{ex}}^* = 200$ °C, $X_{\text{ex}} = 150$ г/кг с.г;
1, 5 — $\chi = 0\%$; 2, 6 — 10% ; 3, 7 — 30% ; 4, 8 — 50% .

вологівмісту X_{ax} , температури навколишнього середовища t_{nc} і частки байпасування χ .

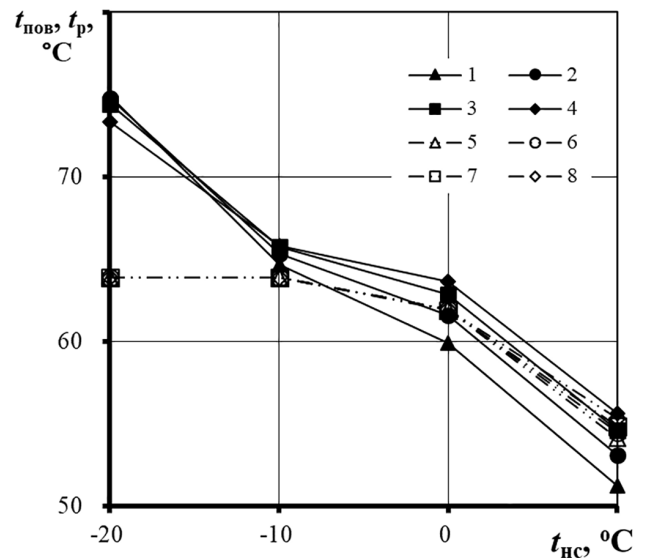
Виконано також оцінку витрат теплоти на застосування розглянутого теплового методу. Як свідчать отримані результати, ці витрати досягають 40% можливого обсягу утилізованої теплоти (за відсутності байпасування). І навіть за таких великих витрат використання одиночного методу байпасування не забезпечує антикорозійного захисту димаря.

Для покращення тепловологісного стану в димовій трубі досліджено сумісне застосування методу байпасування з двошаровою теплоізоляцією корпусу димаря вищевказаним матеріалом (рис. 3).

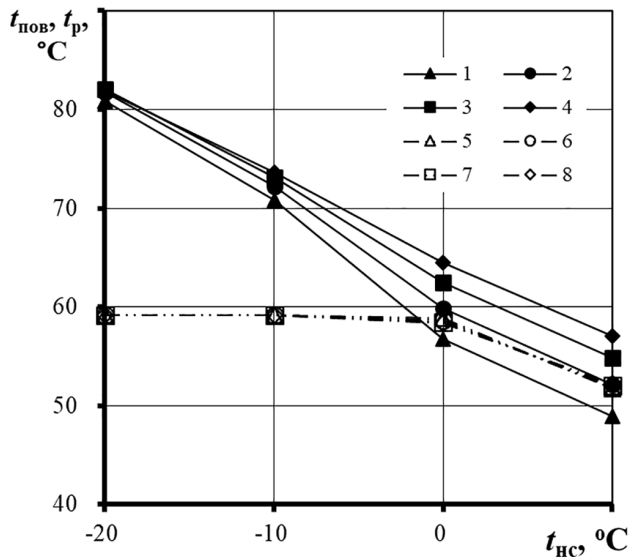
Отримані результати свідчать, що в усіх режимах досліджуваного котла реалізується задовільний тепловологісний режим в димовій трубі. При цьому для відвернення конденсатуутворення в гирлі труби максимальна частка байпасування димових газів від котла повз систему теплоутилізації не перевищує 15%,



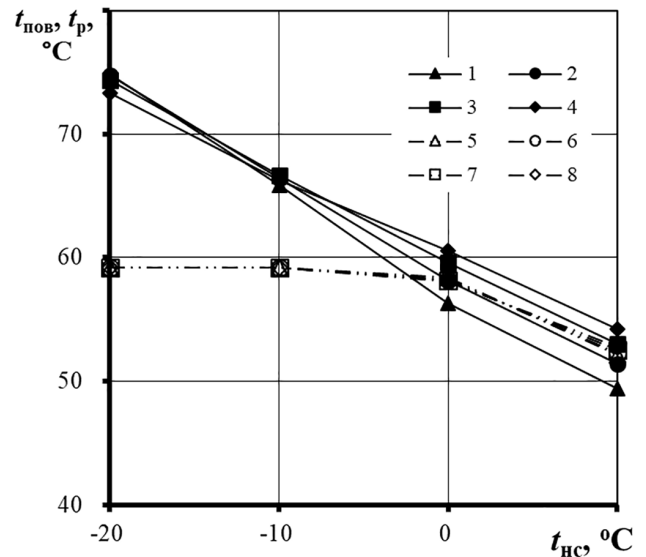
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Залежність від температури навколишнього середовища t_{nc} температури внутрішньої поверхні t_{pov} в гирлі теплоізолюваної димової труби (1–4) і точки роси t_p (5–8) за різних температур димових газів t_{ax} ,

їхнього вологовмісту X_{ax} після котла та часток байпасування χ :

а) $t_{ax} = 250$ °C, $X_{ax} = 200$ г/кг с.г; б) $t_{ax} = 200$ °C, $X_{ax} = 200$ г/кг с.г;

в) $t_{ax} = 250$ °C, $X_{ax} = 150$ г/кг с.г; г) $t_{ax} = 200$ °C, $X_{ax} = 150$ г/кг с.г;

1, 5 — $\chi = 0\%$; 2, 6 — 5% ; 3, 7 — 10% ; 4, 8 — 15%

а витрати теплоти на реалізацію методу не перевищують 13% від можливого обсягу утилізованої теплоти.

Висновок. При застосуванні теплового методу байпасування в комплексі з теплоізоляцією димової

труби для сміттєспалювального котла з комбінованою системою теплоутилізації реалізується безпечна експлуатація газовідвідного тракту протягом усього опалювального періоду.

Література

1. Fialko, N. M., Navrodska, R. O., Shevchuk, S. I., Gnedash, G. O., & Sbrodova, G. O. (2018). Applying the air methods to prevent condensation in gas exhaust ducts of the boiler plants. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(10), 76–80. <https://doi.org/10.15421/40281016>.
2. Fialko, N., Navrodska, R., Shevchuk, S., & Gnedash, G. (2023). Anticorrosive Protection of Gas Exhaust Ducts of Boiler Plants with Heat-Recovery Systems. In *Systems, Decision and Control in Energy V* (pp. 425–435). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_22.
3. Fialko, N., Navrodska, R., Gnedash, G., Presich, G., & Shevchuk, S. (2021). Methods for protecting boiler chimneys against corrosion due to fall-out condensate from flue gases. *International scientific journal Internauka*, 9(109), 30–32. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-9-7426>.
4. Fialko, N., Navrodska, R., Shevchuk, S., Presich, G., & Gnedash, G. (2019). The use of thermal methods to protect the exhaust-channels of boilers equipped with heat-recovery units. *International scientific journal Internauka*, 11(73), 14–16. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2019-11>.
5. Fialko, N. M., Navrodska, R. A., Shevchuk, S. I., Stepanova, A. I., Presich, G. A., & Gnedash, G. A. (2018). Thermal methods of protection of gas exhaust ducts of boiler plants. *К.: Printing house Pro format*.

Марченко Ольга Олексіївна*кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник лабораторії № 141
Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України***Marchenko Olha***PhD in Physics and Mathematics, Senior Researcher
Laboratory of V.M. Glushkov Institute of Cybernetics***Самойленко Тетяна Анатоліївна***кандидат фізико-математичних наук,
асистент кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***Samoilenko Tetiana***PhD in Physics and Mathematics,
Assistant of Mathematical Physics and Differential Equations Department
NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10695

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НЕІЗОТЕРМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В НЕОДНОРІДНОМУ ДВОФАЗОВОМУ ГРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ У ВИПАДКУ ОСЬОВОЇ СИМЕТРІЇ

RESEARCH OF THE DYNAMICS OF NON-ISOTHERMAL PROCESSES IN THE HETEROGENEOUS TWO-PHASE SOIL MEDIUM IN THE CASE OF AXIAL SYMMETRY

Анотація. Для осесиметричної початково-крайової задачі фільтрації, теплоперенесення та пружної деформації із змішаними неоднорідними крайовими умовами та умовами спряження отримано оцінки швидкості збіжності неперервного за часом наближеного розв'язку, побудованого на базі методу скінченних елементів.

Ключові слова: фільтрація, теплоперенесення, пружна деформація, неоднорідне ґрунтове середовище, осесиметрична початково-крайова задача, узагальнений розв'язок, метод скінченних елементів.

Summary. For the axisymmetric initial-boundary value problem of filtration, heat transfer, and elastic deformation with mixed heterogeneous boundary conditions and conjugation conditions, estimates of the rate of convergence of the time-continuous approximate solution constructed on the basis of the finite elements method have been obtained.

Key words: filtration, heat transfer, elastic deformation, heteroheneous soil medium, axisymmetric initial boundary value problem, generalized solution, finite elements method.

Поглиблене дослідження динаміки взаємопов'язаних фаз ґрунтового середовища в осесиметричній постановці є актуальною проблемою. Промислова експлуатація нафто- та водоносних горизонтів, запасів геотермальних вод може призвести до осідання поверхні землі на великих територіях при ущільненні слабких водонасичених ґрунтів навколо вертикальних дренажів, свдловин через збільшення тиску, що зазнають породи, які складають водоносні горизонти

і яке може бути спричинене крім зовнішнього навантаження від будинків та споруд також зниженням рівня підземних вод або зменшенням їхнього напору (для напірних вод). Проблема розрахунку та передбачення стану багатофазного ґрунтового масиву також виникає в результаті гідродинамічного впливу на вугільний пласт з метою вивільнення метану, в процесі дослідження функціонування арочної греблі [1, с. 84–86] тощо. Отримані результати можна

в подальшому застосовувати і для дослідження в циліндричних координатах задач, що моделюють стан ґрунту в процесі міграції вологи при його сезонному промерзанні [2, с. 24–32].

Математична постановка задачі. Нижче сформульовано початково-крайову задачу для системи нестационарних рівнянь фільтрації, теплопереносу та пружної деформації для ізотропного ґрунтового масиву в циліндричній системі координат з неоднорідними змішаними крайовими умовами, включно з умовами теплообміну з зовнішнім середовищем та з урахуванням зовнішнього навантаження, а також за наявності тонких слабопроникних та слаботривких включень [3, с. 763–765; 4, с. 41–43]:

$$\begin{aligned} r\tilde{\mu}(h)\frac{\partial h}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial r}\left(rk(u_r, u_z, T)\frac{\partial h}{\partial r}\right) + r\frac{\partial}{\partial z}\left(k(u_r, u_z, T)\frac{\partial h}{\partial z}\right), \\ c_T r\frac{\partial T}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial r}\left(r\tilde{\lambda}\frac{\partial T}{\partial r} - c_w v_r(h)T\right) + r\frac{\partial}{\partial z}\left(\tilde{\lambda}\frac{\partial T}{\partial z} - c_w v_z(h)T\right), \\ \rho r\frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2} &- \left((\lambda + 2\mu)\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial u_r}{\partial r}\right) - (\lambda + 2\mu)\frac{u_r}{r} + \right. \\ &+ r\mu\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial r}\right) + \lambda\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial u_z}{\partial z}\right) - \lambda\frac{\partial u_z}{\partial z}\Big) - r\frac{\partial p}{\partial r} = 0, \\ \rho r\frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2} &- \left((\lambda + 2\mu)\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial u_r}{\partial r}\right) - (\lambda + 2\mu)\frac{u_r}{r} + \right. \\ &+ r\mu\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial r}\right) + \lambda\frac{\partial u_r}{\partial z}\Big) - r\frac{\partial p}{\partial z} = -r\rho g, \quad (1) \end{aligned}$$

де $(r, z, t) \in \Omega_{\tilde{T}} = \Omega \times (0, \tilde{T}]$, $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$, $\Omega_1 \cap \Omega_2 = \emptyset$

$(r, z, t) \in \Omega_{\tilde{T}} = \Omega \times (0, \tilde{T}]$, $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$, $\Omega_1 \cap \Omega_2 = \emptyset$,

$0 < r_0 \leq r \leq r_1 < \infty$, $0 < z_0 \leq z \leq z_1 < \infty$,

h — п'єзометричний напір,

$T(r, z, t)$ — температура,

$k(u_r, u_z, T)$ — коефіцієнт вологоперенесення,

$\tilde{\mu}(h)$ — вологоемність,

$\tilde{\lambda}$ — коефіцієнт теплопровідності,

c_T, c_w — об'ємні теплоємності ґрунту і рідини в порах,

$v(h) = (v_r(h), v_z(h))^T$ — швидкість вологоперенесення-фільтрації,

$(u_r(r, z, t), u_z(r, z, t))^T$ — вектор зміщень скелету ґрунту,

$p = \rho_s g(h - z)$ — гідростатичний тиск,

ρ_s — щільність рідини, ρ — щільність ґрунту, λ, μ — коефіцієнти Ламе.

Умови спряження на ділянці контакту γ
 $\gamma = \bar{\Omega}_1 \cap \bar{\Omega}_2$,

$\gamma = \{(r, z) : r = r_2, r_0 < r_2 < r_1, z_0 \leq z \leq z_1\}$:

$$\left\{k(u_r, u_z, T)\frac{\partial h}{\partial r}\right\}^{\pm} = R_1(z, t)[h],$$

$$\left\{(\tilde{\lambda} - c_w v_r T)\frac{\partial T}{\partial r}\right\}^{\pm} = R_2(z, t)[T], \quad (2)$$

$$[u_n] = 0, \quad (3)$$

$$[\sigma_n] = 0, [\tau_s] = 0, \{\tau_s\}^{\pm} = R_3(z, t)[u_s], \quad (4)$$

де $(r, z, t) \in \gamma_{\tilde{T}} = \gamma \times (0, \tilde{T}]$, n — зовнішня нормаль

до $\partial\Omega_1$ на γ ; $[\chi]$ — стрибок функції, σ_n, τ_s — нормальна та дотична складові вектора напружень.

Крайові умови задамо наступним чином

$$\frac{\partial h}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad (r, z, t) \in (\Gamma_1 \cup \Gamma_3) \times (0, \tilde{T}], \quad (5)$$

$$h = \tilde{h}(r, z, t), \quad (r, z, t) \in \Gamma_2 \times (0, \tilde{T}], \quad (6)$$

$$\tilde{\lambda}\frac{\partial T}{\partial z} = -\alpha(T(r, z, t) - T_{cp}), \quad (r, z, t) \in \Gamma_2 \times (0, \tilde{T}], \quad (7)$$

$$\frac{\partial h}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial z} = 0, \quad (r, z, t) \in \Gamma_4 \times (0, \tilde{T}], \quad (8)$$

$$u_1 = 0, \quad u_2 = 0, \quad (r, z, t) \in \Gamma_4 \times (0, \tilde{T}]; \quad (9)$$

$$u_1 = 0, \quad (r, z, t) \in (\Gamma_1 \cup \Gamma_3) \times (0, \tilde{T}], \quad (10)$$

$$\tau_s = 0, \quad (r, z, t) \in (\Gamma_1 \cup \Gamma_3) \times (0, \tilde{T}], \quad (11)$$

$$\sigma_n = S(r, z, t), \quad \tau_s = \hat{S}(r, z, t), \quad (r, z, t) \in \Gamma_2 \times (0, \tilde{T}]; \quad (12)$$

де $\Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma_3 \cup \Gamma_4 = \partial\Omega \setminus \gamma$,

$\Gamma_1 = \{(r, z) : r = r_0, 0 \leq z \leq z_1\}$,

$\Gamma_2 = \{(r, z) : r_0 \leq r \leq r_1, z = z_1\}$,

$\Gamma_3 = \{(r, z) : r = r_1, 0 \leq z \leq z_1\}$,

$\Gamma_4 = \{(r, z) : r_0 \leq r \leq r_1, z = 0\}$;

$\alpha = \text{const} > 0$ — коефіцієнт теплообміну,

T_{cp} — температура зовнішнього середовища,

n — зовнішня нормаль до контуру,

σ_n, τ_s — нормальна та дотична складові вектора напружень,

$S(r, z, t), \hat{S}(r, z, t)$ — задані функції достатньої гладкості.

Початкові умови:

$h(r, z, 0) = H_0(r, z), \quad T(r, z, 0) = T_0(r, z), \quad (r, z) \in \bar{\Omega}$,

$u_r(r, z, 0) = U_{r,0}(r, z), \quad u_z(r, z, 0) = U_{z,0}(r, z),$

$(r, z) \in \bar{\Omega}$,

$$\frac{\partial u_r}{\partial t}(r, z, 0) = U_{r,1}(r, z), \quad \frac{\partial u_z}{\partial t}(r, z, 0) = U_{z,1}(r, z), \quad (r, z) \in \bar{\Omega}. \quad (13)$$

Припускаємо, що задані функції

$\tilde{\mu}(h), k(u_r, u_z, T), H_0(r, z), T_0(r, z),$

$U_{r,0}(r, z), U_{z,0}(r, z), U_{r,1}(r, z), U_{z,1}(r, z)$

достатньо гладкі на $\Omega_{\tilde{T}}$.

Формулювання узагальненої задачі. Позначимо Z — множини вектор-функцій

$$w(r, z, t) = (h(r, z, t), T(r, z, t), u_r(r, z, t), u_z(r, z, t))^T = \\ = (w_1(r, z, t), w_2(r, z, t), w_3(r, z, t), w_4(r, z, t))^T,$$

компоненти яких і їх похідні по часу

$$\frac{\partial w}{\partial t}(r, z, t), \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}(r, z, t), \quad \forall t \in (0, \tilde{T}], \quad \frac{\partial w}{\partial t}(r, z, 0)$$

разом з $w(r, z, 0)$ належать простору $W_2^1(\Omega)$ і задовольняють головним крайовим умовам (6), (9), (10) та головним умовам спряження (3).

Множині Z_0 належать вектор-функції

$$v(r, z) = (v_h(r, z), v_T(r, z), v_r(r, z), v_z(r, z))^T = \\ = (v_1(r, z), v_2(r, z), v_3(r, z), v_4(r, z))^T$$

з компонентами із простору $W_2^1(\Omega)$, які задовольняють однорідним головним крайовим умовам, які відповідають (6), (9), (10), і однорідним головним умовам спряження (3).

На основі методу Гальоркіна і в припущенні виконання додаткової умови

$$\frac{\partial h}{\partial t}(r, z, 0) = \tilde{H}_0(r, z), \\ \frac{\partial T}{\partial t}(r, z, 0) = \tilde{T}_0(r, z), \quad (r, z) \in \bar{\Omega},$$

де $\tilde{H}_0(r, z)$, $\tilde{T}_0(r, z)$ достатньо гладкі на $\Omega_{\tilde{T}}$, сформульована наступна узагальнена задача:

$$\bar{m} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, v \right) + m \left(w; \frac{\partial w}{\partial t}, v \right) + A(w; w, v) = (F, v) \\ \forall t \in (0, \tilde{T}] \quad \forall v \in Z_0, \\ \bar{m} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, v \right) = \iint_{\Omega} \rho r \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2} v_r + \frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2} v_z \right) d\Omega, \\ m \left(w; \frac{\partial w}{\partial t}, v \right) = \iint_{\Omega} r \left(\tilde{\mu}(h) \frac{\partial h}{\partial t} v_h + c_T r \frac{\partial T}{\partial t} v_T \right) d\Omega, \\ A(w; w, v) = a(w; w, v) - b_1(w; w, v) + b_2(w, v), \\ a(w; w, v) = \iint_{\Omega} r \left(k(u_r, u_z, T) \left(\frac{\partial h}{\partial r} \frac{\partial v_h}{\partial r} + \frac{\partial h}{\partial z} \frac{\partial v_h}{\partial z} \right) + \right. \\ \left. + \tilde{\lambda} \left(\frac{\partial T}{\partial r} \frac{\partial v_T}{\partial r} + \frac{\partial T}{\partial z} \frac{\partial v_T}{\partial z} \right) + \right. \\ \left. + (\lambda + 2\mu) \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{u_r v_r}{r^2} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \right. \\ \left. + \mu \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) \left(\frac{\partial v_r}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \lambda \left(\frac{u_r}{r} \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} \right) + \right. \\ \left. + \lambda \left(\frac{u_r}{r} \frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{v_r}{r} \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) + \lambda \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} \frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{\partial v_r}{\partial r} \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) \right) d\Omega +$$

$$+ \int_{\gamma} r (R_1(z) [h] [v_h] + R_2(z) [T] [v_T] + R_3(z) [u_z] [v_z]) d\gamma,$$

$$b_1(w; w, v) = \iint_{\Omega} r c_w \mathfrak{v}(h) T \left(\frac{\partial v_T}{\partial r} + \frac{\partial v_T}{\partial z} \right) d\Omega,$$

$$b_2(w, v) = \iint_{\Omega} r \left(\frac{\partial(p(h))}{\partial r} v_r + \frac{\partial(p(h))}{\partial z} v_z \right) d\Omega - \int_{\Gamma_2} r \alpha T v_T d\Gamma_2,$$

$$(F, v) = \int_{\Gamma_2} r \alpha T_{cp} v_T d\Gamma - \iint_{\Omega} r p g v_z d\Omega + \\ + \int_{\Gamma_2} r (S(r, z, t) v_r + \hat{S}(r, z, t) v_z) d\Gamma, \quad (14)$$

$$(w(\cdot, \cdot, 0), v) = (\tilde{w}^0, v),$$

$$\left(\frac{\partial w}{\partial t}(\cdot, \cdot, 0), v \right) = (\tilde{w}^1, v) \quad \forall v \in Z_0, \quad (15)$$

де $(\cdot, \cdot)$ — скалярний добуток,

$$\tilde{w}^0 = (H_0(r, z), T_0(r, z), U_{r,0}(r, z), U_{z,0}(r, z))^T,$$

$$\tilde{w}^1 = (\tilde{H}_0(r, z), \tilde{T}_0(r, z), U_{r,1}(r, z), U_{z,1}(r, z))^T.$$

Побудова наближеного узагальненого розв'язку. Неперервний за часом наближений узагальнений розв'язок задачі (1)–(13) будемо шукати методом скінчених елементів (МСЕ) на підмножині $Z^N \subset Z$. Довільна вектор-функція $w^N(r, z, t) \in Z^N$ може бути записана у вигляді

$$w^N(r, z, t) = \sum_{i=1}^{N'} \alpha_i(t) \Phi_i(r, z), \quad (16)$$

де $N' = 4N$ — кількість вектор-функцій, що відповідають всім N вузловим точкам в розбитті області $\bar{\Omega}$; $\alpha_i(t)$, $i = 1, N'$ — функції, інтегровані разом з другою похідною на $(0, \tilde{T}]$; $\{\Phi_i\}_{i=1}^{N'}$ — базис множини Z^N , яка отримується із Z^N фіксуванням $\forall t \in (0, \tilde{T}]$.

Компоненти цього базису мають вигляд

$$\Phi_i = (\varphi_i, 0, 0, 0)^T, \quad \Phi_{N+i} = (0, \varphi_i, 0, 0)^T, \quad i = 1, N,$$

$$\Phi_{2N+2i-1} = (0, 0, \varphi_i, 0)^T,$$

$$\Phi_{2N+2i} = (0, 0, 0, \varphi_i)^T, \quad i = 1, N,$$

де $\{\varphi_i(r, z)\}_{i=1}^N$ — сукупність лінійно-незалежних функцій, що відповідають вузловим точкам МСЕ, побудованих на повних поліномах степеня k ($k = 1, 2, 3$) і мають в $\bar{\Omega}$ обмежений носій.

Базис підмножини $Z_0^N \subset Z_0$ аналогічно складається з $N'' = N' - N^1$ вектор-функцій Φ_i , які відповідають функціям $\varphi_i(r, z)$, $i = 1, N$, тобто довільна вектор-функція $z^N(r, z) \in Z_0^N$ може бути представлена у вигляді

$$z^N = \sum_{i=1}^{N''} \beta_i \Phi_i(r, z), \quad (17)$$

де β_i — константи, N^1 — кількість базисних функцій, що відповідають вузовим точкам на ділянках з крайовими умовами першого роду.

Наближений узагальнений розв'язок задачі (14), (15) $w^N(r, z, t) \in Z^N$ задовольняє наступним інтегральним співвідношенням

$$\bar{m}\left(\frac{\partial^2 w^N}{\partial t^2}, v^N\right) + m(w^N; \frac{\partial w^N}{\partial t}, v^N) + A(w^N; w^N, v^N) = (F, v^N) \quad \forall t \in (0, \tilde{T}], \quad (18)$$

$$(w^N(\cdot, \cdot, 0), v^N) = (\tilde{w}^0, v^N),$$

$$\left(\frac{\partial w^N}{\partial t}(\cdot, \cdot, 0), v^N\right) = (\tilde{w}^1, v^N) \quad \forall v^N \in Z_0^N. \quad (19)$$

Для вектор-функцій вигляду $v = (v_1, v_2, v_3, v_4)^T$ і для скалярної функції u визначення норм в просторах наведено, наприклад, в [3, с. 766].

Нехай виконуються такі умови

$$0 < \tilde{\mu}_0 \leq \tilde{\mu}(h) \leq \tilde{\mu}_1 < \infty,$$

$$0 < \bar{K} \leq k(u_r, u_z, T) \leq \bar{\bar{K}} < \infty,$$

$$|k(v_1, u_1, s_1) - k(v_2, u_2, s_2)| \leq K_1(|v_1 - v_2| + |u_1 - u_2| + |s_1 - s_2|)$$

$$|\tilde{\mu}(v_1) - \tilde{\mu}(v_2)| \leq M_1|v_1 - v_2|,$$

$$|v_i(u_1) - v_i(u_2)| \leq \bar{N}_1|u_1 - u_2| \quad \forall v_i, u_j, s_j \in R, i, j = 1, 2,$$

$$\bar{M}_2 \leq \left|\frac{\partial \tilde{\mu}(h)}{\partial t}\right| \leq M_2, \quad \bar{M}_3 \leq \left|\frac{\partial^2 \tilde{\mu}(h)}{\partial t^2}\right| \leq M_3,$$

$$\bar{K}_2 \leq \left|\frac{\partial k(u_r, u_z, T)}{\partial t}\right| \leq K_2, \quad \bar{K}_3 \leq \left|\frac{\partial^2 k(u_r, u_z, T)}{\partial t^2}\right| \leq K_3,$$

$$\bar{N}_2 \leq \left|\frac{\partial v_i(h)}{\partial t}\right| \leq N_2, \quad \bar{N}_3 \leq \left|\frac{\partial^2 v_i(h)}{\partial t^2}\right| \leq N_3, i = 1, 2,$$

$$0 < R_1^0 \leq |R_1(v)| \leq R_1^1, \quad 0 < R_2^0 \leq |R_2(v)| \leq R_2^1,$$

$$0 < R_3^0 \leq |R_3(v)| \leq R_3^1,$$

$$|R_1(v) - R_1(u)| \leq R_1^2|v - u|, \quad |R_2(v) - R_2(u)| \leq R_2^2|v - u|,$$

$$|R_3(v) - R_3(u)| \leq R_3^2|v - u|, \quad \bar{K}, \bar{\bar{K}}, K_i, K_i^j = \text{const}, \\ i, j = 1, 2,$$

$$\tilde{\mu}(u), k(u, v, s), R_1(v), R_2(v), R_3(v) \in C^1(\Omega)$$

$$\forall t \in (0, \tilde{T}],$$

$$(K)''_{tr}, (K)''_{tz}, (K)'''_{ttr}, (K)'''_{ttz} \in L_\infty(\Omega_{\tilde{T}}), \quad \forall u, v \in Z. \quad (20)$$

Справедлива наступна теорема.

Теорема. Нехай $w(x, y, t) \in Z$ — розв'язок задачі (14), (15), а $w^N(r, z, t) \in Z^N$ — розв'язок задачі (18), (19). Припустимо, що

$$\tilde{w}^0, \tilde{w}^1 \in W_2^{k+1}(\Omega);$$

$$w, \frac{\partial w}{\partial t}, \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \in L_2(0, \tilde{T}; W_2^{k+1}(\Omega)) \cap L_\infty(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega)).$$

Тоді існує $C = \text{const} > 0$ така, що виконується оцінка

$$\left\|\frac{\partial}{\partial t}(w(r, z, t) - w^N(r, z, t))\right\|_{L_\infty(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} + \\ + \|w(r, z, t) - w^N(r, z, t)\|_{L_\infty(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} \leq Cs^k, \quad (21)$$

де s — максимальна довжина сторін трикутників, $k = 1, 2, 3$ — степінь многочленів МСЕ.

Доведення. Покладемо

$$\psi = w^N - \tilde{w}, \quad \eta = w - \tilde{w}, \quad l = w - w^N, \quad (22)$$

де $\tilde{w} = \tilde{w}(x, y, t) \in Z^N$ і $\forall t \in (0, \tilde{T}]$ задовольняє умові

$$A(w; w - \tilde{w}, v) = 0, \quad \forall v \in Z_0^N, \quad (23)$$

в якій A має вигляд (14).

Тоді використовуючи співвідношення (14), (18), (22), (23) і поклавши

$$v := \frac{\partial \psi}{\partial t},$$

отримаємо

$$\bar{m}\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}, \frac{\partial \psi}{\partial t}\right) + m(w^N; \frac{\partial \psi}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) + A(w^N; \psi, \frac{\partial \psi}{\partial t}) = \\ = \bar{m}\left(\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}, \frac{\partial \psi}{\partial t}\right) + m(w; \frac{\partial \tilde{w}}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) - m(w^N; \frac{\partial \tilde{w}}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) + \\ + A(w; \tilde{w}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) - A(w^N; \tilde{w}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) \quad \forall t \in (0, \tilde{T}]. \quad (24)$$

Позначимо

$$A(\tilde{w}; w, v) = \mathbf{W}_1(\tilde{w}; w, v) + \mathbf{W}_{\gamma,1}(w, v) + \mathbf{W}_2(w, v) + \\ + \mathbf{W}_{\gamma,2}(w, v) - \mathbf{W}_3(\tilde{w}; w, v) + \mathbf{W}_4(w, v),$$

$$\mathbf{W}_1(\tilde{w}; w, v) = \iint_{\Omega} r \left(k(\tilde{u}_r, \tilde{u}_z, T) \left(\frac{\partial h}{\partial r} \frac{\partial v_h}{\partial r} + \frac{\partial h}{\partial z} \frac{\partial v_h}{\partial z} \right) + \right. \\ \left. + \tilde{\lambda} \left(\frac{\partial T}{\partial r} \frac{\partial v_T}{\partial r} + \frac{\partial T}{\partial z} \frac{\partial v_T}{\partial z} \right) \right) d\Omega,$$

$$\mathbf{W}_2(w, v) = \iint_{\Omega} r \left((\lambda + 2\mu) \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{u_r v_r}{r^2} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \right. \\ \left. + \mu \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) \left(\frac{\partial v_r}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \lambda \left(\frac{u_r}{r} \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} \right) + \right. \\ \left. + \lambda \left(\frac{u_r}{r} \frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{v_r}{r} \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) + \lambda \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} \frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{\partial v_r}{\partial r} \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) \right) d\Omega.$$

$$\mathbf{W}_{\gamma,1}(w, v) = \int_{\gamma} r R_1(z) [w_1 \llbracket v_1 \rrbracket] d\gamma + \int_{\gamma} r R_2(z) [w_2 \llbracket v_2 \rrbracket] d\gamma,$$

$$\mathbf{W}_{\gamma,2}(w, v) = \int_{\gamma} r R_3(z) [w_4 \llbracket v_4 \rrbracket] d\gamma,$$

$$\mathbf{W}_3(\tilde{w}; w, v) = \iint_{\Omega} r c_w v(\tilde{w}_1) T \left(\frac{\partial v_T}{\partial r} + \frac{\partial v_T}{\partial z} \right) d\Omega,$$

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_4(w, z) = & \iint_{\Omega} r \left(\frac{\partial(p(\bar{w}_1))}{\partial r} v_3 + \frac{\partial(p(\bar{w}_1))}{\partial z} v_4 \right) d\Omega - \\ & - \int_{\Gamma_2} r \alpha w_2 v_2 d\Gamma_2 \end{aligned} \quad (25)$$

Оцінімо ліву і праву частини (24) з урахуванням нерівності Коші-Буняковського. З формул (14), (20), $\forall t \in (0, T]$ маємо

$$\begin{aligned} \left| \bar{m} \left(\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}, \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) \right| & \leq \rho_{ep} r_1 \iint_{\Omega} \left| \frac{\partial^2 \eta_3}{\partial t^2} \frac{\partial \psi_3}{\partial t} + \frac{\partial^2 \eta_4}{\partial t^2} \frac{\partial \psi_4}{\partial t} \right| d\Omega \leq \\ & \leq \rho_{ep} r_1 \left\| \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \right\|_{L_2(\Omega)} \left\| \frac{\partial \psi}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left| m(w; \frac{\partial \tilde{w}}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) - m(w^N; \frac{\partial \tilde{w}}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) \right| & \leq \\ \leq \iint_{\Omega} r_1 \left| \tilde{\mu}(\hat{h}) - \tilde{\mu}(\hat{h}^N) \right| \left| \frac{\partial \tilde{w}_1}{\partial t} \frac{\partial \psi_1}{\partial t} \right| d\Omega & \leq c_1 \|l\|_{L_2(\Omega)} \left\| \frac{\partial \psi_1}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}, \end{aligned}$$

$$c_1 = c_1(r_1, M_1, \left\| \frac{\partial \tilde{w}_1}{\partial t} \right\|_{L_{\infty}(\Omega_T)}),$$

$$\begin{aligned} \left| \mathbf{W}_1(w; \tilde{w}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) - \mathbf{W}_1(w^N; \tilde{w}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) \right| & \leq \\ \leq \iint_{\Omega} r_1 \left| k(\hat{u}_r, \hat{u}_z, \bar{T}) - k(\hat{u}_r^N, \hat{u}_z^N, \bar{T}^N) \right| \left| \frac{\partial \tilde{w}_1}{\partial r} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial t \partial r} + \frac{\partial \tilde{w}_1}{\partial z} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial t \partial z} \right| d\Omega & \leq \end{aligned}$$

$$\leq c_2 \|l\|_{W_2^1(\Omega)} \left\| \frac{\partial \psi_1}{\partial t} \right\|_{H_0^1(\Omega)},$$

$$c_2 = c_2(r_1, K_1, \left\| \frac{\partial \tilde{w}_1}{\partial r} \right\|_{L_{\infty}(\Omega_T)}, \left\| \frac{\partial \tilde{w}_1}{\partial z} \right\|_{L_{\infty}(\Omega_T)}),$$

$$\left| \mathbf{W}_3(w; \tilde{w}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) - \mathbf{W}_3(w^N; \tilde{w}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) \right| \leq$$

$$\leq \iint_{\Omega} r_1 c_w \left(\left| v_1(w) - v_1(w^N) \right| \left| \tilde{w}_2 \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial t \partial r} \right| + \right.$$

$$\left. \left| v_2(w) - v_2(w^N) \right| \left| \tilde{w}_2 \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial t \partial z} \right| \right) d\Omega \leq$$

$$\leq c_3 \|l\|_{W_2^1(\Omega)} \left\| \frac{\partial \psi_2}{\partial t} \right\|_{H_0^1(\Omega)},$$

$$c_3 = c_3(r_1, c_w, \bar{K}, \|\tilde{w}_2\|_{L_{\infty}(\Omega_T)}),$$

$$\left| \mathbf{W}_3(w^N; \psi, \frac{\partial \psi}{\partial t}) \right| \leq \iint_{\Omega} r_1 c_w \psi_2 \left(v_1(w^N) \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial t \partial r} + v_2(w^N) \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial t \partial z} \right) d\Omega \leq$$

$$\leq c_4 \|\psi_2\|_{L_2(\Omega)} \left\| \frac{\partial \psi_2}{\partial t} \right\|_{H_0^1(\Omega)},$$

$$c_4 = c_4(r_1, c_w, \bar{K}, \left\| \frac{\partial w_1^N}{\partial r} \right\|_{L_{\infty}(\Omega_T)}, \left\| \frac{\partial w_1^N}{\partial z} \right\|_{L_{\infty}(\Omega_T)}),$$

$$\begin{aligned} \left| \mathbf{W}_4(\psi, \frac{\partial \psi}{\partial t}) \right| & \leq r_1 \rho_g g \iint_{\Omega} \left| p(\psi_1) \left(\frac{\partial^2 \psi_3}{\partial t \partial r} + \frac{\partial^2 \psi_4}{\partial t \partial z} \right) \right| d\Omega + \\ & + r_1 \alpha \int_{\Gamma_2} \psi_2 \frac{\partial \psi_2}{\partial t} d\Gamma_2 \leq c_5 \left(\|\psi_1\|_{L_2(\Omega)} \left(\left\| \frac{\partial \psi_3}{\partial t} \right\|_{H_0^1(\Omega)} + \left\| \frac{\partial \psi_4}{\partial t} \right\|_{H_0^1(\Omega)} \right) + \right. \\ & \left. + \|\psi_2\|_{L_2(\Gamma_2)} \left\| \frac{\partial \psi_2}{\partial t} \right\|_{L_2(\Gamma_2)} \right), \quad c_5 = c_5(r_1, \rho_g, g, \alpha), \end{aligned}$$

$$\left| \mathbf{W}_4(\psi, \frac{\partial \psi}{\partial t}) \right| \geq c_6 \|\psi_1\|_{L_2(\Omega)} \left\| \frac{\partial \psi}{\partial t} \right\|_{H_0^1(\Omega)}, \quad c_6 = c_6(r_0, \rho_g, g). \quad (26)$$

Беручи до уваги позначення (14), (25), запишемо

$$\bar{m} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}, \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \bar{m} \left(\frac{\partial \psi}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t} \right), \quad (27)$$

$$\begin{aligned} m(w^N; \frac{\partial \psi}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t}) & = \frac{d}{dt} m(w^N; \frac{\partial \psi}{\partial t}, \psi) - m(w^N; \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}, \psi) - \\ & - m(\frac{\partial w^N}{\partial t}; \frac{\partial \psi}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t}), \end{aligned}$$

$$\mathbf{W}_1(w^N; \psi, \frac{\partial \psi}{\partial t}) = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \mathbf{W}_1(w^N; \psi, \psi) - \frac{1}{2} \tilde{\mathbf{W}}_1(w^N; \psi, \psi),$$

$$\mathbf{W}_2(\psi, \frac{\partial \psi}{\partial t}) = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \mathbf{W}_2(\psi, \psi), \quad (28)$$

де

$$\tilde{\mathbf{W}}_1(w^N; \psi, \psi) = \iint_{\Omega} r \frac{\partial k}{\partial t} \left(\left(\frac{\partial \psi_1}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial \psi_1}{\partial z} \right)^2 \right) d\Omega.$$

Із умов (20) випливає

$$\left| m \left(w^N; \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}, \psi \right) \right| \leq r_1 \left(\tilde{\mu}_1 \left(\left\| \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial t^2} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 + \|\psi_1\|_{L_2(\Omega)}^2 \right) + c_T \left\| \frac{\partial \psi_2}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 \right),$$

$$\left| m \left(\frac{\partial w^N}{\partial t}; \frac{\partial \psi}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) \right| \leq r_1 \left(M_2 \left\| \frac{\partial \psi_1}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 + c_T \left\| \frac{\partial \psi_2}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 \right),$$

$$\left| m \left(\frac{\partial w^N}{\partial t}; \frac{\partial \psi}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) \right| \geq r_0 \left(\bar{M}_2 \left\| \frac{\partial \psi_1}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 + c_T \left\| \frac{\partial \psi_2}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 \right),$$

$$\frac{1}{2} \tilde{\mathbf{W}}_1(w^N; \psi, \psi) \leq c_7 \|\psi\|_{H_0^1(\Omega)}^2, \quad c_7 = c_7(r_1, \rho_g, g, K_2),$$

$$\frac{1}{2} \tilde{\mathbf{W}}_1(w^N; \psi, \psi) \geq c_8 \|\psi\|_{H_0^1(\Omega)}^2, \quad c_8 = c_8(r_0, \rho_g, g, \bar{K}_2). \quad (29)$$

Для заданої області, враховуючи наступну оцінку з використанням формули Гріна норми $\forall u \in W_2^1(\Omega)$ по межі $\partial\Omega$

$$\begin{aligned} \|u\|_{L_2(\partial\Omega)}^2 & = \int_{\Gamma_1 \cup \Gamma_3} u^2 \cos(n, r) d\Gamma + \int_{\Gamma_2 \cup \Gamma_4} u^2 \cos(n, z) d\Gamma + \\ & + \int_{\gamma^+} u^2 \cos(n, r) d\Gamma + \int_{\gamma^-} u^2 \cos(n, r) d\Gamma = \\ & = \iint_{\Omega} \left(\frac{\partial}{\partial r} (u^2) + \frac{\partial}{\partial z} (u^2) \right) d\Omega = 2 \iint_{\Omega} u \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) d\Omega \leq \end{aligned}$$

$$\leq C_1 \left(\iint_{\Omega} u^2 d\Omega \right)^{1/2} \left(\iint_{\Omega} \left(\left(\frac{\partial u}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 \right) d\Omega \right)^{1/2} =$$

$$= C_1 \|u\|_{L_2(\Omega)} \|u\|_{H_0^1(\Omega)} \quad (30)$$

а також записану у загальному випадку нерівність Фрідріхса, ε -нерівність, можемо записати

$$\|u\|_{L_2(\Omega)}^2 \leq C_2 \|u\|_{H_0^1(\Omega)}^2 + C_3 \|u\|_{L_2(\partial\Omega)}^2 \leq C_2 \|u\|_{H_0^1(\Omega)}^2 +$$

$$+ C_3 C_1 \|u\|_{L_2(\Omega)} \|u\|_{H_0^1(\Omega)} \leq$$

$$\leq (C_2 + \frac{C_3 C_1}{4\varepsilon}) \|u\|_{H_0^1(\Omega)}^2 + C_3 C_1 \varepsilon \|u\|_{L_2(\Omega)}^2. \quad (31)$$

Оберемо в останній нерівності ε так, щоб $1 - C_3 C_1 \varepsilon > 0$. Отже, для розглядуваної області Ω $\exists C_4 = \text{const} > 0$ така, що $\forall u \in W_2^1(\Omega)$

$$\|u\|_{L_2(\Omega)}^2 \leq C_4 \|u\|_{H_0^1(\Omega)}^2. \quad (32)$$

Підставимо в рівність (24) співвідношення (26)-(29). У результаті отримаємо після використання нерівності трикутника $\|l\| \leq \|\psi\| + \|\eta\|$, нерівності $ab \leq \frac{1}{2}(a^2 + b^2)$ та співвідношень (30)–(32):

$$\frac{d}{dt} \left[\bar{m} \left(\frac{\partial \psi}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) + m(w^N; \frac{\partial \psi}{\partial t}, \psi) + \mathbf{W}_1(w^N; \psi, \psi) + \right.$$

$$+ \mathbf{W}_{\gamma,1}(\psi, \psi) + \mathbf{W}_2(\psi, \psi) +$$

$$+ \left. \mathbf{W}_{\gamma,2}(\psi, \psi) - \mathbf{W}_3(w^N; \psi, \psi) + \mathbf{W}_4(\psi, \psi) \right] \leq$$

$$\leq c_9 \left(\left\| \frac{\partial \psi}{\partial t} \right\|_{W_2^1(\Omega)}^2 + \|\psi\|_{W_2^1(\Omega)}^2 \right) +$$

$$+ c_{10} \left(\left\| \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 + \left\| \frac{\partial \eta}{\partial t} \right\|_{W_2^1(\Omega)}^2 + \|\eta\|_{W_2^1(\Omega)}^2 \right) \quad \forall t \in (0, \tilde{T}], \quad (33)$$

де константи c_9, c_{10} залежать від $r_0, r_1, c_T, \rho_{zp}, M_1, M_2, \bar{N}_1, N_2, R_1^1, R_2^1, R_3^1, c_i, i = \overline{1, 8}$.

Для додатно-визначених форм справедливі наступні співвідношення:

$$\bar{m} \left(\frac{\partial \psi}{\partial t}, \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) \geq \rho_{zp} r_0 \left(\left\| \frac{\partial \psi_3}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 + \left\| \frac{\partial \psi_4}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)}^2 \right),$$

$$\mathbf{W}_1(w^N; \psi, \psi) \geq c_{11} \left(\|\psi_1\|_{H_0^1(\Omega)}^2 + \|\psi_2\|_{H_0^1(\Omega)}^2 \right),$$

$$\mathbf{W}_2(\psi, \psi) \geq c_{12} \left(\|\psi_3\|_{W_1^2(\Omega)}^2 + \|\psi_4\|_{W_1^2(\Omega)}^2 \right), \quad (34)$$

де $c_{11} = r_0 \min\{\bar{K}, \lambda_T\}$, $c_{12} = \min\{r_0, \frac{1}{r_1}\} c_{12}(\lambda, \mu)$.

Із оцінки (33) з урахуванням (34) та застосуванням формули Гріна до оцінки інтегралів по γ , отримуємо оцінку

$$\left\| \frac{\partial l}{\partial t} \right\|_{L_\infty(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} + \|l\|_{L_\infty(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} \leq$$

$$\leq c_{13} \left(\left\| \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \right\|_{L_2(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} + \left\| \frac{\partial \eta}{\partial t} \right\|_{L_2(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} + \right.$$

$$\left. + \|\eta\|_{L_2(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} \right). \quad (35)$$

Для оцінок норм

$$\eta, \frac{\partial \eta}{\partial t}, \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}$$

будемо використовувати уже відомі результати [3, с. 768]:

$$\|\eta\|_{L_2(\Omega)}(t) \leq S_1 s^{k+1} \|w\|_{W_2^{k+1}(\Omega)}(t),$$

$$\|\eta\|_{H_0^1(\Omega)}(t) \leq S_2 s^k \|w\|_{W_2^{k+1}(\Omega)}(t), \quad (36)$$

де S_1, S_2 — деякі константи, залежні від c_{11}, c_{12} і незалежні від w, s .

Оцінки норм $\frac{\partial \eta}{\partial t}(x, \cdot), \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}(x, \cdot)$ в просторах

$L_2(\Omega), H_0^1(\Omega)$ аналогічні оцінкам (36).

Таким чином, існує константа C , залежна від норм

$$\|w\|_{L_2(0, \tilde{T}; W_2^{k+1}(\Omega))}, \|w'_t\|_{L_2(0, \tilde{T}; W_2^{k+1}(\Omega))}, \|w''_{tt}\|_{L_2(0, \tilde{T}; W_2^{k+1}(\Omega))},$$

така що

$$\left\| \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \right\|_{L_2(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} + \left\| \frac{\partial \eta}{\partial t} \right\|_{L_2(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} +$$

$$+ \|\eta\|_{L_2(0, \tilde{T}; W_2^1(\Omega))} \leq C s^k. \quad (37)$$

Із нерівностей (35), (37) випливає оцінка (21).

Теорема доведена.

Висновок. Запропоновано алгоритм побудови наближеного узагальненого розв'язку осесиметричної початково-крайової задачі для системи рівнянь фільтрації, теплоперенесення та пружної деформації із змішаними неоднорідними крайовими умовами та умовами спряження. Отримано оцінки швидкості збіжності неперервного за часом наближеного розв'язку, побудованого на базі методу скінченних елементів.

Література

1. Марченко О. А., Лежнина Н. А. Приближенное решение методом конечных элементов задачи влагопереноса в промерзающих грунтах. *Компьютерная математика*. 2002. № 1. С. 24–33.
2. Дейнека В. С., Сергиенко И. В., Скопецкий В. В. Расчет задач с разрывными решениями. Киев : Наукова думка, 1995. 262 с.
3. Marchenko O. O., Samoilenko T. A. Analyzing an approximate solution to a quasilinear parabolic-hyperbolic problem. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2012. (48). P. 762–773.
4. Марченко О. О., Самойленко Т. А. Побудова наближеного розв'язку осесиметричної задачі динаміки неізотермічного вологопереносу. *Кібернетика та комп'ютерні технології*. 2020. № 1. С. 41–52.

Ткаченко Іван Семенович*доктор економічних наук, професор**Хмельницький національний університет***Tkachenko Ivan***Doctor of Economic Sciences, Professor**Khmelnitskyi National University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10690

СІРАКУЗЬКІ ПОСЛІДОВНОСТІ: ПРЯМОГО ТА ЗВОРОТНОГО СПРЯМУВАННЯ

SYRACUSE SEQUENCES: FORWARD AND REVERSE DIRECTION

Анотація. Визначено за яких умов в сіракузьких послідовностях $S\{N\}$ з їх необмеженою кількістю можлива реалізація алгоритмів прямого та зворотного формування, а також показано що вони здійснюються за принципом послідовного вкладного елемента й мають розгалужену замкнутість від однієї до іншої тривіальної одиниці через конкретне задане натуральне число N .

Ключові слова: сіракузька послідовність, прямого та зворотного спрямування, тривіальна одиниця, розгалужені кінцівки, замкнутість.

Summary. It is determined under what conditions in Syracuse sequences $S\{N\}$ with their unlimited number it is possible to implement algorithms for their direct and inverse formation, and it is also shown that they are implemented according to the principle of a sequential embedded element and have branched closure from one trivial unit to another through a specific given natural number N .

Key words: Syracuse sequence, direct and inverse direction, trivial unit, branched extremities, closure.

Вступ та постановка проблеми. Сіракузька проблема — одна з нерозв'язаних проблем математики [1], названа на честь німецького математика Лотара Коллатца, який запропонував її у 1937 році. Суть проблеми полягає у формуванні послідовності чисел [2] за визначеним алгоритмом, а саме:

- із множини натуральних чисел довільним чином обираємо певне число N ; якщо воно парне, то ділимо його на 2, а якщо непарне, то множимо на 3 і додаємо 1 (одиницю) і воно стає парним, знову ділимо на два, та й знову може бути парним, то ділимо на два, а непарне, множимо на три й додаємо одиницю; тобто таким чином **покроково** обчислюються значення кожного наступного елемента послідовності $S\{N\}$, або маємо реалізацію відомої гіпотези $3N + 1$;
- процес її формування в цьому випадку буде завершеним через те, що коли передостанній елемент $N = 2$ (парний) то відбувається ділення парного числа на два, тобто отримуємо фактичне значення для припинення процесу формування

послідовності $S\{N\}$, бо завжди є здійсненням співвідношення для будь якого випадку коли $a = a$ і тоді маємо

$$\frac{a}{a} = \frac{2}{2} = \frac{3}{3} \equiv 1,$$

- та цей факт назовемо **тривіальна одиниця**, а це і є ключовий момент алгоритму що відповідає головній умові гіпотези Л. Коллатца: *яке б початкове число не було взято, рано чи пізно ми отримаємо одиницю*, а про яку саме одиницю йде мова доведено автором в роботі [3].

Розв'язання проблеми. В даному дослідженні пропонуємо сіракузьку послідовність сформовану за алгоритмом $3N + 1$ називати її **прямого спрямування**, а якщо перенумерувати її елементи в зворотному порядку, інакше кажучи, почати нумерацію послідовності з останнього елемента (тривіальної одиниці) до першого, тобто до N , то це буде послідовність **зворотного спрямування**, а якщо ще з її останнього елемента N зробимо

початок продовження послідовності сформованої за алгоритмом зворотного напрямку за умов що виконується одна із чотирьох можливих ситуацій або $(N - 1)$, чи $(N - 2)$, або $(2N - 1)$, чи $(2N + 1)$ ділиться на **три**, тобто це те, цю визначає послідовність як **замкнуту**.

Алгоритм зворотного напрямку. Це процес формування послідовності, який здійснюється за наступним порядком дій: число N має те саме значення що й в першому випадку (прямого спрямування), але тепер діятиме уже таке правило: у випадку коли число N не ділиться на **три**, то виникає одна із чотирьох можливих ситуацій або $(N - 1)$, чи $(N - 2)$, або $(2N - 1)$, чи $(2N + 1)$ ділиться на три, далі знову можлива така сама ситуація що існує вибір однієї з них, а можливо що по черзі кожної з них, та продовжуємо й далі поки не отримаємо останній елемент, який дорівнює тривіальний одиниці, будемо називати **алгоритмом зворотного напрямку**.

Розглянемо декілька прикладів формування сіракузьких послідовностей.

При $N = \hat{1}$, є **натуральне число**, виконаємо арифметичні дії за алгоритмом прямого напрямку $\left((3 \cdot \hat{1} + 1) \div 2\right) \div 2 \equiv 1$ та отримаємо сіракузьку послідовність прямого спрямування $S(\hat{1}) : \{\hat{1}, 4, 2, 1\}$, де останнім елементом буде вже **тривіальна** одиниця, як результат виконаної дії ділення числа самого на себе. Це означає що одиниця на початку послідовності не та сама що одиниця в її кінці. Доречно пригадати що одиниця за її означенням не є **простим** числом та варто пам'ятати також і про те що будь яке число нульової степені є також **тривіальна** одиниця:

$$\frac{a^n}{a^n} = a^{n-n} = a^0 \equiv 1.$$

Далі виконаємо дії зворотного напрямку за варіантом $(2N+1) : (2 \cdot \hat{1} + 1) \div 3 \equiv 1$; та отримаємо сіракузьку послідовність зворотнього спрямування $S(\hat{1}) : \{\hat{1}, 3, 1\}$, де знову початковий елемент це одиниця як натуральне число і тривіальна одиниця є останній елемент, а також створимо замкнуту сіракузьку послідовність для $N = \hat{1}$, зробивши переорієнтацію елементів в $S(\hat{1}) : \{\hat{1}, 4, 2, 1\}$, на $S_{\leftarrow}(\hat{1}) : \{1, 2, 4, \hat{1}\} \sim \{S_{\leftarrow}(4), \hat{1}\}$, отримаємо замкнуту послідовність $S_{\leftrightarrow}(\hat{1}) : \{1, 2, 4, \hat{1}, 3, 1\} \sim \{S_{\leftarrow}(4), \hat{1}, 3, 1\}$. В даному випадку одиниця на початку і в кінці послідовності є тривіальна одиниця, а в середині є як натуральне число.

При $N = 2$ має бути одна дії: $(2 \div 2) \equiv 1$ і тепер маємо в прямому напрямку $S_{\rightarrow}(2): \{2, 1\}$, а коли перенумерували буде $\underline{S}_{\rightarrow}(2): \{1, 2\}$, та в зворотньому спрямуванні отримаємо для варіанту $(2N - 1): (2 \cdot 2 - 1) \div 3 \equiv 1$ і відповідно маємо $S_{\leftarrow}(2): \{2, 3, 1\}$ та замкнуту послідовність: $S_{\leftrightarrow}(2): \{1, 2, 3, 1\}$.

При $N = 3$ маємо

$$\left(\left(\left(\left(\left(\left((3 \cdot 3 + 1) \div 2\right) \cdot 3 + 1\right) \div 2\right) \div 2\right) \div 2\right) \div 2\right) \equiv 1.$$

$S_{\rightarrow}(3) : \{3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1\}$; а переорієтована послідовність відповідно буде $\underline{S}_{\rightarrow}(3) : \{1, 2, 4, 8, 16, 5, 10, 3\} \sim \sim \{\underline{S}_{\rightarrow}(10), 3\}$, а це той випадок коли $N = 3$ і ділиться на 3, тобто $(3 \div 3) \equiv 1$; зворотна послідовність має два елементи $S_{\leftarrow}(3) : \{3, 1\}$; відповідно замкнута буде така: $S_{\leftrightarrow}(3) : \{1, 2, 4, 8, 16, 5, 10, 3, 1\}$, або ще й матиме такий вигляд: $S_{\leftrightarrow}(3) : \{\underline{S}_{\rightarrow}(10), 3, 1\}$.

При $N = 4$ відповідно прямий напрямок $(4 \div 2) \div 2 \equiv 1$ й $S_{\rightarrow} : \{4, 2, 1\}$ і переорієтований $S_{\rightarrow}(4) : \{1, 2, 4\}$, а зворотній напрямок за варіантом $(N - 1)$ буде таким $(4 - 1) \div 3 \equiv 1$; а послідовності відповідно: зворотна $S_{\leftarrow}(4) : \{4, 3, 1\}$ та замкнута $S_{\leftrightarrow}(4) : \{1, 2, 4, 3, 1\}$; а за варіантом $(2N + 1)$ маємо $((2 \cdot 4 + 1) \div 3) \div 3 \equiv 1$, $S_{\rightarrow}(4) : \{4, 9, 3, 1\}$, а далі буде зворотна $S_{\leftarrow}(4) : \{1, 3, 9, 4\}$ і замкнута $S_{\leftrightarrow}(4) : \{1, 2, 4, 9, 3, 1\}$.

При $N = 5$ прямой напрямую

$$\left(\left(\left(\left(5 \cdot 3 + 1\right) \div 2\right) \div 2\right) \div 2\right) \div 2 \equiv 1$$

дає послідовність

$$S_{\rightarrow}(5) : \{5, 16, 8, 4, 2, 1\} \sim \{5, S_{\rightarrow}(16)\},$$

фактично є частиною прямого напрямку для варіанта з числом $N = 3$, а зворотний дає три варіанти. Перший $(2N - 1) : (2 \cdot 5 - 1) \div 3 \div 3 \equiv 1$ і послідовність $S_{\leftarrow}(5) : \{5, 9, 3, 1\}$, а другий $(N + 1) : ((5 + 1) \div 3) + 1 \div 3 \equiv 1$ та маємо $S_{\leftarrow}(5) : \{5, 6, 2, 3, 1\}$ і третій $(N - 2) : (5 - 2) \div 3 \equiv 1$ відповідно $S_{\leftarrow}(5) : \{5, 3, 1\}$, а й замкнучи разом з переорієнтованою $S_{\rightarrow}(5) : \{1, 2, 4, 7, 16, 5\} \sim \{S_{\rightarrow}(16), 5\}$ буде три не однакових $S_{\leftrightarrow}(5) : \{S_{\rightarrow}(16), 5, 9, 3, 1\}$, $S_{\leftrightarrow}(5) : \{S_{\rightarrow}(16), 5, 6, 2, 3, 1\}$, $S_{\leftrightarrow}(5) : \{S_{\rightarrow}(16), 5, 3, 1\}$

Цей приклад наочно підкреслює що сірокузьких послідовностей може бути не одна, а декілька для одного й того самого числа N та побудувати їх можна в залежності від потреб ситуації чи конкретного цільового спрямування дослідника. Впровадження дужок при виконанні арифметичних операцій, формуючих послідовності, засвідчує про те, що процес цей відповідає процедурі обчислення вкладених елементів числової послідовності, а через це ***сіракузька послідовність за алгоритмами її формування є вкладеною послідовністю***. Переконаємося ще й на прикладі формування сірокузької послідовності для $N = 6$.

При $N_1 = 6$; виконуємо кожну окрему арифметичну операцію за алгоритмом Л. Коллатца для визначення значення наступного елементу;

$$N_2 = 6 \div 2 = 3; \quad N_3 = 3 \cdot 3 + 1 = 10; \quad N_4 = 10 \div 2 = 5;$$

$$N_5 = 5 \cdot 3 + 1 = 16; \quad N_6 = 16 \div 2 = 8; \quad N_7 = 8 \div 2 = 4;$$

$$N_8 = 4 \div 2 = 2; \quad N_9 = 2 \div 2 \equiv 1;$$

а вкладеність процедури обчислення елементів сиракузької послдовності онаочнюють собою дужки;

$$\left(\left(\left(\left(\left(\left(6 \div 2\right) \cdot 3 + 1\right) \div 2\right) \cdot 3 + 1\right) \div 2\right) \div 2\right) \div 2\right) \equiv 1;$$

$$S_{\rightarrow}(6) : \{6, 3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1\},$$

а також про вкладеність свідчить частина елементів яка відповідає вже сіракузькій послідовності інших чисел, зокрема:

$$S_{\rightarrow}(6) : \{6, 3, 10, S_{\rightarrow}(5)\} \text{ або } S_{\rightarrow}(6) : \{6, S_{\rightarrow}(3)\}$$

це також стосується й при реалізації й за іншим алгоритмом $(2N-1)$ дійсно маємо $N_1 = 6$; $N_2 = 6 \div 3 = 2$; $N_3 = 2 \cdot 2 - 1 = 3$; $N_4 = 3 \div 3 \equiv 1$, а реалізація алгоритму в дужках матиме наступний вигляд: $((6 \div 3) \cdot 2 - 1) \div 3 \equiv 1$ й тоді маємо $S_{\leftarrow}(6) : \{6, 2, 3, 1\}$, а далі, враховуючи що маємо переорієнтовану в зворотному напрямку

$$\underline{S}_{\rightarrow}(6) : \{1, 2, 4, 7, 16, 5, 10, 3, 6\},$$

або

$$\underline{S}_{\rightarrow}(6) : \{\underline{S}_{\rightarrow}(3), 6\}$$

то вже наступна замкнута послідовність буде такою

$$S_{\leftrightarrow}(6) : \{1, 2, 4, 8, 16, 5, 10, 3, 6, 2, 3, 1\},$$

$$S_{\leftrightarrow}(6) : \{\underline{S}_{\rightarrow}(5), 10, 3, 6, S_{\leftarrow}(2)\}$$

або

$$S_{\leftrightarrow}(6) : \{\underline{S}_{\rightarrow}(3), 6, S_{\leftarrow}(2)\}.$$

Впевненості в дієвості алгоритму формування вкладеної послідовності надає також й наступний приклад, реалізуємо алгоритм формування послідовності $S\{N\}$ починаючи з числа $N_1 = 7$:

$$N_2 = (3 \cdot 7 + 1) = 22; N_3 = 22 \div 2 = 11;$$

$$N_4 = (11 \cdot 3 + 1) = 34; N_5 = 34 \div 2 = 17;$$

$$\dots, N_{14} = 16 \div 2 = 8; N_{15} = 8 \div 2 = 4;$$

$$N_{16} = 4 \div 2 = 2; N_{17} = 2 \div 2 = 1;$$

цей елемент послідовності в ній є останнім і маємо сіракузьку послідовність

$$S_{\rightarrow}(7) : \{7, 22, 11, 34, 17, 52, 26, 13, 40, 20, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1\}$$

дійсно сформовано за алгоритмом вкладного елементу. Якщо виконати з елементами цієї числової послідовності арифметичні операції з використанням дужок в зворотньому напрямку, то отримаємо вихідне (перше) число N послідовності $S_{\leftarrow}(N)$, а продовжуючи далі за алгоритмом зворотного напрямку визначені в дужках дії

$$((((2 \cdot 7) \cdot 2) - 1) \div 3) \div 3 \equiv 1,$$

і зворотна послідовність $S_{\leftarrow}(7) : \{7, 14, 27, 9, 3, 1\}$ ще й інші можуть бути варіанти виконання дій в дужках $((((7 - 1) \div 3) + 1) \div 3 \equiv 1$, та отримаємо відповідну послідовність $S_{\leftarrow}(7) : \{7, 6, 2, 3, 1\}$; а може бути такий варіант $((((7 \cdot 2 - 2) \div 3) - 1) \div 3 \equiv 1$ і має вид $S_{\leftarrow}(7) : \{7, 12, 4, 3, 1\}$, а отже, приєднуючи їх по черзі до переорієнтованої послідовності

$$\underline{S}_{\leftarrow}(7) : \{1, 2, 4, 8, 16, 5, 10, 20, 40, 13, 26, 52, 17, 34, 11, 22, 7\};$$

або $\underline{S}_{\leftarrow}(7) : \{\underline{S}_{\leftarrow}(22), 7\}$ матимемо відповідні замкнені послідовності для числа $N_1 = 7$

$$S_{\leftrightarrow}(7) : \{\underline{S}_{\leftarrow}(22), 7, 14, 27, 9, 3, 1\};$$

$$S_{\leftrightarrow}(7) : \{\underline{S}_{\leftarrow}(22), 7, 6, 2, 3, 1\};$$

$$S_{\leftrightarrow}(7) : \{\underline{S}_{\leftarrow}(22), 7, 12, 4, 3, 1\}.$$

Сіракузькі послідовності для кожного окремого числа N мають як початковий елемент, який відповідає значенню N , так і кінцевий, що завжди дорівнює тривіальній одиниці. Кількість елементів у послідовності для кожного N своя.

Для кожної послідовності прямого спрямування в переорієнтованому вигляді можуть існувати *розгалужені кінцівки* за зворотними напрямками. В даному прикладі маємо трийкову розгалуженість, починаючи з елемента що відповідає початковому числу $N = 7$.

При $N = 16$, за алгоритм $3N + 1$ маємо випадок коли всі елементи діляться на два

$$((((16 \div 2) \div 2) \div 2) \div 2) \equiv 1,$$

сіракузьку послідовність

$$S_{\rightarrow}(16) : \{16, 8, 4, 2, 1\}$$

та її переорієнтовний варіант

$$\underline{S}_{\leftarrow}(16) : \{1, 2, 4, 8, 16\},$$

або

$$\underline{S}_{\leftarrow}(16) : \{\underline{S}_{\leftarrow}(8), 16\},$$

а за алгоритмом в зворотному напрямку коли маємо варіант при

$$(N - 1) : ((((((16 - 1) \div 3) 2 - 1) \div 3) \div 3) \div 3) \equiv 1;$$

відповідно отримуємо сіракузьку послідовність

$$\underline{S}_{\leftarrow}(16) : \{16, 5, 9, 3, 1\}$$

в зворотному напрямку у якій співпадають тільки перші та останні елементи з п'яти. Можливі й інші варіанти послідовностей у зворотному напрямку, зокрема, може бути використаний комбінований підхід з вибором покроково можливих ситуацій

$$(2N + 1), (2N - 1), (N - 1), (N + 1)$$

до визначення значення її елементів аби він ділився на три

$$(2N + 1), (2N - 1), (N - 1), (N + 1),$$

в цьому випадку і є саме той варіант формування зазначеної послідовності:

$$((((((((16 \cdot 2 + 1) \div 3) \cdot 2 - 1) \div 3) - 1) \div 3) + 1) \div 3) \equiv 1$$

і маємо:

$$\underline{S}_{\leftarrow}(16) : \{16, 33, 11, 21, 6, 2, 3, 1\} \sim \{16, \underline{S}_{\leftarrow}(33)\},$$

а замкнута послідовність буде така:

$$S_{\leftrightarrow}(16) : \{\underline{S}_{\leftarrow}(8), 16, 33, 11, 21, 6, 2, 3, 1\}.$$

В цьому прикладі маємо випадок роздвоєності у замкненій послідовності $S_{\leftrightarrow}$

$$S_{\leftrightarrow}(16) : \{S_{\leftarrow}(8), 16, S_{\leftarrow}(5)\}$$

та

$$S_{\leftrightarrow}(16) : \{S_{\leftarrow}(8), 16, S_{\leftarrow}(33)\}.$$

Розглянуті приклади вже дають підстави зробити певні висновки, але цікаві можуть бути ще моменти при формуванні послідовностей зі значною кількістю її елементів, бо з'являються нові елементи, які дозволяють збільшити діапазон кінцівок у зворотному напрямку формування замкненої сіракузької послідовності, але цей процес дасть більший ефект при його комп'ютерній реалізації.

Висновки.

1. Одиниця як творець натуральних чисел і одиниця як результат арифметичної дії мають

принципово різні ролі в теорії чисел як в цілому так і особливо при розв'язанні проблеми сіракузької послідовності про що й свідчать результати даного дослідження.

2. Сіракузька послідовність за алгоритмами та напрямками й принципом її формування є вкладеною замкненою послідовністю для кожного натурального числа N . Необмеженість натуральних чисел породжує ще більшої необмеженості сіракузьких послідовностей принаймні прямого та зворотного напрямків, а поява тривіальної одиниці як останнього її елементу, свідчить і про справедливість висновку Л. Коллатца при формулюванні своєї гіпотези.

3. Алгоритм формування сіракузької послідовності реалізує також і завершений процес перекомплектування N комплектів по три об'єкти в кожному на комплекти по два таких об'єкти в кожному новому комплекті але вже по два з усіма його особливостями.

Література

1. Stewart I. The Great Mathematical Problems Paperback. 7 Mart 2013. 340 p.
2. Гіпотеза Коллатца. *Bikinedia*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B0_%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%86%D0%B03 (дата звернення: 01.02.2025).
3. Ткаченко І. С. Гіпотеза Л. Коллатца: софізм, парадокс, розв'язання. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2024. № 3. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2024-3-9725>.

УДК 574.2:338.48

Жарська Наталія Валеріївна

кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент

Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського

Zharska Nataliya

Candidate of Sciences in Physical Education and Sports,

Associate Professor

Ivan Boberskyi Lviv State University of Physical Culture

ORCID: 0000-0003-2313-6894

Кучер Павло Вікторович

кандидат географічних наук

Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського

Kucher Pavlo

Candidate of Geographical Sciences

Lviv State University of Physical Culture named after Ivan Boberskyj

ORCID: 0000-0001-9164-3180

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10697

ОСОБЛИВОСТІ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ТУРИЗМУ

FEATURES OF LIFE SAFETY IN THE SPHERE OF TOURISM

Анотація. У статті здійснено аналітичний огляд норм та заходів безпекової діяльності у сфері туризму. Вказано, що поняття безпеки стосується усіх напрямів підприємницької діяльності, зокрема туристичної сфери. Встановлено, що одним із найважливіших чинників у сфері туризму є забезпечення безпечних норм діяльності. Забезпечення високого рівня безпечних норм туристичних послуг призводить до формування сегмента постійних споживачів і задовольняє їх вимоги в питанні безпеки використання туристичної послуги. Виокремлено базові чинники нормативно-правового забезпечення діяльності щодо безпеки туристів.

Ключові слова: безпека життєдіяльності, туризм, подорож, небезпека.

Summary. The article provides an analytical review of the norms and measures of security activities in the tourism sector. It is indicated that the concept of security applies to all areas of business activity, in particular the tourism sector. It is established that one of the most important factors in the tourism sector is ensuring safe standards of activity. Ensuring a high level of safe standards of tourist services leads to the formation of a segment of regular consumers and satisfies their requirements in terms of the safety of using tourist services. The basic factors of regulatory and legal support for activities related to the safety of tourists are identified.

Key words: life safety, tourism, travel, danger.

Постановка проблеми. На сьогодні сфера туризму стала вагомим складником соціальної стратегії держави і характеризується швидкими темпами розвитку. Саме через швидкі темпи його розвитку збільшуються кількість робочих місць, інвестиційні проекти із розбудови готельно-туристичної інфраструктури (аеропортів, автошляхів, морських портів, реставрації пам'яток культури, музеїв, відновлення і розвиток реакційних зон), що позитивно впливає на

мешканців країни і туристів та сприяє подальшому розвитку не лише в туристичній сфері [2; 4; 5].

Розвитку сфери туризму сприяють різні фактори. До них можна віднести конкуренцію, інформаційні технології, авіаперевезення, туроператорські послуги, політичні і соціальні обставини в країні, а також загалом підвищення рівня безпеки, які відносяться до їхньої діяльності самодіяльно, без державної підтримки [1; 2; 6; 7].

На сьогодні заходи з підвищення безпеки в туризмі в нашій країні мають йти в двох напрямках: по-перше, забезпечення комплексних питань безпеки, а по-друге, забезпечення безпосередньо безпеки туристів. На думку науковців, в останні роки загроза їхньому життю, здоров'ю та майну значно зросла. У той же час туристичні фірми, зацікавлені насамперед у отриманні прибутку, не надають своїм клієнтам достатньої інформації, а також практично не проводять роботи з виявлення підвищеної небезпеки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням безпеки туризму присвячено чимало публікацій [1; 2; 3]. Умовно їх можна поділити на три групи за аспектами дослідження: сутність безпеки туризму та чинників їх впливу; механізми, що забезпечують належний рівень безпеки; нормативні й законодавчі акти різних країн та міжнародних організацій.

Для ефективного функціонування та динамічного розвитку сфери туризму необхідна досконала система її безпеки.

Поява нових ризиків у туризмі, спричинена терористичними актами, зокрема, подіями 11 вересня 2001 р. у США, викликала створення спеціальної Комісії зі сталого розвитку туризму в рамках Всесвітньої туристичної організації, метою якої був аналіз і вживання заходів з мінімізації ризиків і наслідків їх настання. Також над питаннями безпеки туризму працюють відповідні міжнародні організації: Міжнародна організація праці, Всесвітня організація охорони здоров'я, Організація Об'єднаних Націй, Міжнародна організація цивільної авіації, Міжнародна морська організація та ін. [2; 4; 5].

Безпеку і захист туристів у міжнародних подорожах декларують різні міжнародні документи, зокрема такі: Хартія туризму і Кодекс туриста, прийняті Генеральною асамблеєю UNWTO (Софія, 1986 р.); документи Гаазької міжпарламентської конференції (Нідерланди, 1989 р.); документи 9-ї Генеральної асамблеї UNWTO (Буенос-Айрес, 1991 р.); Глобальний етичний кодекс туриста, прийнятий Генеральною асамблеєю UNWTO в Сантьяго (Чилі, 1999 р.).

Питання безпеки туристичних подорожей були предметом обговорення на багатьох міжнародних туристичних форумах. Особливо детально ці питання розглядалися на Міжпарламентській конференції з туризму в Гаазі (Нідерланди) у 1989 р. Принцип VII і VIII Гаазької декларації з туризму і третій розділ Рекомендацій конференції цілком присвячені безпеці й захисту туристів, туристичних пам'яток і об'єктів [1; 4; 5; 6; 7].

Мета статті. Дослідити особливості безпеки у сфері туризму, зокрема туристичних порожей.

Виклад основного матеріалу досліджень. Безпека туристичних подорожей — поняття комплексне, його вирішення потребує координації зусиль усіх суб'єктів туризму: країн, суб'єктів туристичного

підприємництва (туристичних фірм, підприємств) і самих туристів.

Небезпеки природного та техногенного характеру, включаючи надзвичайні екологічні ситуації, епідемії та пандемії, безперервно супроводжують туристів під час їх подорожей. Активно проявляють себе й інші види небезпек, як, наприклад, нещасні випадки, дорожньо-транспортні пригоди, авіаційні пригоди, випадки заподіяння шкоди життю, здоров'ю та майну туристів у результаті недоліків послуг. Ризики, пов'язані зі стрімким поширенням епідемій небезпечних захворювань, також є серйозною проблемою, як в Україні, так і за її межами [2; 4; 5].

Шляхи вирішення деяких проблем безпечного функціонування й розвитку туристичних подорожей визначаються у пункті 67 Рекомендацій Гаазької декларації з туризму: «Цього можна досягти шляхом: — розробки і впровадження у життя норм безпеки для подорожей і туристичних перебувань; — інформування та просвіти громадськості; — створення інституційних рамок для вирішення проблем, пов'язаних з безпекою туристів, зокрема в екстремальних ситуаціях; — міжнародного співробітництва на двосторонньому, регіональному, субрегіональному, міжрегіональному та світовому рівнях».

Заходи із забезпечення безпеки туристів розробляються з урахуванням так званих «факторів ризику». Шкідливі чинники (фактори ризику) у туризмі класифіковані наступним чином: травмонебезпека; вплив навколишнього середовища; пожежонебезпека; біологічні фактори впливу; психофізіологічні навантаження; небезпека випромінювань; хімічні фактори впливу; підвищена запиленість і загазованість та інші чинники [2; 4; 5].

Основні правила поведінки туристів у транспорті

Правила поведінки туристів під час подорожей (в автобусі)

Пасажирам забороняється:

1. Перевозити багаж, що включає в себе вибухонебезпечні, вогненебезпечні, наркотичні, психотропні речовини, гострі або ріжучі предмети (без упакування або чохла, що запобігають заподіяння шкоди пасажирам), вогнепальна зброя без наявності дозволу на його носіння й без чохла (кобури), а також інші предмети й речовини, які під час перевезення можуть заподіяти шкоду пасажирам або екіпажу, чи викликати ушкодження або забруднення транспортного засобу, багажу.

2. Під час руху автобуса категорично забороняється без необхідності вставати зі своїх місць і ходити по салону автобуса, ставати ногами на сидіння;

3. Забороняється витикатися в люки й вікна автобуса, як під час руху, так і під час стоянки;

4. Щоб уникнути травм і опіків туристам категорично забороняється самостійно включати,

в автобусі кип'ятильник і користуватися ним під час руху автобуса;

5. Відкривати двері до повної зупинки транспортного засобу, заважати їхньому відкриттю або закриттю, а також втручатися в керування транспортним засобом;

6. Опиратися на двері транспортного засобу;

7. Користуватися аварійним устаткуванням транспортного засобу в ситуації, коли це не загрожує здоров'ю людей;

8. Викидати предмети у вікно транспортного засобу;

9. Завдавати шкоду транспортному засобі і його устаткуванню;

10. Засмічувати салон транспортного засобу;

11. Забороняється відволікати водія під час руху;

12. Забороняється класти на багажні полки під стелею автобуса важкі предмети (пляшки, виробу з металу й скла) — вони можуть випасти під час руху автобуса й травмувати людей, що перебувають в автобусі;

13. Забороняється курити в салоні автобуса;

14. Забороняється розпивати під час руху автобуса в салоні автобуса; спиртні напої, перебувати в стані будь-якого ступеня алкогольного сп'яніння, і створювати незручності для інших пасажирів;

15. Забороняється залишати без догляду коштовні речі (фотоапарати, відео-, аудіотехніку, гроші й ін.), ми не несе́м відповідальності за їхню безпеку;

16. При очікуванні транспортного засобу й після виходу з нього перебувати на краю посадкового майданчика або на краю тротуару;

17. Забороняється під час стоянки транспортного засобу переходити дорогу в непристосованому для цього місці;

18. Відповідальність за захворювання, що виникли в учасника автобусного тура внаслідок недотримання ним правил особистої безпеки й охорони здоров'я, несе особисто турист або його законний представник.

Правила поведінки туристів під час подорожей літаком

Під час перельотів пасажирів зобов'язані:

1. Беззастережно виконувати обґрунтовані вимоги і рекомендації командира повітряного судна та членів екіпажу;

2. Розміщувати ручну поклажу та особисті речі на спеціально відведених місцях, зазначених бортпроводником;

3. Дотримуватися загальноприйнятих правил поведінки в громадських місцях;

4. Пристебнути прив'язні реміні при включеному табло «Застебніть реміні» і (за вказівкою командира екіпажу) залишати їх застебнутими;

5. Зберігати дисципліну і порядок.

Пасажири мають право:

1. Вимагати надання всіх послуг, передбачених умовами договору повітряного перевезення, зазначеними на бланку авіаквитка;

2. У випадку, якщо їх життю, здоров'ю або особистій гідності загрожує небезпека — звертатися до працівників авіапідприємства та вимагати у них захисту.

Пасажирам забороняється:

1. Створювати ситуації, що загрожують безпеці польоту або життю, здоров'ю та особистій гідності інших пасажирів, а також авіаперсоналу — допускати по відношенню до них будь-яку образу — словесну або фізичну;

2. Вживати алкогольні напої, крім тих, що були запропоновані на борту повітряного судна;

3. Курити на борту літака протягом усього польоту;

4. Використовувати аварійно-рятувальне обладнання без відповідних вказівок екіпажу;

5. Користуватися електронними приладами і засобами зв'язку під час рулювання, зльоту і посадки літака;

6. Створювати умови, некомфортні для решти пасажирів і перешкоджають роботі членів екіпажу;

7. Псувати майно авіапідприємства та/або виносити його з борту літака.

Туристи, які прибувають в країну чи місцевість тимчасового перебування, повинні неухильно слідувати правилам і законам, які прописані в даній місцевості.

Здебільшого туристи зобов'язуються:

1. Поважати національні і релігійні почуття місцевого населення, так само як і інших осіб, які перебувають у цій країні;

2. Дотримуватися правил поведінки в громадських місцях, а також внутрішні правила, встановлені у приймаючій в країні установі (готелі, тощо);

3. Дотримуватися законів і звичаїв країни перебування;

4. Підкорятися законним вимогам офіційних державних представників органів влади та управління (поліції, митниці, тощо);

5. У разі виникнення конфлікту з офіційними представниками органів влади та управління не вступати в полеміку і негайно зв'язатися з представниками приймаючої сторони.

Туристам забороняється:

1. Ображати національну, релігійну та особисту гідність всіх осіб, які проживають в країні перебування будь-якою формою поведінки — дією, мовою, тощо;

2. Висловлювати, публікувати, поширювати, а також ввозити в країну будь-які матеріали, що ганьблять існуючий в країні лад, вище керівництво країни, спрямовані проти основ державності, а також друковані, кіно, відеоматеріали, тощо;

3. Вживати спиртні напої, а також з'являтися у нетверезому стані в громадських місцях.

4. Фотографувати будівлі і споруди державних установ без наявності спеціального дозволу.

Невиконання даних вимог здатне спричинити виникнення серйозних наслідків, відповідальність за які в цьому випадку цілком і повністю лягає на туриста [1; 2; 4; 5; 6; 7].

Слід пам'ятати, що відповідно до норм міжнародного права, особи, що не володіють дипломатичним імунітетом, до числа яких належать і туристи, за всі правопорушення і злочини несуть відповідальність відповідно до законодавства тієї країни, на території якої було скоєно суспільно небезпечне діяння, незалежно від громадянства особи, яка його вчинила [1; 2; 3; 5].

На формування психологічного клімату впливають психофізіологічні чинники ризику: фізичні та нервово-психічні перенавантаження, усунення яких дозволить сформувати позитивний мікроклімат в туристичній групі.

Вилучення або зниження впливу психофізіологічних чинників ризику досягається:

- раціональною побудовою програми обслуговування туристів, графіків переміщення за маршрутом, що передбачають належні умови для нормальної життєдіяльності людини (сну, приймання їжі, задоволення санітарних і побутових потреб);

- врахуванням психофізіологічних особливостей туристів під час формування туристської групи;
- дотриманням ергономічних вимог до туристського спорядження й інвентаря, що використовується, транспортних засобів, меблів.

Для окремих турів варто вимагати від туристів медичної довідки від лікаря, що підтверджує можливість здійснювати таку подорож [3; 5; 7].

Висновки. Варто зауважити, що питання безпеки у сфері туризму надзвичайно широкі та різнопланові. Перебуваючи в незнайомому середовищі, яке відрізняється від місця постійного проживання, активно відпочиваючи, турист постійно знаходиться під впливом небезпечних чинників. Тому, для ефективного функціонування та динамічного розвитку сфери туризму, необхідна досконала система її безпеки. Забезпечення безпеки туристів повинно здійснюватися починаючи від туристичної локації і закінчуючи державними організаціями, що регулюють діяльність туристичної сфери.

Література

1. Голод А. П. Безпека туризму як об'єкт регіональних економічних досліджень. *Інноваційна економіка*. 2014. № 4 (53). С. 190–194.
2. Кифяк В. Ф. Організація туристичної діяльності в Україні. Чернівці : Книги-XXI, 2003. 300 с.
3. Кравченко О. О., Дутко Л. П. Безпека в туристичній сфері України. *Обліково-аналітичне забезпечення системи фінансово-економічної безпеки: інформаційно-комунікаційні технології та антикорупційний менеджмент: матеріали VIII Міжн. наук.-практ. інт.-конф.* (Харків, 13 листопада 2019 р.). Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. С. 86–94.
4. Марків І. П. Безпека туризму як вагомий фактор розвитку галузі: *Сучасні проблеми і перспективи економічної динаміки: матеріали VIII всеукр. наук.-практ. конф.* (Умань, 18 листопада 2021 р.) Умань : Візаві, 2021. С. 624–628.
5. Смолій В. А., Федорченко В. К., Цибух В. І. Енциклопедичний словник-довідник з туризму. Київ : ВД «Слово», 2006. 372 с.
6. Торяник В. М., Джинджоян В. В. Безпека туризму. Дніпро : ВВПЗ «ДГУ», 2018. 284 с.
7. Фокін С. П. Транспортування туристів спеціалізованими організаціями під час виникнення надзвичайних ситуацій. *Взаємодія транспорту і туризму: тенденції, проблеми, перспективи: зб. наук. пр. К.* : Принт-центр, 2012. С. 174–177.

References

1. Holod, A. P. (2014). Bezpeka turyzmu iak ob'iekt rehionalnykh ekonomichnykh doslidzhen' [Safety of tourism as an object of regional economic research]. *Innovatsijna ekonomika — Innovative economy*, 4 (53), 190–194 [in Ukrainian].
2. Kyfiak, V. F. (2003). Orhanizatsiia turystychnoi diial'nosti v Ukraini [Organization of tourist activity in Ukraine]. Chernivtsi: Knyhy-XXI [in Ukrainian].
3. Kravchenko, O. O. & Dutko, L. P. (2019). Bezpeka v turystychnij sferi Ukrainy [Safety in the tourism sector of Ukraine]. *Proceedings from: VIII Mizhn. nauk.-prakt. int.-konf. "Oblikovo-analitychne zabezpechennia systemy finansovo-ekonomichnoi bezpeky: informatsijno-komunikatsijni tekhnolohii ta antykoruptsijnij menedzhment" — The VIII International scientific and practical int.conf. "Accounting and analytical support of the system of financial and economic safety: information and communication technologies and anti-corruption management"* (Kharkiv, November 13, 2019) (pp. 86–94). Kharkiv: KhNUMH im. O. M. Beketova [in Ukrainian].
4. Markiv, I. P. (2021). Bezpeka turyzmu iak vahomyj faktor rozvytku haluzi [Tourism safety as a significant factor in the development of the industry]. *Proceedings from: VIII vseukr. nauk.-prakt. konf. "Suchasni problemy i perspektyvy ekonomichnoi dynamiky" — The VIII All-Ukrainian scientific and practical conference materialy "Modern problems and prospects of economic dynamics"* (Uman, November 18, 2021) (pp. 624–628). Uman: Vizavi [in Ukrainian].
5. Smolij, V. A., Fedorchenko, V. K. & Tsybukh, V. I. (2006). Entsiklopedychnyj slovnyk-dovidnyk z turyzmu [Encyclopedic dictionary-reference book on tourism]. Kyiv: VD "Slovo" [in Ukrainian].
6. Torianyk, V. M. & Dzhyndzhoian, V. V. (2018). Bezpeka turyzmu [Safety of tourism]. Dnipro: VNPZ "DHU" [in Ukrainian].
7. Fokin S. P. Transportuvannya turystiv spetsializovanyimi orhanizatsiyamy pid chas vynyknennya nadzvychaynykh sytuatsiy. *Vzayemodiya transportu i turyzmu: tendentsiyi, problemy, perspektyvy: zb. nauk. pr. K.*: Prynt-tsent, 2012. S. 174–177 [in Ukrainian].

УДК 82.02:7.035:929

Іванов Олександр Сергійович

*студент магістратури кафедри іноземної філології та перекладу
Міжрегіональної академії управління персоналом*

Ivanov Oleksandr

*Master's Student, Department of Foreign Philology and Translation
Interregional Academy of Personnel Management*

ORCID: 0009-0005-8017-4119

Іщенко Євгеній Олександрович

*кандидат філологічних наук,
доцент кафедри іноземної філології та перекладу
Міжрегіональна академія управління персоналом*

Ishchenko Yevhenii

*Candidate of Philological Sciences, Associate Professor
Department of Foreign Philology and Translation*

Interregional Academy of Personnel Management

ORCID: 0000-0002-5701-7829

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10736

АНГЛІЙСЬКІ ПОЕТИ-РОМАНТИКИ ОЗЕРНОЇ ШКОЛИ: «ПОЕЗІЯ УЯВИ» В ІСТОРИЧНОМУ ТА БІОГРАФІЧНОМУ КОНТЕКСТІ

LAKE SCHOOL ENGLISH ROMANTIC POETS: “POETRY OF IMAGINATION” IN A HISTORICAL AND BIOGRAPHICAL CONTEXT

Анотація. Вступ. Формування нової естетичної течії – англійського романтизму, «старшими» представниками якої є поети Озерної школи, відбувалось в умовах докорінних суспільно-політичних змін. Їхні суспільно-політичні та естетичні погляди протягом їхнього життя значно змінились. У зв'язку з цим постає необхідність дослідити джерела формування їхніх первинних поглядів та шляхи й причини їхньої еволюції.

Мета. Метою статті є визначення впливу суспільно-політичної ситуації та біографічних обставин на формування естетичних і суспільно-політичних поглядів англійських поетів-романтиків Озерної школи.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є праці зарубіжних та українських авторів у царині літературознавства та біографічних досліджень.

У роботі використано історичний і біографічний методи для визначення умов, у яких формувались естетичні та соціально-політичні погляди поетів Озерної школи, а також метод літературознавчого аналізу для висвітлення відмінностей у поглядах Вордсворта та Колріджа.

Результати. У науковій статті описано суспільно-політичне, біографічне та інтелектуальне підґрунтя, на якому формувались естетичні погляди англійських поетів-романтиків Озерної школи: Вільяма Вордсворта, Семюела Тейлора Колріджа та Роберта Сауті, а також розкрито відмінності у підходах Вордсворта та Колріджа до поняття «уява».

Перспективи. У подальших дослідженнях пропонується простежити еволюцію естетичних і соціально-політичних поглядів поетів Озерної школи в зіставленні з еволюцією поглядів поетів інших шкіл поезії англійського романтизму. До інших перспективних напрямів можна віднести дослідження 1) впливу ідей німецьких теоретиків літератури Фрідріха та Августа Вільгельма Шлегелів, й філософів-ідеалістів Іммануїла Канта та Фрідріха Вільгельма Шеллінга, а також британських філософів Девіда Гартлі, Едмунда Берка і Джорджа Берклі на естетичні погляди Колріджа; 2) відмінностей у підходах Колріджа та Вордсворта до уяви й творчості; 3) впливу Дороти Вордсворт на поезію Вільяма Вордсворта та Колріджа; 4) шляхів і способів творчої співпраці, особливо з огляду на схильність Колріджа до літературної співпраці в «трійках»: спочатку з Робертом Сауті та Робертом Ловеллом, потім з Чарлзом Лемом і Чарлзом Ллойдом, а також з Вільямом Вордсвортом і Доротою Вордсворт; 5) інтелектуального середовища Брістоля та інших міст і місцевостей, з якими пов'язана біографія поетів Озерної школи.

Ключові слова: романтизм, фантазія, уява, інтелектуальний клімат, радикалізм, консерватизм.

Summary. Introduction. The emergence of the new aesthetic movement of English Romanticism, with the Lake School poets as its «senior» representatives, had been taking place amidst fundamental socio-political changes. Their socio-political and aesthetic views underwent significant transformations in the course of their lives. In this context, a need arises to investigate the sources of their initial views, as well as the paths and reasons for their evolution.

Purpose. The purpose of the study is to determine the impact of the socio-political situation and biographical circumstances on the development of aesthetic and socio-political views of the Lake School English Romantic Poets.

Materials and methods. The research materials include works by foreign and Ukrainian authors in the fields of literary studies and biographical research.

The study employs historical and biographical methods to identify the conditions that shaped the aesthetic and socio-political views of the Lake School poets, as well as the literary analysis method to highlight the differences in the views of Wordsworth and Coleridge.

Results. The article describes the socio-political, biographical, and intellectual background that shaped the aesthetic views of the English Romantic poets of the Lake School – William Wordsworth, Samuel Taylor Coleridge, and Robert Southey, and reveals the differences in Wordsworth's and Coleridge's approaches to the concept of «imagination».

Discussion. In further research, it is proposed to trace the evolution of aesthetic and socio-political views of the Lake School poets in comparison with the evolution of views of poets from other schools of English Romanticism. Other promising research directions include: (1) investigating the influence of German literary theorists Friedrich and August Wilhelm Schlegel, and idealist philosophers Immanuel Kant and Friedrich Wilhelm Schelling; as well as British philosophers David Hartley, Edmund Burke, and George Berkeley on Coleridge's aesthetic views; (2) examining the differences in Coleridge's and Wordsworth's approaches to imagination and creativity; (3) exploring Dorothy Wordsworth's influence on the poetry of William Wordsworth and Coleridge; (4) analysing the ways and methods of creative collaboration, especially considering Coleridge's tendency for literary collaboration in «triads»: first with Robert Southey and Robert Lovell, then with Charles Lamb and Charles Lloyd, and also with William Wordsworth and Dorothy Wordsworth; (5) investigating the intellectual environment of Bristol and other cities and locations associated with biographies of the Lake School poets.

Key words: romanticism, fancy, imagination, intellectual climate, radicalism, conservatism.

Постановка проблеми. Формування нової Естетичної течії — англійського романтизму, «старшими» представниками якої є поети Озерної школи, відбувалось в умовах докорінних суспільно-політичних змін. Їхні суспільно-політичні та естетичні погляди протягом їхнього життя значно змінились. У зв'язку з цим постає необхідність дослідити джерела формування їхніх первинних поглядів та шляхи й причини їхньої еволюції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Останнім часом українські дослідники — зокрема Л. М. Корнільева, О. В. Горлова, Н. Романишин, О. Кіт — активно досліджують творчість поетів Озерної школи, особливо Р. Сауті та С. Т. Колріджа. Разом з тим, проблематика формування їхніх соціально-політичних та естетичних поглядів не є основним напрямом їхньої роботи, що зумовлює необхідність дослідити вплив суспільно-політичної ситуації та біографічних обставин на їх формування.

Метою статті є визначення впливу суспільно-політичної ситуації та біографічних обставин на формування естетичних і суспільно-політичних поглядів англійських поетів-романтиків Озерної школи.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є праці зарубіжних та українських авторів у царині літературознавства та біографічних досліджень.

У роботі використано історичний і біографічний методи для визначення умов, у яких формувались естетичні та соціально-політичні погляди поетів Озерної школи, а також метод літературознавчого

аналізу для висвітлення відмінностей у поглядах Вордсворта та Колріджа.

Виклад основного матеріалу. До «Озерної школи», з легкої руки критика Edinburgh Review Френсіса Джеффри, відносять Вільяма Вордсворта, Семюела Тейлора Колріджа та Роберта Сауті. Зв'язки між цими поетами мали протягом їхнього життя вельми різноманітний характер: і творчий, і політичний, і сімейний, і дружній, і суто географічний. Це дає привід уважніше розглянути біографії цих поетів у їхньому взаємозв'язку. Усі вони належали до середнього класу: Вордсворт народився в родині юриста, Колрідж — вікарія та директора школи, а Сауті — в родині торгівця тканинами. Вордсворт і його сестра Дороті, Сауті, Колрідж та їхні дружини й музи — сестри Гатчинсон і Фрікер — були сиротами або напівсиротами, які втратили батька чи мати в ранньому дитинстві, втратили внаслідок цього своє становище в суспільстві та зіткнулися з фінансовими труднощами [1, стор. 13]. Троє поетів були близькі за віком і в юності та молодості мали демократичні погляди. Тримаючись разом, вони, як здається, намагались відтворити для себе сімейний спокій. Їхній фінансовий стан, особливо в молодості, був дуже хитким, і більш-менш стабілізувався, коли Вордсворт одержав спадок, а Сауті та Колрідж — невеликі рентні виплати від багатих друзів.

При цьому цікаво відзначити, що Озерна школа зародилась далеко від Озерного краю: на південному заході Англії, в околицях Брістоля та Бата, серед мальовничих пагорбів Кванток-Гіллз. Лише через

кілька років поети один за одним переберуться до Озерного краю: спочатку Вордсворт і Колрідж, а потім і Сауті, на якого ляже тягар утримання великої родини внаслідок розставання Колріджа з дружиною.

Наприкінці XVIII століття Бат був чи не наймоднішим курортним містом Великої Британії, куди приїздили на відпочинок аристократи, які втомились від Лондона та життя у віддалених помістях. Розташований у 18 км західніше на березі моря Брістоль був одним із найбільших портів та входив до п'ятірки найбільших міст Англії [2]. Брістольські купці одними з перших запровадили так звану «трикутникову торгівлю»: з Британії відправляли в Африку тканини, металеві вироби та зброю, вимінювали товари на рабів, яких продавали на плантації на островах Карибського моря, й закуповували там цукор, тютюн і бавовну, які постачали в Європу. Ця торгівля сприяла розвитку промисловості в Брістолі: тут будували кораблі, гнали ром, робили порцеляну, шоколад, тютюнові вироби тощо. У свою чергу, розвиток промисловості перетворював Брістоль на осередок інтелектуального життя: ще з XVII століття тут діяли активні громади протестантів дисентерів (унітаристів, квакерів, пуритан), незгодних з догматами офіційної англіканської церкви. Тут працювала засновниця шкіл для бідноти та релігійна письменниця Ганна Мор [3], яка підтримувала провідного аболіціоніста Вільяма Вілберфорса в боротьбі проти работоргівлі. У Брістолі працювали відомий хімік і винахідник безпечної шахтарської лампи Гамфрі Деві й доктор Беддоус — засновник Пневматичного інституту в Брістолі [4], в якому досліджувались можливості застосування газів для лікування захворювань. Тут же функціонувала Баптистська академія [5], яка давала змогу молоді з родин нонконформістів здобувати вищу освіту, адже в університетах Оксфорда та Кембриджа мали право навчатись лише вірні англіканської церкви. Саме в Брістолі створив своє видавництво книготорговець Джозеф Коттл, який став одним із перших видавців творів Роберта Сауті, Семюела Тейлора Колріджа, Роберта Ловелла та Вільяма Вордсворта [6]. Цей інтелектуальний клімат не міг не позначитись на молодих поетах, які початково були прибічниками демократії та радикальних суспільних перетворень.

Юнацтво та молодість поетів «Озерної школи» припали на 1780-ті роки: Вільям Вордсворт народився у 1770 році, Семюел Тейлор Колрідж — у 1772, а Роберт Сауті — у 1774 році, тож їхнє життя переплелися з найбільш значущими докорінними суспільними та політичними змінами. Після перемоги коаліції, однією з учасниць якої була Велика Британія, в Семирічній війні проти Франції, Австрії, Росії та Швеції, необхідність фінансування зумовленого війною державного боргу спонукала Велику Британію до запровадження жорсткої податкової та адміністративної політики на території своїх колоній у Північній Америці. Жителі колоній не визнали

легітимності рішень британського парламенту, ухвалених без їхнього представництва й без урахування їхньої думки. Після кількох спроб мирного врегулювання розбіжностей, північноамериканські колонії проголосили себе вільними та незалежними державами, а Велика Британія розпочала у 1776 році проти них воєнні дії. За підтримки Франції, Нідерландів та Іспанії Сполучені Штати Америки здобули перемогу, закріплену Паризьким миром 3 вересня 1783 року. Унаслідок обох цих воєн фінанси як Великої Британії, так і Франції прийшли в занепад. Британія втратила великі надходження від торгівлі з Північною Америкою та була змушена повністю перебудувати свою торгівлю.

На престолі Сполученого Королівства Великої Британії з 1760 року перебував Георг III — перший король Ганноверської династії, який народився у Британії і для якого англійська мова була рідною. На відміну від своїх попередників він активно втручався в управління державою, активно змінюючи прем'єр-міністрів. У 1783 році посаду прем'єр-міністра посів 24-річний Вільям Пітт-молодший — наймолодший прем'єр в історії Великої Британії [7] (UK Government без дати), до «найголовніших ініціатив якого належали фінансові та адміністративні реформи, що мали на меті підвищення ефективності [урядування] та викорінення корупції, а також серйозна спроба зменшити державний борг шляхом створення у 1786 році амортизаційного фонду» (William Pitt The Younger (Whig/Tory, 1783–1801, 1804–1806). без дати) [8]. У 1788 році він виступив на підтримку намагань Вільяма Вілберфорса скасувати работоргівлю, послідовно виступаючи за її скасування. Однією з успішних фінансових реформ Пітта стало запровадження у 1799 прямого податку з доходів, який суспільство зрештою сприйняло як ціну перемоги над Наполеоном.

Ідеологічною основою як Американської, так і Французької революцій стали ідеї Просвітництва — зокрема концепції природних прав (на життя, свободу, прагнення до щастя) Джона Локка, суспільного договору, поділу влади на три гілки Шарля-Луї Монтеск'є, переваги розуму над вірою.

У 1790-х роках у Великій Британії точилась ідеологічна боротьба між консерваторами, погляди яких Едмунд Берк висловив у своїх «Роздумах про революцію у Франції», та радикалів, голосом яких став Томас Пейн зі своїм памфлетом «Права людини». По всій країні створювались радикально налаштовані товариства, клуби та асоціації — «Друзі народу», Товариство за конституційну інформацію, Манчестерське конституційне товариство. Одночасно в Британії утворювались і клуби «Церква та король», які представляли консервативні сили. Уряд вдався до жорстких репресій, безжально переслідуючи прибічників реформ і радикалів в усіх країнах Сполученого Королівства. Загроза французького вторгнення, яку британці вважали актуальною до 1805 року, коли

адмірал Нельсон здобув перемогу над французьким флотом біля мису Трафальгар, сприяла посиленню консервативних і патріотичних настроїв.

В ідеологічних шуканнях брали участь і поети: у 1794–1795 роках Колрідж, Сауті та їхній товариш-поет Роберт Ловелл активно намагались реалізувати проєкт «пантисократичної» громади: передбачалось, що її члени разом братимуть участь у керуванні нею на засадах рівності. Спільнота повинна була мати повністю демократичний характер і, на думку Колріджа, мала зробити учасників «добродішними шляхом усунення всіх мотивів до злого, всіх можливих спокус» [9, с. 90]. Роберт Ловелл проти волі своєї родини одружився з Мері Фрікер — акторкою, що походила з багатой, але збанкрутілої родини. Її сестри Сара та Едіт згодом стануть дружинами відповідно Колріджа та Сауті.

Тоді ж почалась і творча співпраця між Колріджем, Сауті та Ловеллом: дізнавшись про повалення та страту Робесп'єра, вони вирішили написати разом та одразу ж опублікувати присвячену цій події п'єсу «Падіння Робесп'єра» [10]. Саме Ловелл познайомив Сауті та Колріджа з Джозефом Коттлом — брістольським видавцем і книготорговцем, у якому вони побачили близьку за духом людину. У цей час Сауті та Колрідж познайомилися з Вільямом Вордсвортом, який перебував у Брістолі у справах. Протягом зими та весни 1797 року Колрідж багато листувався з Вільямом Вордсвортом, на початку червня відвідав його та Дороті в Рейсдауні, а наприкінці червня разом з ними повернувся до родини в Нетер-Стові.

Саме тоді на кілька років склався творчий трикутник Семюела Тейлора Колріджа, Вільяма Вордсворта та Дороті Вордсворт [1, с. 72]. Дороті Вордсворт була дуже спостережливою та чутливою — Вільям Вордсворт часто складав вірші, спираючись на її бачення, її спогади, зафіксовані у щоденниках. Дороті також переписувала начисто вірші, складені Вордсвортом і Колріджем, або записувала їх під їхню диктовку. Саме в Нетер-Стові Колрідж написав свої найвідоміші вірші та поеми: *The Rime of the Ancient Mariner*, *Kubla Khan*, першу частину поеми *Cristabel*.

Дружба з Колріджем та проживання разом з сестрою в мальовничому регіоні Кванток-Гіллз після тривалої розлуки, викликаній смертю батьків, стали для Вордсворта нагодою перейти у своїй творчості від описових поем до коротших ліричних і драматичних віршів, що розповідали про життєві ситуації та природу. З осені 1797 по весну 1798 року вони працювали над революційною збіркою «Ліричні балади» (*Lyrical Ballads*). Її відкривала Колріджева «Легенда старого Мор'яка», а завершувала — Вордсвортова поема «Рядки, написані в кількох милях вище Тінтернського абатства». За словами Колріджа [11], задум був таким: «...мої зусилля мають бути спрямовані на надприродних або принаймні романтичних осіб і персонажів..., щоб винести з нашої внутрішньої

природи людський інтерес і подобу істини, достатні для того, щоб заручитись для цих тіней уяви припиненням сумнівів на цю мить, у чому й полягає поетична віра. Пан Вордсворт ... взяв би собі за мету надати чарівності новизни речам повсякденним та викликати відчуття, аналогічне надприродному, виводячи увагу розуму з летаргічного сну звички й скеровуючи її на чарівність і чудеса нашого світу...».

«Ліричні балади», що вийшли друком у 1798 році, стали поворотним пунктом в історії англійського романтизму. Вордсворт і Колрідж вважали за доцільне наперед ознайомити читача зі своєю естетичною програмою. Першим їхнім маніфестом стало «Передслово» Вордсворта до першого видання «Ліричних балад», яке виросло у 1800 році до «Передмови» до їх другого видання, й було додатково розширене у виданні 1802 року. Вордсворт прагнув звільнити поезію від штучних обмежень образної мови та вважав, що поезія — це «спонтанний вилив могутніх почуттів, які породжує емоція, пригадана у стані спокою» [12].

Восени 1798 року Вільям Вордсворт разом зі своєю сестрою Дороті та Семюел Тейлор Колрідж виїхали в Гамбург, де зустрілися з Фрідріхом Готлібом Клопштоком — одним із перших німецьких поетів, які відмовились від французьких класицистичних взірців і використовували у своїй творчості живу мову. Якраз під час перебування Вордсвортів і Колріджа в Німеччині — в жовтні 1798–квітні 1799 року Гете ставив у Веймарському Гофтеатрі Шиллерову історичну трилогію «Валленштейн» [13, с. 210]. Після повернення з Німеччини Колрідж перекладав англійською дві з трьох п'єс цієї трилогії. Колрідж планував відвідати Веймар, щоб познайомитись з авторами, але не мав необхідних для цього коштів. Натомість він вирушив у Ратцебург для вивчення німецької мови, а в лютому прибув в Геттінгенський університет, де відвідував лекції університетських викладачів та читав німецьку літературу. Його плани відвідати перших теоретиків романтизму — Фрідріха та Августа Вільгельма Шлегелів — не реалізувались, але він був добре знайомий з їхніми ідеями про «органічний» характер мистецтва романтизму замість «механічного» характеру мистецтва класицизму, і згодом передавав їх у своїй *Biographia Literaria*. Перебування в Німеччині спонукало його до поширення ідей німецьких філософів у Англії. Колрідж вважав, що революція в літературі має радше психологічний, а не політичний характер: поезія ставала засобом висловлення своїх почуттів, свого self. Колріджа дуже цікавили ідеї Канта та його учня Фіхте щодо зв'язків між речами, що існують у світі, та тим, як вони відображаються в розумі людини.

Кант у своїй «Критиці чистого розуму» першим провів відмінність між «продуктивною уявою» (*produktive Einbildungskraft*) і «репродуктивною уявою» (*reproduktive Einbildungskraft*), підкресливши проміжне місце уяви між спонтанною мрійністю

та розумом. Згідно з Кантом сила уяви здійснює синтез чуттєвого матеріалу та апіорних категорій розуму, а чуттєве є без уяви неможливим, тобто уява організовує людську чуттєвість [14, с. 115]. Чуттєвий досвід не може бути джерелом знання, оскільки завдяки йому ми здобуваємо лише хаос почуттів. Проте саме уява здатна надати цьому хаосу форму. На погляд Ф. Шеллінга, уява — це сила, що випереджає дійсність. Вона проявляється посередині між теоретичним пізнанням і практичною реалізацією, а тому має їхні властивості. «Уява як єднальна проміжна ланка між теоретичним і практичним розумом аналогічна теоретичному розуму, оскільки він залежить від пізнання об'єкта; вона аналогічна практичному, оскільки він сам створює свій об'єкт» [14, с. 116]. Завдяки цьому уява діє як «синтетична» сила, гармонійно поєднуючи чуттєве та розумове, суб'єктивне та об'єктивне — тобто те, що зазвичай сприймається як протилежне. Цю думку про «синтетичність» продуктивної уяви розвивали в Німеччині Фіхте та Шеллінг, а у Великій Британії — Колрідж.

Своїми поглядами на уяву Колрідж значною мірою завдячує Канту та Шеллінгу, а також німецько-датському філософу Йоганну Ніколаусу Тетенсу [15], який виділяв три рівні уяви: 1) чуттєвий, 2) філософський і 3) художній. Колрідж і Вордсворт, спираючись на традицію, засвоїли цю ідею градації рівнів уяви. У їхній творчій співдружності саме Колрідж виступає як теоретик з питань естетики, який спирається на праці чи не всіх філософів і письменників, які приділяли цьому предмету хоч якусь увагу. На час роботи над *Biographia Literaria* він уже добре розбирався в німецькій філософії. У цій своїй книзі Колрідж спирається на праці багатьох мислителів, переплітає та компілює їх, охоплюючи трактати з питань теології, філософії, психології, медицини тощо). Спираючись на них, Колрідж не шукав готових відповідей, а зосереджував увагу на міркуваннях, що підкріплювали його особисті спостереження за душевним життям і спонукають до подальших роздумів [16]. Колріджа часто звинувачували в плагіаті, зокрема ідей Шеллінга та А. В. Шлегеля, але на ці звинувачення він відповідав, що йому завжди приємно бачити свої ідеї, коли їх вдало висловив хтось інший.

Колрідж і Вордсворт присвятили своє творче життя завданню естетичної регламентації поетичної думки, її спрямування в річище організованої теорії, щоб народилась поезія, в якій упізнається дія саме «уяви», а не «фантазії». Власне кажучи, мова йшла про виявлення законів, дотримуючись яких поет матиме змогу творити плід фантазії або плід уяви. У цьому ключі Колрідж виділяв «фантазію», «первинну уяву» та «вторинну уяву». Саме уява створює якісну поезію. Первинна уява являє собою спонтанне творіння нових ідей, які поет здатен досконало висловити. Вторинна ж уява, якщо скористатись наведеним вище визначенням Колріджа, ослаблюється самим актом свідомого уявлення, що

не дозволяє поетові висловити свою думку досконало. Фантазія ж не передбачає творіння, являючи собою перекофігурацію вже наявних ідей. Тож замість того, щоб скласти щось по-справжньому оригінальне або подати оригінальний опис, поет фантазії просто переупорядковує поняття, подаючи їх у нових відносинах одних з одними [17].

У цьому сенсі у своєму вірші «Кубла-Хан», написаному нібито в наркотичному маренні, Колрідж трьома строфами ілюструє запропоноване ним розмежування фантазії, первинної та вторинної уяви: у першій із них він зображує пейзаж, який є втіленням краси та порядку, у другій — розкладає цей пейзаж на складники, а в третій силою уяви збирає пейзаж заново в гармонійну єдність.

Вордсворт сприймав естетичну ідею «уяви» в інший спосіб, ніж Колрідж. Він не ділив уяву на «первинну» та «вторинну». Крім того, сама «уява» була темою багатьох його поетичних творів. Часто в них Вордсворт намагався пояснити перетворення поезії під впливом фантазії та уяви, а тому описував процеси, що відбуваються у свідомості поета, коли в ній народжуються поетичні рядки. У зв'язку з цим у «поезії уяви» Вордсворта ототожнюються Вордсворт-автор, Вордсворт-оповідач і Вордсворт-герой. В інших творах поета, де оповідач сюжетно відокремлений від героїв, Вордсворт перетворює їхній життєвий досвід на свій власний за допомогою характерного для нього прийому: він привласнює його, оповідаючи про себе в минулому, про те, як він слухав своїх героїв і переживав за них. Вважаючи, що поезія — це переживання, «пригадане у стані спокою», Вордсворт використовує спогади як сировину для набуття нового емоційного досвіду, а тією силою, що допомагає перетворити спогад на твір мистецтва є уява. При цьому якщо Колрідж вважає, що фантазія (як перетасовування фактів) з уявою (творчим перетворенням) несумісна, то Вордсворт не вважає відстань між фантазією та уявою надто великою, вбачаючи в них творчі сили.

Біографи пишуть про *annus mirabilis* Вордсворта та Колріджа у 1797–1798 роках, коли вони мешкали по сусідству в кількох милях один від одного, але ці самі роки були дуже плідними й для Роберта Сауті [18]: саме в цей час він написав поему *Madoc* і велику кількість коротших віршів, зокрема *The Battle of Blenheim*, *The Surgeon's Warning* та *The God's Judgment on a Wicked Bishop*, які зробили його відомим.

Що ж стосується суспільно-політичних поглядів поетів «Озерної школи», то вони значно еволюціонували під час наполеонівських воєн: радикальні демократи впродовж кількох років перетворились на консерваторів, що підтримують уряд і офіційну церкву, але зберегли співчуття до звичайної людини. На зламі XVIII–XIX століть Колрідж почав працювати політичним оглядачем у лондонській газеті *Morning Post*, у якій публікувались також вірші та статті Сауті й вірші Вордсворта. Після

переїзду в Кезік в Озерному краї у 1803 році Сауті активно співпрацював з консервативним часописом *Quarterly Review*, а у 1813 році за наполяганням принца-регента та рекомендацією Вальтера Скотта був призначений на посаду поета-лауреата, яку посідав наступні 30 років. Тут цікаво відзначити, що на зламі 1811–1812 років саме його відвідав під час свого медового місяця Персі Біші Шеллі, який захоплювався його поемами *Thalaba* та *Curse of Kehama*. У зв'язку з відмовою Сауті від своїх радикально революційних поглядів та його переходом на консервативні позиції Шеллі був розчарований Сауті, вважаючи його підлабузником. Цей візит глибоко вплинув і на самого Сауті, який побачив у Шеллі себе самого в молодості, «ніби зустрів привида себе самого» [1, с. 209].

Творчість поетів Озерної школи досить добре відома українському читачеві, зокрема Колріджеву *The Rime of the Ancient Mariner* перекладали Анатолій Онишко, Максим Стріха, Віталій Гречка, а *Kubla Khan* — Олена О'Лір. Поезії Вордсворта перекладали Олександр Мокровольський, Максим Стріха, Олена О'Лір, Юрій Швайдак, Роман Кисельов, Марія Губко. Лише творчість Роберта Сауті залишається відносно невідомою: в онлайн-ресурсах вдалося знайти лише переклади кількох віршів, виконані Павлом Арсеновичем Грабовським з російського перекладу В. А. Жуковського.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У статті розглянуто вплив промислової революції у Великій Британії, Великої французької революції, війни за незалежність США,

інтелектуального клімату міста Брістоля як промислового, освітнього та інтелектуального осередка, праць німецьких теоретиків літератури й філософів-ідеалістів на формування та подальшу еволюцію суспільно-політичних та естетичних поглядів англійських поетів-романтиків Озерної школи в контексті їхніх біографій. Докладно розглянуто початковий період формування Озерної школи (1795–1803 роки). Розкрито відмінності в підходах Вільяма Вордсворта та Семюела Тейлора Колріджа до поняття «уява».

У подальших дослідженнях пропонується простежити еволюцію естетичних і соціально-політичних поглядів поетів Озерної школи в зіставленні з еволюцією поглядів поетів інших шкіл поезії англійського романтизму. До інших перспективних напрямів можна віднести дослідження 1) впливу ідей німецьких теоретиків літератури Фрідріха та Августа Вільгельма Шлегелів, й філософів-ідеалістів Іммануїла Канта та Фрідріха Вільгельма Шеллінга, а також британських філософів Девіда Гартлі, Едмунда Берка і Джорджа Берклі на естетичні погляди Колріджа; 2) відмінностей у підходах Колріджа та Вордсворта до уяви й творчості; 3) впливу Дороти Вордсворт на поезію Вільяма Вордсворта та Колріджа; 4) шляхів і способів творчої співпраці, особливо з огляду на схильність Колріджа до літературної співпраці в «трійках»: спочатку з Робертом Сауті та Робертом Ловеллом, потім з Чарлзом Лемом і Чарлзом Ллойдом, а також з Вільямом Вордсвортом і Доротою Вордсворт; 5) інтелектуального середовища Брістоля та інших міст і місцевостей, з якими пов'язана біографія поетів Озерної школи.

Література

1. Jones, Kathleen. *A Passionate Sisterhood: The sisters, wives and daughters of the Lake Poets*. Constable and Company Ltd., 1997.
2. Researching Historic Buildings in the British Isles. The ranking of provincial towns in England 1066–1861. URL: <https://www.buildinghistory.org/town-rank.shtml> (дата звернення: 17.01.2025).
3. Great Britain, France, and the neutrals, 1800–02. *Encyclopædia Britannica*. URL: <https://www.britannica.com/biography/Hannah-More> (дата звернення: 17.01.2025).
4. Stansfield, Dorothy A., Ronald G. Stansfield. Dr Thomas Beddoes and James Watt: Preparatory Work 1794–96 for the Bristol Pneumatic Institute. In *Medical History*, 1986. 30. P. 276–302. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1139651/> (дата звернення: 18.01.2025).
5. Queen Mary University of London. The Queen Mary Centre for Religion and Literature in English. Dissenting Academies. URL: <https://www.qmul.ac.uk/sed/religionandliterature/dissenting-academies/historical-information/academies/> (дата звернення: 18.01.2025).
6. Bristol History (6). 1700 onwards. Education. URL: <https://brisray.com/bristol/history6.htm> (дата звернення: 27.01.2025).
7. UK Government. William Pitt 'The Younger'. UK Government. URL: <https://www.gov.uk/government/history/past-prime-ministers/william-pitt> (дата звернення: 20.01.2025).
8. William Pitt The Younger (Whig/Tory, 1783–1801, 1804–1806). URL: <https://history.blog.gov.uk/2015/09/16/william-pitt-the-younger-whigtory-1783-1801-1804-1806/> (дата звернення: 20.01.2025).
9. Letters of Samuel Taylor Coleridge. Edited by Ernest Hartley Coleridge. In two volumes. Vol. 1. London. William Heinemann. 1895. URL: <https://www.gutenberg.org/cache/epub/44553/pg44553-images.html> (дата доступу: 27.01.2025).
10. Henry Nelson Coleridge, *The Literary Remains of Samuel Taylor Coleridge*, London. Pickering, 1836. URL: <https://www.gutenberg.org/cache/epub/8488/pg8488-images.html#f1r> (дата звернення: 27.01.2025).

11. Coleridge, Samuel Taylor. from *Biographia Literaria*, Chapter XIV. URL: <https://www.poetryfoundation.org/articles/69385/from-biographia-literaria-chapter-xiv> (дата звернення: 30.01.2025).
12. William Wordsworth (1770–1850). Samuel Taylor Coleridge (1772–1834). URL: <https://web.english.upenn.edu/~mgamer/Etexts/lbprose.html> (дата звернення: 05.01.2025).
13. Bate, Jonathan. *Radical Wordsworth. The Poet Who Changed the World*. London. William Collins. 2020. Ebook Edition April 2020.
14. Липін, М. Продуктивна уява як основа творчості. URL: <https://pi.iod.gov.ua/images/pdf/2018%202/15.pdf> (дата звернення: 02.01.2025).
15. Mambrol, Nasrullah. *Literary Criticism of S. T. Coleridge*. November 27, 2017. In *Literary Theory and Criticism*. URL: <https://literariness.org/2017/11/28/literary-criticism-of-s-t-coleridge/> (дата звернення: 02.01.2025).
16. Haven, R. *Patterns of Consciousness: An Essay on Coleridge*. Amherst: The Univ. of Massachusetts Press, 1969. P. 4–17. URL: <https://archive.org/details/patternsofconsci0000have> (дата звернення: 02.01.2025).
17. Coleridge, Samuel Taylor. *Biographia Literaria*. URL: <https://www.gutenberg.org/files/6081/6081-h/6081-h.htm> (дата звернення: 14.01.2025).
18. Smith, Cristopher. *Robert Southey and the Emergence of Lyrical Ballads*. URL: <https://id.erudit.org/iderudit/005792ar> (дата звернення: 19.01.2025).

References

1. Jones, Kathleen. *A Passionate Sisterhood: The sisters, wives and daughters of the Lake Poets*. Constable and Company Ltd., 1997.
2. *Researching Historic Buildings in the British Isles. The ranking of provincial towns in England 1066–1861*. URL: <https://www.buildinghistory.org/town-rank.shtml>.
3. *Encyclopædia Britannica. Great Britain, France, and the neutrals, 1800–02*. URL: <https://www.britannica.com/biography/Hannah-More>.
4. Stansfield, Dorothy A., Ronald G. Stansfield. Dr Thomas Beddoes and James Watt: Preparatory Work 1794–96 for the Bristol Pneumatic Institute. In *Medical History*, 1986, 30: 276–302. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1139651/>.
5. Queen Mary University of London. *The Queen Mary Centre for Religion and Literature in English. Dissenting Academies*. URL: <https://www.qmul.ac.uk/sed/religionandliterature/dissenting-academies/historical-information/academies/>.
6. *Bristol History (6). 1700 onwards. Education*. URL: <https://bristol.com/bristol/history6.htm>.
7. UK Government. William Pitt ‘The Younger’. UK Government. URL: <https://www.gov.uk/government/history/past-prime-ministers/william-pitt>.
8. William Pitt The Younger (Whig/Tory, 1783–1801, 1804–1806). URL: <https://history.blog.gov.uk/2015/09/16/william-pitt-the-younger-whigtory-1783-1801-1804-1806/>.
9. *Letters of Samuel Taylor Coleridge*. Edited by Ernest Hartley Coleridge. In two volumes. Vol. 1. London. William Heinemann. 1895. URL: <https://www.gutenberg.org/cache/epub/44553/pg44553-images.html>.
10. Henry Nelson Coleridge, *The Literary Remains of Samuel Taylor Coleridge*, London. Pickering, 1836. URL: <https://www.gutenberg.org/cache/epub/8488/pg8488-images.html#f1r>.
11. Coleridge, Samuel Taylor. from *Biographia Literaria*, Chapter XIV. URL: <https://www.poetryfoundation.org/articles/69385/from-biographia-literaria-chapter-xiv>.
12. William Wordsworth (1770–1850). Samuel Taylor Coleridge (1772–1834). URL: <https://web.english.upenn.edu/~mgamer/Etexts/lbprose.html>.
13. Bate, Jonathan. *Radical Wordsworth. The Poet Who Changed the World*. London. William Collins. 2020. Ebook Edition April 2020.
14. Lipin, Mykola. *Produktyvna uyava yak osnova tvorchosti*. URL: <https://pi.iod.gov.ua/images/pdf/2018%202/15.pdf> [in Ukrainian].
15. Mambrol, Nasrullah. *Literary Criticism of S. T. Coleridge*. November 27, 2017. In *Literary Theory and Criticism*. URL: <https://literariness.org/2017/11/28/literary-criticism-of-s-t-coleridge/>.
16. Haven, R. *Patterns of Consciousness: An Essay on Coleridge*. Amherst: The Univ. of Massachusetts Press, 1969. P. 4–17. URL: <https://archive.org/details/patternsofconsci0000have>.
17. Coleridge, Samuel Taylor. *Biographia Literaria*. URL: <https://www.gutenberg.org/files/6081/6081-h/6081-h.htm>.
18. Smith, Cristopher. *Robert Southey and the Emergence of Lyrical Ballads*. URL: <https://id.erudit.org/iderudit/005792ar>.

УДК 343.131.5

Старинський Микола Володимирович*доктор юридичних наук, професор,
професор кафедри адміністративного, господарського права та фінансово-економічної безпеки
Сумський державний університет***Starynskyi Mykola***Doctor of Law, Professor,**Professor of the Department of Administrative, Economic law and Financial and Economic Security
Sumy State University***Лимонько Анастасія Олександрівна***студентка**Сумського державного університету***Lymonko Anastasiia***Student of the**Sumy State University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10696

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РЕФОРМУВАННЯ ПОДАТКОВОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

CURRENT ISSUES OF REFORMING THE TAX SYSTEM OF UKRAINE

Анотація. У статті досліджується правова природа та еволюція податкової системи України, а також відкриваються ключові напрямки її реформування в сучасних умовах. Проаналізовано різні підходи до розуміння понять «податкова система», «система оподаткування» та «система податків і зборів». На основі аналізу наукової літератури та законодавства пропонується комплексне визначення податкової системи як сукупності податків, зборів та інших обов'язкових платежів, механізмів їх справляння, адміністрування та контролю.

Виглянуто та охарактеризовано шість основних етапів розвитку податкової системи України з 1991 року до теперішнього часу, включаючи період воєнного стану. Визначено сім ключових напрямків реформування податкової системи, серед яких: цифровізація та автоматизація податкових процесів, забезпечення балансу між податковими ставками та економічним зростанням, підвищення рівня податкової культури, адаптація до змін у глобальній економіці, підвищення ефективності податкового адміністрування, забезпечення соціальної справедливості та розвиток екологічного оподаткування.

Визначено сім ключових напрямків реформування податкової системи: цифровізація та автоматизація податкових процесів, забезпечення балансу між податковими ставками та економічним зростанням, підвищення рівня податкової культури, адаптація до змін у глобальній економіці, підвищення ефективності податкового адміністрування, забезпечення соціальної справедливості та розвиток екологічного оподаткування. Кожен напрямок супроводжується конкретними пропозиціями щодо його реалізації та очікуваними результатами.

Обґрунтовано необхідність комплексного та гнучкого підходу до реформування податкової системи з урахуванням сучасних викликів глобалізованої економіки та потреби сталого розвитку держави. Наголошено на важливості забезпечення стабільності нормативно-правового регулювання податкових відносин та впровадження простих і зрозумілих механізмів оподаткування для суб'єктів господарювання.

Наголошено на актуальності модернізації податкової системи, що включає цифровізацію та автоматизацію податкових процедур, оптимізацію податкових ставок із врахуванням економічного розвитку, підвищення рівня податкової культури та адаптацію до глобальних економічних викликів.

У статті запропоновано низку заходів щодо вдосконалення податкової політики України, які сприятимуть підвищенню її ефективності, збалансованості та стійкості. Запропоновані рекомендації спрямовані на забезпечення стабільного соціально-економічного розвитку держави, створення сприятливих умов для ведення бізнесу та формування прозорої податкової системи, що відповідає сучасним міжнародним стандартам.

Ключові слова: податкова система, реформування, цифровізація, податкове адміністрування, податкова культура, соціальна справедливість, екологічне оподаткування, глобалізація, воєнний стан, сталий розвиток.

Summary. The article examines the legal nature and evolution of the tax system of Ukraine, and also reveals the key areas of its reform in the current environment. The author analyses various approaches to understanding the concepts of 'tax system', 'taxation system' and 'system of taxes and fees'. Based on the analysis of scientific literature and legislation, the author offers a comprehensive definition of the tax system as a set of taxes, fees and other mandatory payments, mechanisms for their collection, administration and control.

The author identifies and characterises six main stages of development of the tax system of Ukraine from 1991 to the present, including the period of martial law. Seven key areas of reforming the tax system are identified, including: digitalisation and automation of tax processes, ensuring a balance between tax rates and economic growth, improving the level of tax culture, adapting to changes in the global economy, improving the efficiency of tax administration, ensuring social justice and developing environmental taxation.

Seven key areas of tax system reform have been identified: digitalisation and automation of tax processes, balancing tax rates and economic growth, improving tax culture, adapting to changes in the global economy, increasing the efficiency of tax administration, ensuring social justice and developing environmental taxation. Each direction is accompanied by specific proposals for its implementation and expected results.

The author substantiates the need for a comprehensive and flexible approach to reforming the tax system, taking into account the current challenges of the globalised economy and the need for sustainable development of the state. The author emphasises the importance of ensuring the stability of regulatory and legal regulation of tax relations and the introduction of simple and clear taxation mechanisms for business entities.

The author emphasises the relevance of modernisation of the tax system, including digitalisation and automation of tax procedures, optimisation of tax rates with due regard for economic development, improvement of the tax culture and adaptation to global economic challenges.

The article proposes a number of measures to improve Ukraine's tax policy, which will contribute to its efficiency, balance and sustainability. The proposed recommendations are aimed at ensuring stable socio-economic development of the state, creating favourable conditions for doing business and forming a transparent tax system that meets modern international standards.

Key words: tax system, reform, digitalisation, tax administration, tax culture, social justice, environmental taxation, globalisation, martial law, sustainable development.

Актуальність проблеми. Розвиток будь-якої держави залежить від багатьох факторів, одним з яких є ефективне забезпечення функціонування її органів фінансовими ресурсами. В світі існували і існують різні варіанти цього процесу, проте на сучасному етапі розвитку нашої цивілізації головним є наявність податкової системи держави. Саме вона є однією з ключових складових її економічної структури. Україна як незалежна та демократична держава не є виключенням. Податкова система України відіграє значну роль у забезпеченні доходів держави. Протягом тривалого часу наша держава намагалась створити дієву основу її функціонування що втілювалось і систему податкового законодавства протягом всієї історії незалежності нашої держави податкове законодавства України постійно вдосконалювалось, в нього вносились зміни, воно реформувалось, і як результат — воно є надійним підґрунтям функціонування уповноважених державою органів та основою фінансового забезпечення їх діяльності. Однак сьогодні українська податкова система стикається з серйозними викликами, що пов'язані з введенням воєнного стану та наслідками російсько-української війни, яка триває й досі. Як результат — необхідність проведення реформ з метою підвищення конкурентоспроможності економіки, зниження рівня її тінізації та збільшення реальних доходів громадян, що безумовно є головним пріоритетом держави у нинішніх умовах. Разом з тим, проведенню будь-яких реформ має передувати якісний науковий аналіз існуючої

ситуації та виділення пріоритетних напрямків реформування, оскільки в сучасних умовах використання при реформуванні податкової системи методу проб і помилок є занадто дорогим задоволенням. Враховуючи це, ми проводячи нашу розвідку, ставимо завдання окреслити сучасні проблеми реформування податкової системи України, а метою вважаємо виокремлення його напрямків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як свідчить аналіз наукової літератури розкриттям питань, що пов'язані з становленням та розвитком податкової системи і її реформуванням займалось досить велика кількість дослідників. Зокрема питання становлення податкової системи розкриті у роботах М. Г. Волощук, І. І. Матьола, Т. О. Карабін [1]. Питання становлення податкової системи через розкриття принципів її побудови були висвітлені у роботах О. В. Пабат [2]. Окремі дослідники акцентували увагу на процесах реформування податкової системи та її особливостях. Так цих питань у своїх роботах торкалися такі дослідники як Т. В. Єфіменко [3], М. Слатвінська [4]. Реформування податкової системи через призму принципів цього реформування висвітлено в роботі Ю. М. Мельника [5].

Разом з тим, погоджуючись, що зазначені дослідники отримали вагомі результати, варто вказати, на те що з моменту проведення ними досліджень минуло досить багато часу в рамках якого відбулись складні соціально-політичні і економічні події. Це дає нам підстави вважати, що розкриття питань

пов'язаних з реформуванням податкової системи України на сучасному етапі її існування є актуальним та нагальним, тим більше в аспекті виділених завдань та мети нашої розвідки.

Метою статті є здійснення комплексного аналізу правової природи податкової системи України, її структурних елементів, етапів розвитку та основних проблем, а також визначення напрямів її модернізації та реформування з урахуванням сучасних економічних викликів.

Виклад основного матеріалу. Більшість науковців, аналізуючи правову природу податків, приходять до висновку, що саме встановлення податків і зборів, а також їх ефективне правове регулювання, забезпечують країну необхідними фінансовими ресурсами для виконання державних функцій. Так, І. І. Янжул зазначає, що справляння податків має на меті формування дохідної частини бюджетів на рівні, достатньому для виконання завдань і функцій держави та місцевих громад [6]. На думку А. В. Єлинського, податки, як основне джерело покриття суспільних витрат, історично є характерними для держави як публічного територіального утворення, що потребує постійного фінансового забезпечення для свого функціонування [7].

Згідно з положеннями Податкового кодексу України, податок — це обов'язковий платіж до відповідного бюджету або на єдиний рахунок, який справляється з платників податку. Збір (плата, внесок) є обов'язковим платежем, що сплачується до бюджету або на єдиний рахунок, за умови отримання спеціальної вигоди, у тому числі через дії державних органів, органів місцевого самоврядування чи інших уповноважених осіб на користь платників зборів [8]. Також варто зазначити, що відповідно до чинного законодавства України сукупність загальнодержавних і місцевих податків і зборів, що справляються складає податкову систему України [9].

Для нашої розвідки є важливим окреслити сутність та зміст податкової системи, оскільки без цього ми не зможемо вказати на напрямки її вдосконалення і реформування.

Аналіз наукової літератури свідчить, що на сьогодні не існує єдності в розумінні таких понять, як «система загальнообов'язкових платежів», «система податків і зборів» і «система оподаткування» «податкова система». Це призводить до виникнення ситуацій різного тлумачення терміну «податкова система» як науковцями так і різними учасниками податкових правовідносин. Враховуючи це спробуємо визначити з поняттям досліджуваного нами явища.

Дослідження наукової та навчальної літератури свідчить, що при розкритті питань функціонування податкової системи і її реформування дослідники використовують різні поняття та терміни. Зокрема в роботах використовуються такі терміни як «податкова система», «система податків», «система оподаткування». При цьому в одних роботах вони

ототожнюються, хоча і повністю в інших звертається увага на їх різниці і особливостях використання.

Ми, в питаннях спільності і відмінності вказаних термінів схильні підтримати позицію З. С. Варналій, який зазначає, що незважаючи на наявність спільних рис, це не просто різні поняття, а й різні системи, які відрізняються не тільки інституційно-організаційною структурою, але й функціональним призначенням [10]. Такої ж позиції притримуються Л. П. Сідельнікова та Н. М. Костіна, які вважають за необхідне розмежовувати поняття «податкова система», «система оподаткування», «система податків і зборів». За їхніми словами, найвужчим з них є система податків і зборів, яка об'єднує обов'язкові платежі, визначені законодавством [11]. При цьому вони вказують, що система оподаткування, крім податків і зборів, включає механізми та способи їх розрахунку й сплати, тоді як податкова система охоплює також органи, що здійснюють адміністрування податків та зборів.

Звертаючись до визначення досліджуваного нами явища, а саме податкова система, зазначимо, що на сьогодні в науковій та навчальній літературі існує як мінімум два підходи до сприйняття податкової системи.

Представники першого підходу сприймають податкову систему як сукупність податків і зборів держави. Так І. В. Педь вважає, що податкова система — це законодавчо встановлена сукупність обов'язкових платежів, що підлягають сплаті юридичними та фізичними особами до бюджетів різних рівнів [12].

Представники другого підходу включають до податкової системи окрім податків і зборів систему їх адміністрування. Так В. Г. Баранова визначає податкову систему як сукупність податкових відносин, регламентованих нормами фінансового права, що проявляються в процесах адміністрування податків і податкових операціях [13]. Підтримуючи цей підхід В. Л. Андрущенко доповнює його і вказує, що податкова система є сукупністю податків і зборів, об'єднаних єдиною організаційною структурою і нормативно-правовою базою [14].

Якщо узагальнити то можна вказати, що більшість вітчизняних вчених схиляються до розуміння «податкової системи» як сукупності загальнодержавних і місцевих податків і зборів, що справляються згідно з законодавством, а також механізм їх справляння та адміністрування. Ми схильні підтримати таку позицію і зі свого боку хочемо зазначити, що термін «податкова система» має охоплювати не тільки набір податків і зборів, але й органи, які здійснюють їх адміністрування, а також механізми забезпечення виконання податкових обов'язків.

Підсумовуючи вважаємо, що податкова система являє собою сукупність податків, зборів та інших обов'язкових платежів, встановлених законодавством, а також механізмів їх справляння, адміністрування та контролю. Вона включає в себе не лише

правові норми, що визначають порядок встановлення та сплати податків, а й органи, які забезпечують їх збір, а також принципи і методи оподаткування, що сприяють фінансуванню державних та органів місцевого самоврядування.

Формування податкової системи України проходило в складних умовах становлення нової держави та відсутності необхідного досвіду у справлянні податків як важливого інструменту для регулювання соціально-економічного розвитку. Цей процес триває й досі, оскільки постійно здійснюється пошук шляхів для її вдосконалення та модернізації, адже податкова система повинна стати ефективним інструментом для подолання поточної економічної кризи.

Шлях розвитку податкової системи України за понад 30 років незалежності можна поділити на кілька етапів, кожен з яких має свої характерні особливості. Найчастіше цей процес систематизується в чотири етапи: перший — 1991–1993 роки, другий — 1994–1999 роки, третій — 2000–2009 роки, четвертий — 2010 до сьогодні. Проте, після детального аналізу, можна виділити шість етапів розвитку податкової системи, а саме: 1) 1991–1994 роки; 2) 1994–2000 рік; 3) 2000–2010 роки; 4) 2010–2014 роки; 5) 2014–2022 рік; 6) 2022 — по теперішній час.

Кожен із зазначених етапів має свої характерні особливості та процеси і має свій результат. Так перший етап характеризується становлення держави і у цьому контексті становленням податкової системи як необхідного елемента ефективного її функціонування. Другий етап пов'язаний з прийняттям Конституції України і приведення податкової системи до конституційних положень. Третій етап характеризується формуванням нового податкового законодавства, зокрема прийняттям Податкового кодексу України та приведення функціонування податкової системи до його положень. Четвертий етап характеризується активним вдосконаленням податкового законодавства та запровадженням механізмів які запобігли негативних наслідків світової економічної кризи. П'ятий етап пов'язаний з функціонування податкової системи України в нових соціально-політичних реаліях, а саме в реаліях незаконної анексії Автономної республіки Крим російською федерацією. Шостий етап розпочався з повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України та окупацією п'ятої частини її території. Цей етап характеризується запровадженням механізмів справляння і адміністрування податків в умовах війни.

У контексті аналізу виділених етапів можна погодитись із думкою, сказати що становлення та розвиток податкової системи України було складним, суперечливим і часто спонтанним, хоча загальний напрямок цих процесів був вірним. Це включало формування податкової системи та встановлення рівня оподаткування, який відповідав вимогам ринкової економіки. Напередодні проголошення

незалежності (1991 р.) в Україні діяла податкова система, що включала: податок з обороту, відрахування в бюджет вільного залишку прибутку, плату за виробничі фонди, фіксовані платежі, плату за воду, лісовий дохід, податок на демонстрацію кінофільмів, державне мито та прибутковий податок з громадян [1]. Формування податкової системи України є складним і багатогранним процесом, що триває до сьогодні. Як результат — сучасна податкова система України має стати ефективним інструментом подолання економічної кризи та стимулювання соціально-економічного розвитку, що потребує постійних вдосконалень та модернізацій.

Щодо напрямків реформування та вдосконалення податкової системи варто зазначити наступне.

Як показує аналіз практики функціонування податкової системи України та наукової літератури в якій висвітлюються питання її реформування, на сьогодні одностайної відповіді на питання яким чином має бути реформована податкова система немає. Проте можна виокремити напрямки з якими слід погодитись. Зокрема окремі дослідники вказують на важливість запровадження ефективного податкового адміністрування та контролю; інші зосереджують увагу на запровадженні в процесі реформування принципів передбачуваності та прозорості, що є абсолютно правильним підходом для забезпечення стабільності економіки [3]; ще інші виокремлюють необхідність справедливості, економічної ефективності та соціальної відповідальності як основних принципів функціонування податкової системи та її реформування [2].

Ми безумовно згодні з такими напрямками реформування податкової системи, але, на нашу думку, в сучасних умовах є певні напрямки які залишились поза увагою. Зокрема такими є застосування новітніх технологій для автоматизації податкових процедур, адаптивність податкової політики до змінюваних економічних умов та вплив цифровізації на податкову політику, слід приділити більше уваги. Акцент на ці напрямки дозволить не лише зменшити рівень корупції та бюрократії, а й забезпечити більш ефективне й справедливе адміністрування податків, що є критичними для розвитку податкової системи в сучасних умовах.

Узагальнюючи зазначене, враховуючи всі аспекти сучасного функціонування нашої держави та нові виклики сучасності, що постають перед нею в процесі реформування податкової системи, у зв'язку з глобалізацією економіки, цифровізацією бізнесу та змінами економічних умов, податкова система України має бути адаптована до нових реалій. Ми згодні з думкою, що трансформація і реформування податкової системи повинна полягати в оптимізації потреб у податкових надходженнях із можливостями їх отримання [15]. Ця трансформація і реформування має проходити за наступними напрямками:

По-перше врахування цифровізації та автоматизації податкових процесів. Це пов'язане з розвитком

інформаційних технологій, що дозволяють значно полегшити процес адміністрування податків. Використання сучасних електронних платформ для подачі податкових декларацій, сплати податків і звітності дає змогу знизити рівень корупції, покращити взаємодію з платниками податків та збільшити ефективність збору податків. Однак, для цього необхідно модернізувати існуючу інфраструктуру, забезпечити захист даних і створити нормативно-правову базу для регулювання таких процесів.

По-друге врахування необхідності забезпечити баланс між податковими ставками та економічним зростанням. Підвищення податкових ставок може призвести до негативних економічних наслідків, таких як скорочення інвестицій чи зростання тіньової економіки. Водночас недостатня оподаткованість може обмежити фінансування державних потреб, зокрема в умовах кризи. Визначення оптимального рівня податкового навантаження є важливим завданням для забезпечення стійкості економіки.

По-третє — підвищення рівня податкової культури. Одним з викликів є недостатня податкова культура серед громадян і бізнесу. У багатьох випадках платники податків не розуміють важливості справляння податків або ж шукають способи ухилення від оподаткування. Тому важливо проводити інформаційну кампанію, спрямовану на підвищення обізнаності населення щодо податкових обов'язків і ролі податків у розвитку держави.

По-четверте — адаптація податкової системи до змін у глобальній економіці. З глобалізацією і зростанням міжнародних торгових відносин виникає потреба в адаптації податкової політики до вимог міжнародних стандартів, таких як стандарти ОЕСР у сфері боротьби з ухилянням від сплати податків. Це вимагає гармонізації національного податкового законодавства з міжнародними нормами.

По-п'яте — підвищення ефективності податкового адміністрування. Ураховуючи величезний обсяг податкових платежів та складність системи, ключовим викликом є забезпечення ефективного адміністрування податків. Це включає в себе автоматизацію процесів, вдосконалення роботи податкових органів та розвиток аналітичних інструментів для виявлення порушень і оптимізації збору податків.

По-шосте — підвищення соціальної справедливості через податкову політику. В умовах соціальних і економічних нерівностей особливо важливо забезпечити соціальну справедливість через систему оподаткування. Для цього необхідно працювати над реформуванням прогресивних податків, створенням більш справедливих умов для малих і середніх підприємств,

а також полегшенням податкового навантаження на найбільш вразливі верстви населення.

Сьоме — екологічне оподаткування. Ураховуючи глобальні виклики зміни клімату та необхідність переходу до сталого розвитку, важливим напрямом є впровадження екологічних податків, які мотивують підприємства до зниження забруднення та раціонального використання природних ресурсів [15].

Також для підвищення рівня ефективності податкової системи в Україні необхідно дотримуватись стабільності в нормативно-правовому регулюванні податкових відносин і зважати на те, що запропоновані податкові зміни, введені податкові механізми мають бути для суб'єктів господарювання простими та зрозумілими та не повинні постійно змінюватись.

Таким чином, реформування податкової системи в Україні має бути комплексним і гнучким, орієнтованим на зростання економіки, підвищення ефективності державного управління, підтримку соціальної справедливості та відповідність сучасним викликам глобалізованої економіки.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Таким чином, враховуючи все вище зазначене можемо зробити наступні висновки. Податкова система являє собою сукупність податків, зборів та інших обов'язкових платежів, встановлених законодавством, а також механізмів їх справляння, адміністрування та контролю. Вона включає в себе не лише правові норми, що визначають порядок встановлення та сплати податків, а й органи, які забезпечують їх збір, а також принципи і методи оподаткування, що сприяють фінансуванню державних та органів місцевого самоврядування.

Податкова система в своєму розвитку пройшла складний шлях і продовжує розвиватися та вдосконалюватись. Її реформування в Україні має бути комплексним і гнучким, орієнтованим на зростання економіки, підвищення ефективності державного управління, підтримку соціальної справедливості та відповідність сучасним викликам глобалізованої економіки. А для підвищення рівня ефективності податкової системи в Україні необхідно дотримуватись стабільності в нормативно-правовому регулюванні податкових відносин і зважати на те, що запропоновані податкові зміни, введені податкові механізми мають бути для суб'єктів господарювання простими та зрозумілими та не повинні постійно змінюватись.

Виділені сім напрямків реформування податкової системи, з нашої точки зору, є магістральними. Вони можуть бути покладені в основу формування стратегічних планів реформування податкової системи України та її правового регулювання в майбутньому.

Література

1. Волощук М. Г., Матьола І. І., Карабін Т. О., Білаш О. В. Становлення та розвиток податкової системи України. Монографія. Ужгород : Вид. Олександри Гаркуші, 2021. С. 164.
2. Пабат О. В. Принципи побудови податкової системи України. *Вісник Харківського національного університету внутрішніх справ*. 2015. № 3 (70). С. 120–127.
3. Єфименко Т. І. Основні напрями трансформації податкової системи в Україні. *Фінанси України*. 2007. № 9. С. 9–13
4. Слатвінська М. О. Особливості становлення та етапи реформування податкової системи України. *Evropský časopis ekonomiky a management*. 2018. Vol. 4, Iss. 4. P. 34–44.
5. Мельничук Ю. М. Реформування податкової системи: Перспективні напрямки наукової думки. *Юриспруденція*. Тернопіль, 2018. С. 75–79.
6. Янжул І. І. Досвід дослідження англійських непрямих податків. Акциз, 1874.
7. Єлінський А. В. З історії оподаткування зарубіжних країн: від давніх часів до XVIII століття. *Фінансове право*. 2006. № 5. С. 5–10.
8. Податковий кодекс України : Кодекс України від 02.12.2010 № 2755-VI: станом на 1 груд. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text> (дата звернення: 11.02.2025).
9. Податковий кодекс України : Кодекс України від 02.12.2010 № 2755-VI: станом на 1 груд. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text> (дата звернення: 11.02.2025).
10. Варналії З. С. Податкова система України: інституціонально-функціональна структура та шляхи модернізації. *Економічний дискурс*. 2018. № 2. С. 15–24.
11. Сідельникова Л. П., Костіна Н. М. Податкова система: навчальний посібник. Київ : Ліра-К, 2012. 576 с.
12. Педь І. В. Податкова система: економіко-правова характеристика податків : Навчальний посібник. Київ, 2007. 191 с.
13. Баранова В. Г., Дубовик О. Ю., Хомутенко В. П. Податкова система : Навчальний посібник. Одеса : БМБ, 2014. 344 с.
14. Андущенко В. С. Податкова система : Навчальний посібник. Київ, 2015. 416 с.
15. Шило Ж. С. Реформування податкової системи України: проблеми та перспективи. *Вісник НУБГП. Серія «Економічні науки»*. 2023. № 1(101). С. 247–258.

References

1. Voloshchuk M. H., Matola I. I., Karabin T. O., Bilash O. V. Stanovlennia ta rozvytok podatkovoi systemy Ukrainy. Monohrafiia. Uzhhorod: Vyd. Oleksandry Harkush, 2021. S. 164 [in Ukrainian].
2. Pabat O. V. Pryntsypy pobudovy podatkovoi systemy Ukrainy. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu vnutrishnikh sprav. 2015. № 3 (70). S. 120–127 [in Ukrainian].
3. Yefymenko T. I. Osnovni napriamy transformatsii podatkovoi systemy v Ukraini. Finansy Ukrainy. 2007. № 9. S. 9–13 [in Ukrainian].
4. Slatvinska M. O. Osoblyvosti stanovlennia ta etapy reformuvannia podatkovoi systemy Ukrainy. Evropský časopis ekonomiky a management. 2018. Vol. 4, Iss. 4. S. 34–44 [in Ukrainian].
5. Melnychuk Yu. M. Reformuvannia podatkovoi systemy: Perspektyvni napriamky naukovoï dumky. Yurysprudentsiia. Ternopil, 2018. S. 75–79 [in Ukrainian].
6. Yanzhul I. I. Dosvid doslidzhennia anhliskykh nepriamykh podatkov. Aktsyz, 1874 [in Ukrainian].
7. Yelinskyi A. V. Z istorii opodatkovannia zarubizhnykh krain: vid davnikh chasiv do KhVIII stolittia. Finansove pravo. 2006. № 5. S. 5–10 [in Ukrainian].
8. Podatkovi kodeks Ukrainy: Kodeks Ukrainy vid 02.12.2010 № 2755-VI: stanom na 1 hrud. 2024 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text> [in Ukrainian].
9. Podatkovi kodeks Ukrainy: Kodeks Ukrainy vid 02.12.2010 № 2755-VI: stanom na 1 hrud. 2024 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text> [in Ukrainian].
10. Varnalii Z. S. Podatkova systema Ukrainy: instytutsionalno-funktsionalna struktura ta shliakhy modernizatsii. Ekonomichnyi dyskurs. 2018. № 2. S. 15–24
11. Sidelnikova L. P., Kostina N. M. Podatkova systema: navchalnyi posibnyk. Kyiv: Lira-K, 2012. 576 s. [in Ukrainian].
12. Ped I. V. Podatkova systema: ekonomiko-pravova kharakterystyka podatkov: Navchalnyi posibnyk. Kyiv, 2007. 191 s. [in Ukrainian].
13. Baranova V. H., Dubovyk O. Iu., Khomutenko V. P. Podatkova systema: Navchalnyi posibnyk. Odesa: VMV, 2014. 344 s. [in Ukrainian].
14. Andushchenko V. S. Podatkova systema: Navchalnyi posibnyk. Kyiv, 2015. 416 s. [in Ukrainian].
15. Shylo Zh. S. Reformuvannia podatkovoi systemy ukrainy: problemy ta perspektyvy. Visnyk NUVHP. Seriiia «Ekonomichni nauky». 2023. No 1(101). S. 247–258 [in Ukrainian].

Bordiuh Oleksandr*Speed-strength training coach*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10706

COMBINING POWERLIFTING AND FUNCTIONAL TRAINING IN COMBAT SPORTS

Summary. Background: Combat sports require not only raw strength but also dynamic, sport-specific abilities such as agility, explosive power, and endurance. This article explores the integration of powerlifting and functional training to develop a comprehensive training regimen that addresses these multifaceted demands.

Methods: The discussion delineates the core principles of powerlifting –emphasizing heavy compound movements like the squat, bench press, and deadlift – to build maximal strength, alongside functional training that focuses on movement efficiency, sport-specific drills, and high-intensity conditioning. A sample weekly training program is presented, illustrating how to balance periodization, complementary exercises, and recovery strategies.

Results: The combined training approach is shown to enhance overall athletic performance by improving force generation, agility, balance, and injury resilience. The integration not only boosts explosive power and technical skills but also contributes to better body composition and mental toughness essential for competitive combat sports.

Conclusion: Incorporating both powerlifting and functional training into a structured program offers a well-rounded strategy for combat athletes. By addressing both maximal strength and sport-specific performance, this dual approach effectively elevates an athlete's capabilities, ensuring readiness for the physical and mental challenges of combat sports.

Key words: combat sports, powerlifting, functional training, explosive power, periodization, sport-specific conditioning, recovery, mental toughness.

Introduction. If you've ever watched a high-level MMA fight, a boxing match, or a Brazilian jiu-jitsu tournament, you know how demanding combat sports can be. These athletes aren't just strong or fast — they're explosive, agile, and capable of enduring grueling physical and mental challenges. To perform at their best, fighters need a training regimen that builds raw strength while also preparing them for the dynamic, unpredictable nature of their sport. That's where the combination of powerlifting and functional training comes in.

At first glance, powerlifting and functional training might seem like opposites. Powerlifting is all about lifting heavy weights to build maximal strength, while functional training focuses on movement efficiency, conditioning, and sport-specific skills. But when you combine the two, you get a training approach that's greater than the sum of its parts. In this article, we'll break down how these two methods can work together to take your combat sports performance to the next level.

1. What Are Powerlifting and Functional Training?

Before we dive into how to combine these two training styles, let's define what each one is.

- **Powerlifting:** Powerlifting is a strength sport centered around three main lifts: the squat, bench press, and deadlift. The goal is simple—lift as much weight as

possible for a single repetition. Powerlifting builds maximal strength, which is the ability to generate force against an external resistance. For combat athletes, this means more powerful strikes, stronger takedowns, and the ability to overpower opponents in clinches or grappling exchanges.

- **Functional Training:** Functional training, on the other hand, focuses on movements that mimic real-life activities or sport-specific actions. It's about training your body to move efficiently and effectively in dynamic, unpredictable environments. Think kettlebell swings, medicine ball throws, sled pushes, and agility drills. Functional training improves coordination, balance, endurance, and the ability to perform under fatigue—all of which are critical in combat sports.

While powerlifting builds the foundation of raw strength, functional training helps you apply that strength in ways that are directly relevant to your sport. Together, they create a well-rounded athlete who's not just strong, but also agile, explosive, and resilient.

2. Why Powerlifting is a Game-Changer for Combat Athletes

Let's start with powerlifting. Why should combat athletes care about lifting heavy weights? Here's why:

- **More Power in Your Strikes and Takedowns:** The squat, bench press, and deadlift are compound

movements that engage multiple muscle groups at once. By getting stronger in these lifts, you'll be able to generate more force in your punches, kicks, and takedowns. For example, a stronger bench press can translate to a more powerful punch, while a stronger deadlift can help you dominate in the clinch or during grappling exchanges.

- **Injury Prevention:** Heavy lifting doesn't just make you stronger-it also makes you more durable. Powerlifting strengthens your bones, tendons, and ligaments, reducing the risk of injuries like fractures, dislocations, and sprains. This is especially important in combat sports, where injuries are common.
- **Mental Toughness:** Let's be honest-lifting heavy weights isn't easy. It requires focus, discipline, and the ability to push through discomfort. These mental attributes are invaluable in combat sports, where you need to stay composed under pressure and keep fighting even when you're tired or hurt.
- **Better Body Composition:** Powerlifting helps you build lean muscle mass while burning fat, which is crucial if you're competing in a weight class. A stronger, leaner physique means you'll have a better strength-to-weight ratio, giving you an edge over your opponents.
- **Core Strength and Stability:** The squat, bench press, and deadlift all require serious core engagement to maintain proper form. A stronger core means better balance, stability, and the ability to transfer force between your upper and lower body-skills that are essential in combat sports.

3. The Role of Functional Training in Combat Sports

While powerlifting builds the foundation of strength, functional training helps you apply that strength in ways that are directly relevant to your sport. Here's how:

Sport-Specific Movements functional training includes exercises that mimic the movements you'll use in combat sports. For example, rotational medicine ball throws can improve your striking power, while sled pushes can enhance your takedown explosiveness. These exercises help you bridge the gap between the gym and the ring or cage.

Improved Conditioning combat sports are as much about endurance as they are about strength. Functional training often includes high-intensity interval training (HIIT) and circuit training, which improve your cardiovascular fitness and recovery. This is essential for maintaining a high pace throughout a match or fight.

Enhanced Mobility and Flexibility many functional exercises involve full ranges of motion, which can improve your flexibility and reduce the risk of injury. For example, kettlebell swings and Turkish get-ups promote hip mobility, while medicine ball rotations enhance spinal mobility.

Better Balance and Coordination functional training often includes unilateral movements (like

single-leg deadlifts) and exercises on unstable surfaces (like balance boards). These improve your proprioception, balance, and coordination-qualities that are essential for executing precise techniques in combat sports.

Injury Prevention by strengthening stabilizer muscles and improving movement patterns, functional training reduces the risk of injuries caused by imbalances or poor mechanics.

4. How to Combine Powerlifting and Functional Training

Now that we've covered the benefits of both approaches, let's talk about how to combine them effectively. The key is balance-you don't want to over-emphasize one approach at the expense of the other. Here's how to do it:

Periodization, structure your training into cycles, focusing on different goals at different times. For example, during the off-season, prioritize powerlifting to build maximal strength. As competition approaches, shift the focus to functional training to refine your sport-specific skills and conditioning.

Complementary Exercises, pair powerlifting movements with functional exercises that target similar muscle groups. For example, after performing heavy squats, follow up with box jumps or sled pushes to translate that strength into explosive power.

Recovery and Mobility Work, both powerlifting and functional training are demanding on the body. Incorporate recovery practices like foam rolling, stretching, and yoga to maintain mobility and prevent injuries.

Sport-Specific Drills integrate combat-specific drills into your functional training sessions. For example, after a set of kettlebell swings, practice striking combinations or takedown entries.

Volume and Intensity Management be mindful of the volume and intensity of your training. Powerlifting sessions should focus on heavy, low-rep sets, while functional training should emphasize moderate weights and higher reps. Avoid overloading the body with too much volume, which can lead to fatigue and overtraining.

5. A Sample Training Program

Here's an example of a weekly training program that combines powerlifting and functional training for a combat athlete:

Day 1: Powerlifting Focus

- Squat: 5 sets of 5 reps
- Bench Press: 5 sets of 5 reps
- Deadlift: 3 sets of 3 reps
- Accessory Work: Pull-ups (4 sets of 8 reps), dips (4 sets of 10 reps), core exercises (plank, leg raises)

Day 2: Functional Training Focus

- Kettlebell Swings: 4 sets of 12 reps
- Medicine Ball Slams: 4 sets of 15 reps
- Sled Pushes: 4 sets of 20 meters
- Agility Ladder Drills: 10 minutes
- Sport-Specific Drills: Shadowboxing or light sparring

Day 3: Active Recovery

- Yoga or mobility work (30–45 minutes)
- Light cardio (e.g., swimming, cycling, or brisk walking)

Day 4: Powerlifting Focus

- Squat: 4 sets of 4 reps (heavier than Day 1)
- Overhead Press: 5 sets of 5 reps
- Romanian Deadlift: 3 sets of 8 reps
- Accessory Work: Rows (4 sets of 8 reps), face pulls (4 sets of 12 reps), core exercises (Russian twists, hanging knee raises)

Day 5: Functional Training Focus

- Box Jumps: 4 sets of 8 reps
- Battle Ropes: 4 sets of 30 seconds
- Sandbag Carries: 4 sets of 30 meters
- Sport-Specific Drills: Grappling or takedown practice

Day 6: Conditioning

- HIIT Circuit: 5 rounds of 30 seconds work, 30 seconds rest (e.g., burpees, sprints, push-ups, mountain climbers)
- Core Finisher: Plank variations, leg raises, or ab wheel rollouts

Day 7: Rest or Active Recovery

6. Common Mistakes to Avoid

- Neglecting Recovery: Overtraining can lead to burnout or injury. Make sure you're getting enough sleep, nutrition, and active recovery.
- Ignoring Sport-Specific Skills: While strength and conditioning are important, they should complement—not replace—technical training in your combat sport.

- Poor Exercise Selection: Choose functional exercises that directly benefit your sport. Avoid overly complex or irrelevant movements.
- Lack of Periodization: Training should be structured to peak at the right time. Randomly mixing powerlifting and functional training without a plan can lead to suboptimal results.
- Overemphasis on Maximal Strength: While powerlifting is beneficial, combat athletes also need explosive power, endurance, and agility. Balance your training to address all aspects of performance.

7. Nutrition and Recovery

To support the demands of combined powerlifting and functional training, combat athletes must prioritize nutrition and recovery:

- Protein: Essential for muscle repair and growth. Aim for 1.6–2.2 grams of protein per kilogram of body weight daily. Sources include lean meats, fish, eggs, dairy, and plant-based options like beans and lentils.
- Carbohydrates: Provide energy for intense training sessions. Focus on complex carbs like rice, oats, sweet potatoes, and whole grains.
- Fats: Support hormone production and overall health. Include sources like avocados, nuts, seeds, and olive oil.
- Hydration: Combat sports and intense training lead to significant fluid loss. Stay hydrated throughout the day, especially during training sessions.
- Supplements: Consider supplements like creatine (for strength and power), beta-alanine (for endurance), and branched-chain amino acids (BCAAs) to enhance performance and recovery.

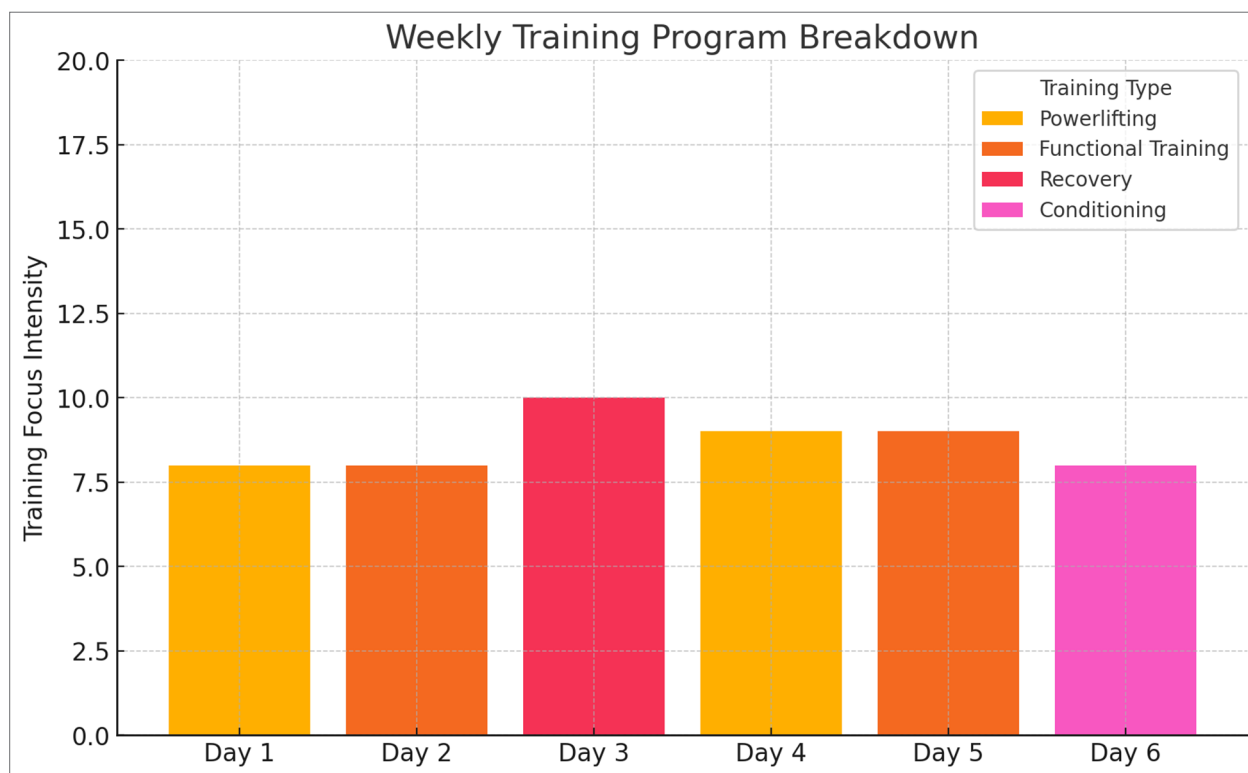


Fig. 1. Stacked bar chart visualizing the weekly training program breakdown

- Sleep: Aim for 7–9 hours of quality sleep per night to support recovery and performance.

8. Real-World Examples

Many elite combat athletes have successfully combined powerlifting and functional training to enhance their performance. For example:

Georges St-Pierre (MMA) known for his incredible athleticism, GSP incorporated powerlifting exercises like squats and deadlifts into his training regimen. He also used functional training tools like kettlebells and sleds to improve his conditioning and movement efficiency.

Francis Ngannou (MMA) Ngannou's knockout power is legendary, and he attributes much of his strength to powerlifting. He also uses functional training to maintain his agility and endurance.

Saenchai (Muay Thai) while not a traditional powerlifter, Saenchai incorporates strength training and functional exercises like medicine ball throws and resistance band work to enhance his striking power and flexibility.

9. Mental Training Techniques for Combat Athletes

While physical training is crucial for success in combat sports, mental toughness and psychological resilience are equally important. The ability to stay focused, composed, and confident under pressure can make the difference between victory and defeat. One of the most effective mental training techniques is

visualization, which involves creating vivid mental images of successful performance. By imagining yourself executing techniques flawlessly, winning matches, or overcoming challenges, you can build confidence and improve muscle memory.

Meditation and mindfulness practices are also valuable tools for combat athletes. These practices help you stay present and focused, reducing distractions and negative thoughts. Start with just 5–10 minutes of mindfulness meditation daily, focusing on your breath or a mantra. Over time, this can improve mental clarity, reduce stress, and enhance emotional regulation.

Breathing exercises are another powerful tool for managing anxiety and controlling heart rate during intense moments. Practice diaphragmatic breathing for 5–10 minutes daily, and use tactical breathing during training or competition to stay calm. Proper breathing techniques can also improve oxygen flow, which is essential for endurance and recovery.

Goal setting is another critical aspect of mental training. Setting clear, achievable goals provides direction and motivation. Use the SMART framework to set goals that are Specific, Measurable, Achievable, Relevant, and Time-bound. Write them down and review them regularly to stay on track.

Positive self-talk is another technique that can boost confidence and reduce self-doubt. Replace negative thoughts with encouraging, constructive ones, and practice this during training and competition.

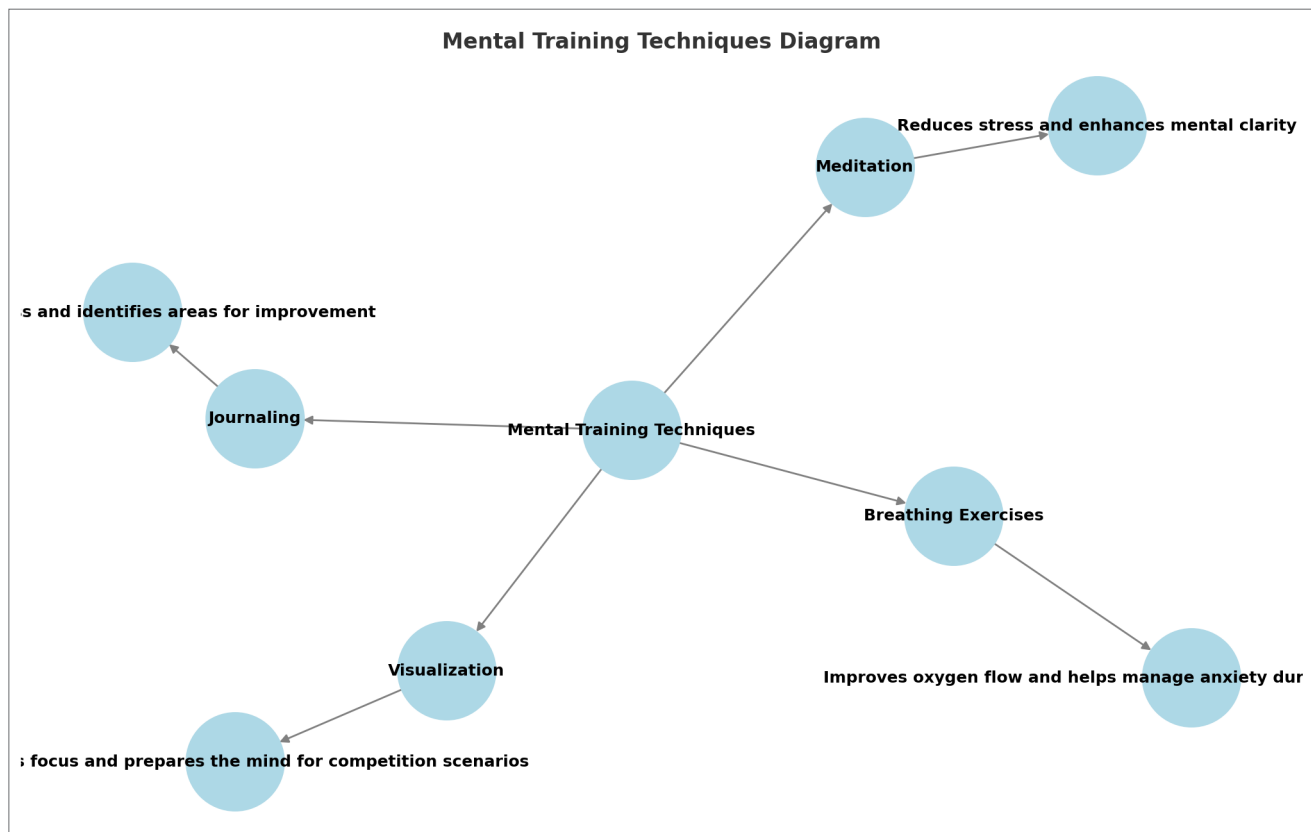


Fig. 2

Journaling is also a valuable tool for reflecting on your progress and identifying areas for improvement. Write down daily training sessions, how you felt, what went well, and what could be improved.

Finally, developing a consistent pre-competition routine can help you get into the right mindset and reduce anxiety. This routine might include physical warm-ups, mental preparation like visualization or breathing exercises, and a motivational ritual like listening to music or repeating a mantra. By incorporating these mental training techniques into your routine, you can enhance your focus, resilience, and overall performance in combat sports.

10. Advanced Strategies for Elite Athletes

For advanced combat athletes looking to take their training to the next level, consider the following strategies:

- **Conjugate Training:** Rotate exercises frequently to prevent adaptation and continuously challenge the body. For example, alternate between front squats, back squats, and trap bar deadlifts.
- **Velocity-Based Training:** Use tools like velocity trackers to measure the speed of your lifts. This helps

ensure you're training at the appropriate intensity for your goals.

- **Sport-Specific Simulations:** Incorporate drills that closely mimic the demands of your sport. For example, use resistance bands during striking drills or practice takedowns with a weighted vest.
- **Mental Training:** Combine physical training with mental conditioning techniques like visualization, meditation, and breathing exercises to enhance focus and resilience.

Conclusion. Combining powerlifting and functional training is a powerful way to enhance your performance in combat sports. By building raw strength through powerlifting and applying that strength in dynamic, sport-specific ways through functional training, you'll become a more well-rounded, resilient, and explosive athlete. Remember, the key to success is balance. Don't neglect recovery, and make sure your training is structured to address all aspects of performance—strength, power, endurance, agility, and mental toughness. With dedication and smart training, you can unlock your full potential and take your combat sports performance to new heights.

References

1. Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics.
2. McGill, S. (2016). *Ultimate Back Fitness and Performance*. Backfitpro Inc.
3. Verstegen, M., & Williams, P. (2004). *Core Performance: The Revolutionary Workout Program to Transform Your Body and Your Life*. Rodale Books.
4. Schoenfeld, B. J. (2016). "The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training". *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2857–2872.
5. Sheppard, J. M., & Triplett, N. T. (2016). "Program Design for Resistance Training". *Essentials of Strength Training and Conditioning*, 4th Edition. Human Kinetics.
6. Weinberg, R. S., & Gould, D. (2018). *Foundations of Sport and Exercise Psychology*. Human Kinetics.
7. Halson, S. L. (2014). "Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes". *Sports Medicine*, 44(2), 139–147.
8. Clark, M., & Lucett, S. (2010). *NASM Essentials of Sports Performance Training*. Lippincott Williams & Wilkins.
9. Chek, P. (2004). *Movement That Matters: The Essentials of Functional Exercise*. C.H.E.K Institute.
10. St-Pierre, G. (2013). *The Way of the Fight*. HarperCollins.

Hrebeniuk Oksana*Expert in the art of makeup and esthetics at
Eva Beauty Bar LLC*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10704

THE IMPACT OF COSMETIC PRODUCT QUALITY ON SKIN CONDITION WITH DAILY USE

Summary. This study examines cosmetic products and their effects on skin condition, with a particular focus on preserving the skin microbiome, which contributes to enhanced barrier function and dermatological health. The research analyzes how the quality of cosmetic products influences skin condition in everyday use. A comprehensive methodology was employed, incorporating dermatological assessments, surveys, and objective biometric measurements. The findings revealed significant improvements in skin condition, including reduced dryness, erythema, and transepidermal water loss, as well as increased hydration and lipid balance. Additionally, the results confirmed the importance of maintaining a physiological pH level to preserve microbiome health. The data demonstrate that specialized cosmetic products can not only enhance appearance but also provide therapeutic benefits, supporting skin restoration and improving consumers' quality of life. The study underscores the need for further exploration of the interaction between cosmetics and skin physiology, as well as the development of new products capable of exerting a comprehensive influence on skin condition and health. This article will be useful for dermatologists and cosmetologists and may also serve as a resource for cosmetic manufacturers interested in producing safe and effective products.

Key words: cosmetic industry, skincare, bioactive ingredients, microbiome, pH balance, dermatological health.

Introduction. The global cosmetics industry is undergoing significant transformations driven by increasing consumer awareness and a growing demand for natural formulations. Skincare has evolved beyond a superficial practice into a complex interplay of chemistry, biology, and dermatological science. Consumers now scrutinize ingredient lists with precision, avoiding preservatives, artificial colorants, and synthetic fragrances in favor of eco-friendly alternatives that support the skin microbiome. This shift has compelled manufacturers to push the boundaries of innovation, ensuring that their products not only meet aesthetic expectations but also maintain dermatological integrity and biological harmony.

At the core of these changes lies fundamental biochemical knowledge: human skin, a complex and dynamic organ, functions both as a protective shield against environmental stressors and as a thriving ecosystem for a diverse microbiome. The symbiotic relationships between skin cells and commensal microorganisms play a crucial role in modulating immunity, maintaining barrier function, and preserving overall dermatological health. Disruptions to this balance — whether through the use of aggressive cosmetic formulations or pH imbalances — can trigger inflammatory responses, weaken skin immunity, and potentially contribute to chronic dermatological conditions such as atopic dermatitis and vitiligo [2].

As demand for scientifically backed skincare solutions grows, the intersection of dermatological science,

cosmetic chemistry, and consumer health continues to expand. A notable example of this trend is the incorporation of bioactive ingredients such as niacinamide, recognized for its multifaceted benefits in improving skin texture, elasticity, as well as addressing hyperpigmentation. However, while individual ingredients may offer promising dermatological benefits, overall formulations must be evaluated holistically, particularly in terms of pH compatibility and microbiome preservation [2].

The aim of this study is to explore these intricate interactions by assessing how the quality of cosmetic products influences the biochemical and microbiological environment of the skin during everyday use. Combining scientific rigor with practical application, this research seeks to provide valuable insights into existing skincare formulations that contribute to long-term dermatological health while enhancing consumer satisfaction.

Methods and Materials. This study was designed to examine the impact of cosmetic product quality on skin condition with daily use, with a particular focus on individuals with visible facial imperfections who could potentially benefit from corrective skincare products. The methodological framework incorporated a multifaceted assessment strategy, combining objective dermatological evaluations with subjective consumer feedback.

A literature review identified key scientific studies relevant to the research topic. K. Andra and

A. Suwalska [1], as well as A. Vargala and M. Slawska [4], conducted studies on the beneficial effects of minerals and vitamins in cosmetics on consumer satisfaction. The works of F. Alsehri [2] and C. Yanes-Becker [5] focused on evaluating the quality and safety of specific cosmetic brands and formulations. Faria-Silva and A. Asenso [3] explored the intersection of cosmetics and food ingredients, analyzing the use of food-based components in skincare products and the development of food items by cosmetic companies. Studies by Nagae M. [6] and Zhang L. [7] investigated the effects of cosmetic products on different age groups, specifically individuals aged approximately 45 and 25 years, respectively.

This study incorporated data from a representative research sample [7], where participants were divided into two distinct demographic groups: young mothers with children under two years old, representing a subgroup with increased susceptibility to hormonal fluctuations and potential skincare challenges, and a nationally representative Chinese sample ensuring broad generalizability of the findings. The study employed a sequential, crossover design, including specific cleansing, intervention, and post-intervention phases to determine the long-term effects of cosmetic product use.

Additionally, another study [1] involving 1,840 participants (95% women, mean age 31.5 ± 11.1 years) was analyzed to assess the impact of cosmetics on skin condition. The primary concerns reported by participants included acne, melanoma, and rosacea. The Skindex-16 scale indicated significant improvements in symptoms, emotional distress, and functional limitations ($p < 0.0001$). Skindex-16 is a 16-item questionnaire assessing dermatology-related quality of life across three domains: symptoms, emotional well-being, and functional limitations. Responses are categorized on a scale from 0 (absence of concern) to 6 (maximum severity).

Results and Discussion. At the initial stage, all participants underwent a standardized three-day

washout period, during which they exclusively applied a placebo — a cream containing 3% glycerin and no active dermatological ingredients — to eliminate potential side effects from previous skincare routines [7]. This preliminary phase served as a biochemical reset, creating a controlled skin environment against which subsequent interventions could be evaluated. Following this preparatory phase, participants proceeded with a strictly structured 28-day treatment protocol, applying a triad of commercially available skincare products twice daily. These products were generically labeled as “facial essence”, “face cream”, and “eye cream” to maintain blinded conditions. Neither the participants nor the research staff were informed about the brand specifics, preventing potential biases related to product perception.

The skincare regimen included three formulations from the Olay® product line (Procter & Gamble, Australia): a tone-correcting serum (Luminous Tone Perfecting Treatment), a wrinkle-smoothing cream (Regenerist Micro-Sculpting Cream), and a targeted eye treatment (Ultimate Eye Cream). To ensure comprehensive data collection, participants completed the Farage Quality of Life (FQoL™) questionnaire at three critical time points: immediately after the washout phase (**baseline skin condition**), at the end of the 28-day treatment phase, and after a 14-day discontinuation period, which assessed potential residual effects of product withdrawal.

As part of the study, additional parameters were evaluated, including skin dryness, tightness, overall user satisfaction, product acceptability, and tolerability — key factors in assessing the overall effectiveness of cosmetic products. Protocol adherence was closely monitored, and 89 young mothers completed the full 28-day intervention, with 83 continuing through the 42-day follow-up period. In a nationally representative sample, 91 participants completed the initial intervention, and 90 proceeded beyond the study's conclusion.

Table 1

Structure of the Farage Quality of Life (FQoL™) Instrument [7]

Domains	Subdomains	Number of Items	Definition
Quality of life		1	Overall quality of life
Welfare	Emotion	5	Reflects a positive outlook on life
	Self-image	5	Reflects self-acceptance, self-confidence and appearance
	Self Competence	2	Reflects autonomy
Energy and Vitality	Personal Pleasure	7	Includes what consumers do for leisure and pleasure.
	Physical Condition	4	Includes physical activity, energy, and household activities of consumers.
	Routine Activities	3	Includes routine daily activities that consumers do in their lives.
Skin care module		5	Questions about empowerment, self-esteem, self-confidence, attractiveness and satisfaction with facial skin condition.

This high retention rate highlights the methodological rigor of the research, ensuring statistical reliability in assessing the relationship between cosmetic product quality and long-term dermatological outcomes.

Another study [1] involving 1,840 participants with a mean age of 31.5 ± 11.1 years (95% women) provided compelling evidence on the impact of cosmetic product quality on facial skin condition. Notably, among the dermatological concerns observed, acne was the most prevalent (48.9%), followed by melanoma (16.7%) and rosacea (15.3%). Skin condition was simultaneously measured using the Skindex-16 scale, a validated indicator of dermatological health and self-assessed skin quality, as illustrated in Figure 1.

A total of 81.2% of participants exhibited skin involvement affecting at least 10% of their facial surface. It is particularly noteworthy that 45.3% of participants described their skin condition as unacceptable, underscoring the profound psychological and social implications of dermatological concerns. However, nearly half of the participants (45.0% and 44.4%, respectively) reported neither skin tightness nor dryness at the beginning of the study, indicating variability in skincare needs.

At baseline, Skindex-16 scores reflected moderate impairments across key domains: symptoms (1.4 ± 1.3), emotional distress (3.5 ± 1.6), and functional limitations (2.4 ± 1.8), with an overall score of 2.4 ± 1.3 on a scale from 0 to 6. By the end of the treatment period, all measures showed statistically significant improvement ($p < 0.0001$), accompanied by a marked reduction in dryness and tightness [1]. These improvements were mirrored in high satisfaction ratings from both participants and researchers, confirming the tested products' effectiveness and acceptability.

Importantly, the skincare regimen demonstrated excellent local tolerability, supporting its suitability

for long-term use in individuals with sensitive skin or a compromised skin barrier. These findings align with a growing body of evidence highlighting the role of corrective cosmetics and camouflage makeup as adjunctive treatments for primary dermatological conditions (e.g., acne, rosacea, vitiligo, melasma) and secondary concerns such as post-inflammatory hyperpigmentation, scarring, and skin damage from treatments (e.g., oncology, therapeutic or aesthetic procedures) [7]. Beyond mere aesthetic enhancement, such interventions contribute significantly to quality of life and self-esteem, as previously reported in the literature.

While many existing products are tailored to specific skin concerns or phototypes, the tested high-performance corrective formula was specifically designed for broad application across diverse skin tones and dermatological imperfections, providing comprehensive dermatological support for men, women, and children. Furthermore, its exceptional protection against visible light — which is known to exacerbate pigmentary disorders — makes it a valuable component in preventive skincare strategies.

Despite these advantages, a demographic trend has emerged: while corrective cosmetics and camouflage makeup are theoretically suitable for all genders and age groups, survey data indicate that the vast majority of users are young women. This discrepancy likely reflects deeply ingrained sociocultural norms regarding beauty and self-perception, as well as differences in cosmetic usage habits between men and women. Nevertheless, the reliable data from this study confirm the significant positive impact of the tested corrective product on the quality of life of individuals affected by facial skin imperfections, highlighting the need for broader dermatological recommendations that extend beyond the traditionally female-oriented consumer base.

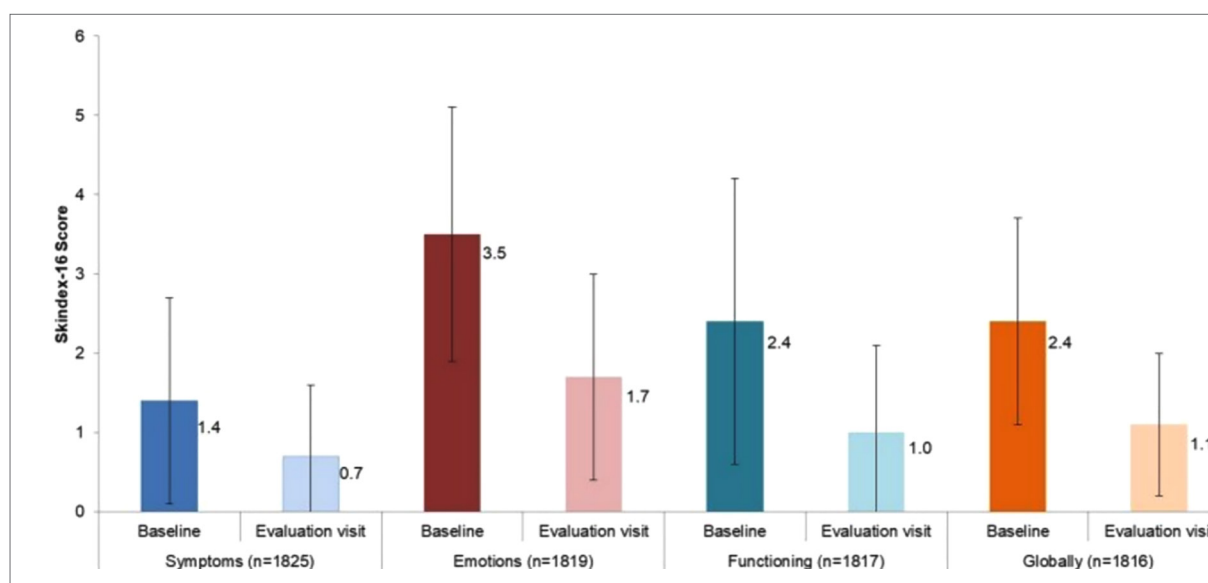


Fig. 1. Skindex-16 assessment before and after four weeks of daily facial application [1]

Supporting these findings, an additional evaluation of the PRO-DERMASIL skincare line among 59 individuals with sensitive, dry, and irritation-prone skin did not reveal any pathological skin reactions — such as increased dryness, erythema, flaking, rashes, or swelling — even with prolonged use. Patch tests [2] confirmed the absence of irritant or sensitizing properties. In a subgroup analysis of 30 women with heightened skin reactivity, a structured regimen incorporating PRO-DERMASIL cleansing gel and lotion led to notable clinical improvements: within just seven days, the prevalence of severe dryness and flaking decreased by 53.3%, reaching reductions of 76.7% and 83.3% by day 14 and 86.7% by day 28. Parallel improvements were observed in erythema, which decreased by 53.4% within the first week and by 80.0% by the study's conclusion.

Quantitative biometric assessments further confirmed the efficacy of the tested formulations. Corneometric analysis demonstrated a steady increase in hydration levels: baseline values of 25.0 units (indicating dehydrated skin) increased to 32.0 units by day 7, 38.5 units by day 14, and 40.5 units by day 28—an overall improvement of 62.0% from the study's start. Sebum levels, initially measured at 2.0 units, reflecting a lipid deficiency, increased tenfold (20.0 units) by the end of the study, indicating a significant barrier-strengthening effect. Epidermal barrier function, as measured by transepidermal water loss (TEWL), also showed substantial improvement, achieving optimal hydration levels within 14 days and maintaining stability through day 28. Additionally, initially elevated erythema index (EI) values (39.0 units) exhibited a sustained reduction of 20.5% over 28 days, aligning with clinical observations of reduced irritation. These test results support the overall conclusion regarding the positive impact of skincare products on study participants.

One of the most frequently overlooked yet crucial aspects of skincare products is their pH level. The natural pH of the skin hovers around 5.0, forming the so-called “acid mantle”—a protective barrier that prevents excessive moisture loss and inhibits the proliferation of harmful microorganisms. However, most commercially available skincare products, including cleansers, soaps, and texturizing agents, typically have an alkaline pH ranging from 7.0 to 8.0. This discrepancy arises due to the inclusion of surfactants, emulsifiers, and humectants, which function optimally at higher pH levels [5]. Unfortunately, such formulations can significantly elevate the skin's pH upon application, leading to a temporary but pronounced disruption of the acid-base balance.

Although short-term fluctuations may seem negligible, repeated or prolonged exposure to products with non-physiological pH levels can impair the skin's ability to restore its natural acidity, exacerbating dysbiosis in the skin microbiome. Recent studies [2, 5, 7] have highlighted the far-reaching consequences of this imbalance. Alkaline-induced pH shifts have been linked to an excessive proliferation of pathogenic bacteria along with a reduction in beneficial commensal microorganisms, ultimately predisposing the skin to inflammatory processes and barrier dysfunction. Moreover, since the skin struggles to restore its pH balance, prolonged exposure to high-pH products can result in chronic microbial dysregulation, further increasing susceptibility to irritation, dryness, and even chronic dermatological conditions.

Recognizing the complex interplay between pH balance and microbial diversity, researchers are now focused on developing skincare products that not only preserve the skin's natural microbiome but actively support it. Such products are described in Table 2.

The development of products that maintain an optimal acidic environment enables the creation of

Table 2

pH Levels of Skincare Products and INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients) [5]

Product	pH Value	INCI
Vitamin C + Activating Liquid	3.6	Vitamin C spheres: ascorbic acid, polyquaternium-10, Simmondsia chinensis (jojoba) seed oil Activating liquid: water, glycerin, 1,5-pentanediol, sodium lactate, Lactobacillus ferment
Resveratrol Concentrate	4.8	Aqua (water), caprylic/capric triglyceride, dimethyl isosorbide, 1,5-pentanediol, Butyrospermum parkii (shea) butter, resveratrol, glycerin, hydroxyethyl acrylate/sodium acryloyldimethyl taurate copolymer, panthenol, sodium hyaluronate, palmitoyl tripeptide-38, ethylene brassylate, hydroxypropyl cyclodextrin, citric acid, polysorbate 60, caprylyl glycol, sorbitan isostearate, 3-hexenol, propanediol, caprylhydroxamic acid
Collagen Mask + Activating Liquid	4.3	Mask: collagen, polyglyceryl-10 laurate Activating liquid: water (aqua), butylene glycol, glycerin, sodium lactate, sodium hyaluronate, Lactobacillus ferment, allantoin, saccharide isomerate, pullulan, Porphyridium cruentum extract, hydroxypropyl methylcellulose, polyglyceryl-10 laurate, 1,5-pentanediol, lactic acid, citric acid, sodium citrate, fragrance
Natural Algae Mask + Activating Liquid	4.3	Mask: algin, cellulose gum, glycerin, calcium sulfate, caprylic/capric triglyceride, citric acid, sorbitol Activating liquid: water, butylene glycol, glycerin, pentylene glycol, Lactobacillus ferment filtrate, sodium chloride, sodium hyaluronate

a favorable habitat for beneficial microorganisms, thereby increasing the skin's resistance to external stressors [3]. Beyond physiological effects, skincare also plays a crucial role in shaping consumer well-being and quality of life [6]. As the cosmetics industry transitions to cosmeceuticals — products that offer both aesthetic and therapeutic benefits — the need for comprehensive evaluation tools is becoming increasingly evident. Several methodologies have been developed to assess the impact of skincare products on human quality of life, encompassing both objective dermatological improvements and the consumer's subjective perception [7].

For example, tools such as the Farage Quality of Life (FQoL™) allow for a multifaceted evaluation, capturing changes in overall well-being, emotional health, and self-perception in response to a skincare regimen. Studies assessing specific skincare interventions have demonstrated tangible benefits beyond surface-level skin improvements, revealing enhancements in hydration, barrier function, and elasticity that persist even after product use is discontinued [4].

These findings collectively support the effectiveness of specialized cosmetic formulations in addressing dermatological conditions, improving both the physical characteristics of the skin and psychological well-being. Given these results, dermatologists should actively recommend corrective cosmetics as part of a comprehensive treatment strategy for patients with disfiguring dermatoses, regardless of gender or age, to enhance both dermatological outcomes and overall quality of life.

Conclusion. Every chemical compound, pH level, and bioactive molecule exerts a profound impact on the intricate ecosystem of the skin. The presented findings clearly demonstrate that the quality of cosmetic products extends far beyond marketing claims, directly influencing the epidermal barrier functions, microbiome resilience, and physiological dynamics of tissue regeneration. The use of dermatologically optimized formulations not only mitigates the adverse effects of aggressive ingredients but also actively contributes to restoring skin homeostasis, minimizing dryness, irritation, and inflammatory reactions.

Furthermore, the psychosocial aspect of skincare confirms the inseparable link between the physiological condition of the dermis and the subjective perception of one's appearance. Corrective cosmetics have been shown to not only conceal imperfections but also actively improve dermatological health, significantly impacting self-esteem and overall quality of life. It is becoming increasingly evident that the future of the industry is closely tied to the development of scientifically grounded, biocompatible, and microbiome-friendly formulations that do not merely enhance aesthetics but also maintain the physiological integrity of the skin at the cellular level. Therefore, future research should focus on gaining a deeper understanding of the biochemical interactions between cosmetic formulations and the skin environment, enabling the development of products that not only refine appearance but also meaningfully improve skin health.

References

1. C Andra., A. Suwalska, Dumitrescu A. M. [et al.] A Corrective Cosmetic Improves the Quality of Life and Skin Quality of Subjects with Facial Blemishes Caused by Skin Disorders. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*. 2020. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/CCID.S240437> (access date: 10.02.2025).
2. Alshehrei, F. M. Microbiological Quality Assessment of Skin and Body care Cosmetics by using Challenge test. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X24000433> (access date: 10.02.2025).
3. Feeding the skin: A new trend in food and cosmetics convergence / C. Faria-Silva, A. Ascenso, A. M. Costa [et al.]. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224419305035> (access date: 10.02.2025).
4. Wargala E., Sławski M., A. Zalewska, Toporowska M. Health Effects of Dyes, Minerals, and Vitamins Used in Cosmetics. *Women*. 2021. URL: <https://www.mdpi.com/2673-4184/1/4/20> (access date: 10.02.2025).
5. Janssens-Böcker C., Doberenz C., Monteiro M., Ferreira M. O. Influence of Cosmetic Skincare Products with pH < 5 on the Skin Microbiome: A Randomized Clinical Evaluation. *Dermatology and Therapy*. 2024. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13555-024-01321-x> (access date: 10.02.2025).
6. Nagae M., Mitsutake T., Sakamoto M. Impact of skin care on body image of aging people: A quasi-randomized pilot trial. *Heliyon*. 2023. URL: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(23\)00437-1](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(23)00437-1) (access date: 10.02.2025).
7. Zhang L., Adique A., P Sarkar. [et al.] The Impact of Routine Skin Care on the Quality of Life. *Cosmetics*. 2020. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9284/7/3/59?uid=42bf899700> (access date: 10.02.2025).

Tesenko Yurii*Founder & Owner of Murmur Studio LLC*

DOI: 10.25313/2520-2057-2025-2-10705

MODERN TEXTILE MATERIALS AND INNOVATIONS IN UNDERWEAR TEXTILES

Summary. The article is devoted to studying the features of modern textile materials and innovations in textiles for underwear. The study's main hypothesis is that using innovative textile materials with special functional properties can significantly increase the comfort, durability, and aesthetic appeal of underwear, which, in turn, will positively affect consumer preferences and demand. The project goal is to identify modern textile materials and technologies used in the manufacture of underwear, as well as to analyze their impact on the comfort and functionality of this type of clothing. Research objectives: to study the existing textile materials used in the manufacture of underwear, to analyze the application of innovative technologies in the textile industry, and to identify promising areas of development of the textile industry in the underwear segment. The results of the study showed that modern underwear is increasingly made from new textile materials such as microfiber, bamboo fiber, Lycra, and innovative synthetic fibers with the addition of components for antibacterial and moisture-wicking protection. And made of sustainable and environmentally friendly materials, which has become an important aspect for the modern consumer. Innovative technologies, such as 3D technologies and electronic fabrics, open new horizons for seamless design and an individual approach to product creation.

Key words: textile materials, underwear, hypoallergenic materials, synthetic fibers, modern technologies, production, comfort, health.

Introduction. With the development of technology and changing consumer preferences, the textile industry is actively looking for innovative solutions that can improve the quality and functionality of underwear. Modern textile materials offer unique properties that allow them to satisfy the requirements of the most demanding consumers.

Materials and research methods. This study used methods of analyzing existing textile materials and technologies. The literature analysis allowed us to study the characteristics of various textile fibers, and their application in the production of underwear, and to identify innovative trends and patents in this area.

Results and discussions. One of the key trends in underwear production is the creation of light weight, weightless materials. This is achieved by using ultra-thin synthetic fibers such as nylon and elastane, which provide excellent stretch and comfort when worn. Lightweight fabrics allow you to create models that are almost not felt on the body, which is especially important for active women. To ensure maximum comfort, especially in the summer months, many underwear manufacturers use moisture-wicking technologies. Special fabrics such as Coolmax and Dryfit wick moisture away from the body, keeping the skin dry and cool. This is especially true for sports underwear, which should not only support but also provide comfort during physical activity [1].

Modern materials also have antibacterial properties, which is especially important for underwear, as this type of clothing is in direct contact with the skin. The use of threads with the addition of silver ions or specialized chemical treatments helps reduce the development of bacteria and unpleasant odors, thereby increasing the service life of products and comfort when worn.

With consumers becoming more environmentally aware, many manufacturers are turning to eco-friendly materials. For example, organic cotton, recycled synthetic fibers, and textiles made from bio-based materials have become extremely popular. Modern technological advances have also led to the emergence of smart underwear. The introduction of wearable technology allows for the creation of models that can track physical activity, heart rate, or even sleep quality. Such innovations provide consumers with the ability to track their health and well-being in real-time [2].

The main requirements for underwear materials include softness, durability, breathability, moisture absorption, and heat retention. Soft fabrics provide comfort when worn, durable materials increase the service life of products, breathability allows the skin to breathe, and hygroscopic materials can absorb moisture and dry quickly, preventing irritation. Cotton is a classic material that has time-tested advantages such as breathability, hygroscopicity, and softness.

Modern technologies have improved the properties of cotton: organic and Supima cotton have appeared, which are more durable and long-lasting. Using cotton in underwear provides comfort when worn and is suitable for sensitive skin.

Modal and lyocell are fibers made from wood pulp. They have excellent moisture absorption and breathability, making them ideal for underwear. Modal is softer and stronger than regular cotton, while lyocell is antibacterial and easy to wash. Not only are these materials comfortable, but they are also more sustainable because they are produced with minimal environmental impact [3].

Synthetic materials such as polyester, elastane, and nylon are widely used in the production of underwear due to their properties. Polyester allows you to create lightweight and quick-drying products, and elastane provides elasticity and support, which is especially important for bras and corsets. However, it is worth noting that high-quality synthetic fibers can be quite elastic and do not lose their property even after repeated washings.

With the growing interest in ecology, biodegradable materials such as plant-based nylon or recycled polyester are emerging. These innovative textures have the same properties as traditional ones but have a significantly lower environmental impact. Using these materials in underwear helps reduce the carbon footprint [4].

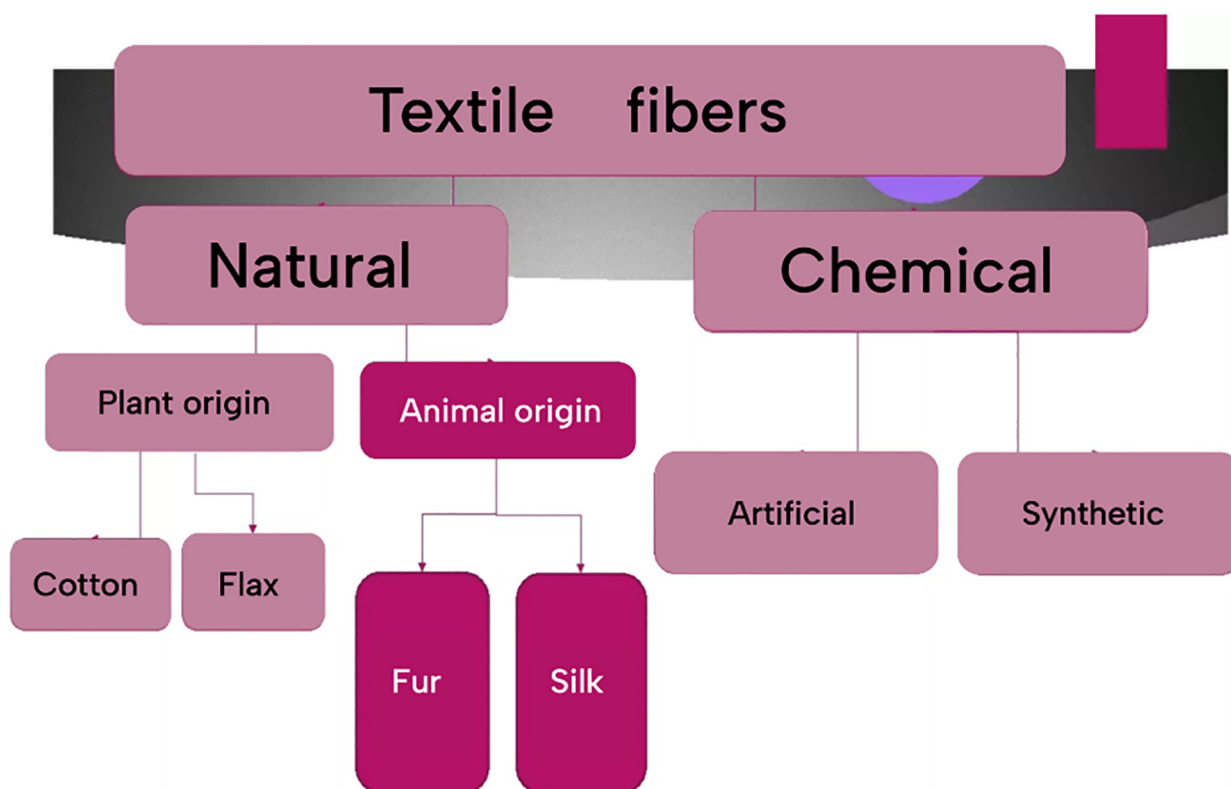
Modern developments also include the use of protein materials obtained from silk or other natural

sources. These materials have unique properties such as softness and thermoregulation. Nanomaterials, in turn, add antibacterial and antifungal properties, which are especially important for underwear.

Organic fabrics, unlike conventional fabrics, are produced without the use of synthetic pesticides, herbicides, and chemical fertilizers. This makes them safer for the skin, especially sensitive areas. People who suffer from allergies or have hypersensitive skin may notice significant improvements when changing their clothes to organic fabrics. The production of organic fabrics is significantly less destructive to the environment. Growing organic cotton, for example, does not require the use of toxic chemicals and helps preserve degraded ecosystems. In addition, growing organic crops usually uses less water, which is especially important in the context of global climate change [5].

Organic fabrics generally have good performance properties. They are stronger and more durable than their synthetic counterparts, allowing them to last longer, and reducing the need for frequent replacement of clothing. High-quality organic fabrics also allow the skin to breathe better, which is especially important for underwear.

However, organic fabrics are generally more expensive. This is due to higher production costs, smaller volumes, and higher quality requirements. For many buyers, price can be a deciding factor when choosing clothing. Although the organic fabric market is constantly evolving, the choice compared to traditional materials is still limited. This can make it difficult



Scheme 1. Types of textiles

to find the right style, color, or texture. Inflexible approaches by manufacturers sometimes limit the variety of models and designs [6].

Some organic fabrics may be less resistant to wear than synthetic ones. For example, organic cotton items may wear out faster, especially if washed frequently. This may cause the garments to deteriorate more quickly. Some organic materials may not provide the same level of UV protection as synthetic fabrics with appropriate additives. This may be an important factor for people who spend a lot of time outdoors.

The relevance of the skin health problem is confirmed by statistics: according to the World Health Organization, up to 50% of the adult population of the world faces skin problems. Skin diseases such as dermatitis, eczema, acne, and others require qualified treatment and careful care. Therefore, doctors and dermatologists are increasingly paying attention to the impact of materials with which the skin comes into contact with its health. One of the important aspects of skin care is the use of antibacterial materials. Antibacterial materials can kill bacteria and prevent their proliferation. This is especially important in cases where there are open wounds, scratches, or inflammations on the skin, which can become a gateway for pathogenic microorganisms. The use of antibacterial materials helps to minimize the likelihood of wound infection and the development of infection [7].

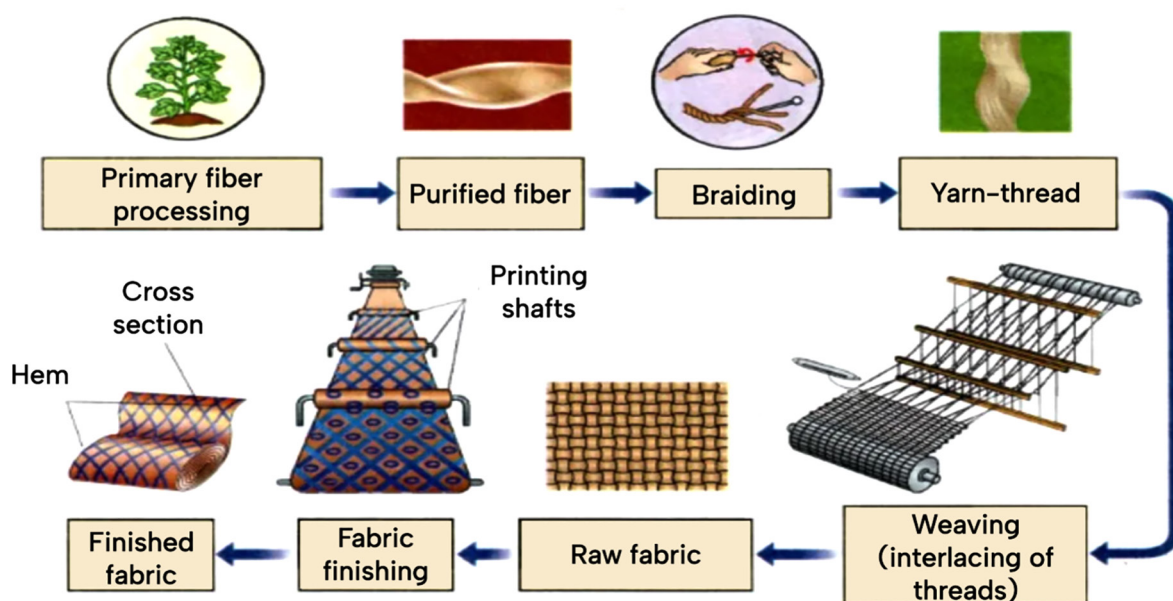
Hypoallergenic materials also play an important role in skincare. Hypoallergenic materials do not cause allergic reactions, which is especially important for people

with sensitive skin. Allergies to certain materials can manifest themselves in the form of skin rashes, itching, redness, and other unpleasant symptoms. Therefore, the use of hypoallergenic materials helps prevent the development of allergic reactions and reduces discomfort on the skin. Modern technologies and scientific developments in the field of materials make it possible to create antibacterial and hypoallergenic materials that meet all quality and safety requirements. For example, in the textile industry, special departments have appeared that are engaged in the creation of fabrics with antibacterial and hypoallergenic properties. These fabrics undergo special processing using innovative technologies that allow preserving the properties of the material throughout its entire service life [8].

Popular materials with antibacterial and hypoallergenic properties are bamboo fiber, organic cotton, medical fabrics, and others. Bamboo fiber is highly absorbent, durable, and has antiseptic properties. Organic cotton has a natural composition and is great for people with sensitive skin. Medical fabrics contain special additives that kill bacteria and prevent infection.

The use of antibacterial and hypoallergenic materials helps reduce the risk of developing skin diseases and allergic reactions. The correct choice of materials for clothing, bed linen, furniture, and other household items helps maintain healthy skin and prevent skin diseases. Therefore, it is important to pay attention to the composition of materials when purchasing goods and choosing products made from antibacterial and hypoallergenic materials [9].

The process of producing fabrics from plant fibers



Scheme 2. Modern technologies in the textile production process

Modern technologies produce fabrics using various antibacterial properties. The most common methods include:

- Silver ion coatings: silver is known for its antibacterial properties. Many manufacturers are starting to use silver ions in the production of underwear, which allows them to significantly reduce the number of bacteria on the surface of the fabric.
- Treatment with special solutions: fabrics can be treated with special chemical compounds that prevent the growth of bacteria. However, it is important to remember that the compounds must be safe and approved for human use.

Hypoallergenic materials also play a key role in reducing the risk of skin diseases. Several approaches have been developed in this direction:

- Use of natural fibers: such as organic cotton, bamboo and linen, which are less prone to skin irritation and do not cause allergies.
- Biodegradable and eco-friendly materials: they are an alternative to traditional synthetic fabrics, which also play a role in reducing allergic reactions.

The production of underwear has undergone significant changes in recent years. Modern consumers increasingly pay attention to the comfort, durability, and sustainability of products. This is due not only to changing consumer habits but also to global environmental challenges and demands for ethical production. Let's consider the main trends in this area [10].

1. Comfort as a priority

Modern brands focus on creating underwear that provides maximum comfort. This is expressed in the use of soft and breathable fabrics such as bamboo, organic cotton, and elastane. Many collections take into account the anatomical features of the figure, which helps to improve the fit and make the underwear more comfortable to wear throughout the day. Trends also include the absence of unnecessary seams and stitches, which minimizes the risk of chafing and discomfort.

2. Durability of materials

With growing interest in ecology and sustainable consumption, manufacturers are focusing on creating products that last. This includes using durable fabrics that can withstand everyday wear and tear, as well as manufacturing methods that help maintain the quality of the product over many washes. Brands are beginning to actively implement technologies that increase the durability of underwear, which helps reduce waste and reduce carbon footprint [11].

3. Sustainable materials and ethical production

The sustainability trend covers the entire production process, from the selection of raw materials to the packaging of finished products. Manufacturers are increasingly using recycled and organic materials, such as recycled polyester and organic cotton. Many companies are switching to zero-waste technologies and actively looking for ways to minimize their impact on the environment. In addition, ethical production is becoming an integral part of brands. Consumers expect transparency in the supply chain and are ready to support those companies that monitor the working conditions of their workers and conduct business without exploitation.

4. Innovation and technology

Technological advances are also influencing the production of underwear. In recent years, interesting solutions have emerged, such as smart underwear with temperature management, moisture absorption, and antimicrobial properties. In addition, 3D printing is beginning to find application in the production of underwear, allowing for customized models and a perfect fit.

5. Increase diversity and inclusion

The modern lingerie market strives to ensure diversity and inclusivity. Brands are expanding their size ranges to meet the needs of a wider range of consumers. As far as possible, creating models that fit different body types, as well as taking into account the various cultural and ethnic characteristics of members of society, is becoming an important aspect in the development of new collections [12].

Conclusions. Thus, trends in the production of underwear indicate that comfort, durability, and sustainability are becoming the main factors determining the choice of the modern consumer. Brands that know how to combine these aspects gain a competitive advantage in the market and find a response from a demanding audience. In the future, we can expect an even greater emphasis on ethical practices and innovation, as well as an increase in choice and customization of products.

The use of antibacterial and hypoallergenic materials is an important trend in modern technology and design. These materials help maintain skin health, reducing the risk of developing various skin diseases and allergic reactions. With the use of modern materials, people can comfortably and safely remain in the modern world, preventing negative consequences for skin and health.

References

1. Nguyen T.L., Aparicio M., Saleh M.A. Detection of suspected carcinogen AZO dyes in textiles using thermogravimetric analysis. *Journal of Environmental Science and Health. Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*. 2021. Vol. 56, No. 8. P. 896–901.
2. Blocher S., Linti C., Jachan D., Metter J., Eberhardt-Fonseca A., Liebeton E., Bartsch V., Gresser G.T. EMG pants for smart textile-based monitoring of the muscle activity in the pelvic floor in physical therapy. *Current Directions in Biomedical Engineering*. 2024. Vol. 10, No. 4. P. 95–98.
3. Mirhosseini M., Afzali M., Molla Hoseini H., Khaleghizadeh S. Evaluation of antimicrobial effects of nisin/chitosan composite on cotton fabric textile. *Avicenna Journal of Clinical Microbiology and Infection*. 2023. Vol. 10, No. 2. Pp. 58–64.
4. Cheng Zh., Wu X., Kuzmichev V., Adolphe D. The influence of major ergonomic factors on the demand for underwear in the highly educated male group. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. No. 19.
5. The best fabrics for underwear. URL: <https://www.cimmino.com/en/the-best-fabrics-for-underwear/> (date of request: 19.02.2025).
6. The Most Common Fabrics Used To Make Underwear And Lingerie: Find Out In This Guide. URL: <https://recovo.co/en/blog/article/the-most-common-fabrics-used-to-make-underwear-and-lingerie-find-out-in-this-guide> (date of request: 19.02.2025).
7. Hong W., Mohd Tajuddin R., Shariff Sh. Design of smart underwear nursing service system to assist elderly walking based on kano model. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*. 2024. Vol. 9, No. SI17. P. 553–561.
8. Huang Yu., Ji X., Zhai L., Ocran F.M. Development and application of temperature-sensing underwear for breast monitoring. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2024. Vol. 36, No. 2. P. 317–337.
9. Nagy Szabó O., Geršák J., Koleszár A., Halász M. Influence of Undergarments on the Comfort Level of Scoliosis Brace Wearers. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/16/17/5925> (date of request: 19.02.2025).
10. Ornaghi H.L., Neves R.M., Monticeli F.M., Agnol L.D. Smart Fabric Textiles: Recent Advances and Challenges. *Textiles*. 2022. No. 2. P. 582–605.
11. Tawara D., Nishiki T., Ninomiya S., Okayama H., Naito K., Morikawa Sh. Development of primary design guidelines for supportive underwear to elevate the bladder neck in women based on finite element analysis of the pelvis. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H. *Journal of Engineering in Medicine*. 2022. Vol. 236, No. 2. P. 269–278.
12. Wang J., Zhang B., Yao X., Shen J., Yuan L., Pan T., Shen D., Li Yu. Single-sided jacquard knit fabric development and seamless ski underwear zoning design based on body mapping sportswear. *Autex Research Journal*. 2023. Vol. 23, No. 4. P. 483–494.

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

Збірник наукових статей

№ 2 (169)

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 28.02.2025. Формат 60×84/8

Папір офсетний. Гарнітура NewCenturySchoolbook.

Умовно-друкованих аркушів 18,14. Тираж 100.

Замовлення № 398. Ціна договірна.

Надруковано з готового оригінал-макету.

Надруковано у видавництві

ТОВ «Центр учбової літератури»

вул. Лаврська, 20, м. Київ

Свідectво про внесення суб'єкта видавничої справи

до державного реєстру видавців, виготівників і

розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 2458 від 30.03.2006 р.