

International Science Group

ISG-KONF.COM

**VII International Scientific and Practical Conference
«Vectors of scientific progress: international
experience and strategic priorities»**

**October 20–23, 2026
Oslo, Norway**

ISBN - 979-8-90671-561-6

DOI – 10.46299/ISG.2026.2.7

VECTORS OF SCIENTIFIC PROGRESS: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND STRATEGIC PRIORITIES

Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference

Oslo, Norway
October 20–23, 2026

UDC 01.1

The VII International scientific and practical conference “Vectors of scientific progress: international experience and strategic priorities” (October 20–23, 2026) Oslo, Norway. International Science Group. 2026. 257 p.

ISBN – 979-8-90671-561-6

DOI – 10.46299/ISG.2026.2.7

EDITORIAL BOARD

<u>Pluzhnik Elena</u>	Professor of the Department of Criminal Law and Criminology Odessa State University of Internal Affairs Candidate of Law, Associate Professor
<u>Liudmyla Polyvana</u>	Department of accounting, Audit and Taxation, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
<u>Mushenyk Iryna</u>	Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Mathematical Disciplines, Informatics and Modeling. Podolsk State Agrarian Technical University
<u>Prudka Liudmyla</u>	Odessa State University of Internal Affairs, Associate Professor of Criminology and Psychology Department
<u>Marchenko Dmytro</u>	PhD, Associate Professor, Lecturer, Deputy Dean on Academic Affairs Faculty of Engineering and Energy
<u>Harchenko Roman</u>	Candidate of Technical Sciences, specialty 05.22.20 - operation and repair of vehicles.
<u>Belei Svitlana</u>	Ph.D., Associate Professor, Department of Economics and Security of Enterprise
<u>Lidiya Parashchuk</u>	PhD in specialty 05.17.11 "Technology of refractory non-metallic materials"
<u>Levon Mariia</u>	Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Scientific direction - morphology of the human digestive system
<u>Hubal Halyna Mykolaivna</u>	Ph.D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING		
1.	Корчак М.М. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ БАГАТОРІЧНИХ ТРАВ	10
AGRONOMY		
2.	Дирда В.О. ТРАНСФОРМАЦІЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ НА ЗАСАДАХ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: СИНЕРГІЯ ОСВІТИ, НАУКИ ТА ВИРОБНИЦТВА	18
3.	Sievidov V. ADAPTIVE TECHNOLOGICAL APPROACHES TO INTENSIFYING CULTIVATED MUSHROOM PRODUCTION	21
ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING		
4.	Salimova A. AN INTEGRATIVE MODEL FOR SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT IN KARABAKH: FROM SMART VILLAGE TO SMART RURAL AREAS	25
5.	Красний Е.К. АДАПТИВНЕ ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ БУДІВЕЛЬ ЯК НАПРЯМ АРХІТЕКТУРНОГО ДИЗАЙНУ В УМОВАХ ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ	33
COMPUTER SCIENCE		
6.	Крест'янінов І.О., Катков Ю.І. ЕКСПОНЕНЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ДЕТЕРМІНОВАНОГО МРС- КОНТУРУ ПАРЕТО–НЕША ЗА ПЕРЕМИКАННЯ ВАГ КРИТЕРІЇВ	37
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING		
7.	Пиріг Я., Оксак С., Лагутін А. ВИКОРИСТАННЯ ГІРАТОРНОГО УЩІЛЬНЮВАЧА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ УЩІЛЬНЮВАНOSTІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ	47

CYBERSECURITY AND INFORMATION PROTECTION		
8.	Sedikov D. MULTI-FACTOR AUTHENTICATION ANALYSIS: EVALUATING PHYSICAL AND BEHAVIORAL BIOMETRIC SECURITY MODELS	51
DENTISTRY		
9.	Korniichuk O. BIOCERAMIC MATERIALS IN MODERN ENDODONTICS: PROPERTIES, CLINICAL APPLICATIONS, AND FUTURE PERSPECTIVES	56
ECOLOGY		
10.	Kharchyshyn V., Adamchuk O., Dmytrevych A., Korol M., Shvayka S. STUDY OF NOISE POLLUTION LEVELS FROM VARIOUS SOURCES	59
11.	Герасимчук О.П. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ	63
12.	Коструба В.Ю., Кучинський В.Ф., Жучик В.Ю., Андросович М.І., Сорока В.В. ЕКОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ	67
13.	Черниш Р.В. МЕТОДИЧНІ КРИТЕРІЇ КАЛЕНДАРНОЇ ПОВНОТИ ТА ЧАСОВОЇ ПІДТРИМКИ ДАНИХ SENTINEL-5P/TROPOMI ДЛЯ МІЖРІЧНОГО ПОРІВНЯННЯ АТМОСФЕРНИХ ІНДИКАТОРІВ	71
EDUCATION		
14.	Moroz V. THE FUNCTIONING OF ANTHROPONYMS IN OSCAR WILDE'S "THE CANTERVILLE GHOST"	77
ELECTRICAL ENGINEERING		
15.	Solomchak O. OPTIMIZATION METHODS FOR PLANNING AND OPERATION OF ENERGY STORAGE SYSTEMS IN ELECTRICAL NETWORKS	80

HISTORY AND ARCHEOLOGY		
16.	Ворон О.П., Ворон О.П., Мельничук Ю.І. КОНФУЦІАНСЬКА ТРАДИЦІЯ ТА РЕФОРМАТОРСЬКИЙ РУХ У КИТАЇ НАПРИКІНЦІ ХІХ СТОЛІТТЯ	85
17.	Черняк С.Г. АРХІВНА СПРАВА В УСРР (1920-1930-Х РР.)	88
HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS AND CATERING		
18.	Kalaitan T., Danchevska I. ANALYTICAL FRAMEWORK FOR SUBSTANTIATING MANAGEMENT DECISIONS AIMED AT INCREASING HOTEL YIELD	92
INFORMATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGIES		
19.	Баглай О.П. СИНХРОННИЙ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ	97
20.	Баглай О.П. УРАХУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ ПІД ЧАС ЛАЗЕРНОГО КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРІЇ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ПРИ МОНТАЖІ	101
INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES		
21.	Kasianchuk A., Lastivka H. QUORUM RESILIENCE OF COLLECTIVE DNN INFERENCE IN UAV SWARM MESH NETWORKS UNDER NODE LOSS AND FRAME ERRORS: AN ANALYTICAL EXTENSION OF THE SWARMNS MODEL	105
22.	Mamenko P., Ben A. ARCHITECTURE OF AN INFORMATION-BASED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SHIP NAVIGATORS CONSIDERING HUMAN FACTOR INFLUENCE	111
23.	Задвірний В.Я., Басюк Т.М. ПРОЄКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПІДБОРУ ТА ФОРМУВАННЯ МУЗИЧНИХ ПЛЕЙЛИСТІВ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ЗОВНІШНІХ МУЗИЧНИХ ПЛАТФОРМ	114

VECTORS OF SCIENTIFIC PROGRESS: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND
STRATEGIC PRIORITIES

24.	Михасюк М.І., Басюк Т.М. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ НАДАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ТА ПІДБОРУ КОСМЕТОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ	117
LAW		
25.	Корня А.В. ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ СПРАВНОСТІ ЦИЛІНДРОВИХ МЕХАНІЗМІВ ЗАМКІВ	121
26.	Песцов Р.Г. ВІСЬКОВА СЛУЖБА, ЯК СПОСІБ НАБУТТЯ ГРОМАДЯНСТВА	126
MANAGEMENT		
27.	Grybyk I., Andrusyk N. IMPROVING THE MANAGEMENT OF ENTERPRISE DEVELOPMENT POTENTIAL COMPONENTS IN THE CONTEXT OF CONTEMPORARY CHALLENGES AND TRANSFORMATION	128
MATHEMATICS		
28.	Гора Є.О., Чиновата З.А. ВІДТВОРЮВАНИЙ АЛГОРИТМ ПЕРЕВІРКИ КУТІВ ТРИКУТНИКА	134
29.	Гора Є.О. ГЕОМЕТРИЧНЕ ПОЯСНЕННЯ ФОРМУЛ МОЛЬВЕЙДЕ У НАВЧАЛЬНОМУ ДОСЛІДЖЕННІ ТРИКУТНИКА	137
30.	Молшылыкова А.Ө., Баяндиев Е.Н. ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ОПЕРАТОРЛАРДЫҢ БІР КЛАСЫНЫҢ РЕЗОЛЬВЕНТАСЫ ТУРАЛЫ	140
MEDICINE		
31.	Baieva O., Batushkin V., Puzanova O., Tymchyk O. CHARACTERISTICS OF THE EPIDEMIC PROCESS OF INFECTIOUS DISEASES DURING NATURAL DISASTERS AND MILITARY CONFLICTS	144
32.	Gai L. THE ROLE OF ULTRASOUND GUIDANCE IN THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF ADHESIVE CAPSULITIS	151

33.	Kostyshyn O., Rudnikov Y., Nastenکو I.A. DILATION AND NARROWING OF THE AORTA IN A TRANSLATIONAL–ROTATIONAL BLOOD FLOW MODEL: WALL SHEAR, ROTATION AND THE ROLE OF WALL ACTIVITY	154
34.	Kurafieieva O., Vesnin V. NEGATIVE PRESSURE WOUND THERAPY IN OPEN EXTREMITY FRACTURES: CONFLICTING EVIDENCE AND CLINICAL IMPLICATIONS	160
35.	Zhunussov A.S., Islamyarova A.R., Amantayeva A.A. THE STUDY OF THE EFFECT OF MUSIC THERAPY ON THE RECOVERY OF PATIENTS AFTER STROKE	162
36.	Боровський Б.М., Боровська К.В. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СУЧАСНІЙ ПРАКТИЦІ ЛІКАРЯ СІМЕЙНОЇ МЕДИЦИНИ	170
37.	Веснін В.В., Фадєєв О.Г., Фісун К.О., Саламін К.О. ПОСТТРАВМАТИЧНИЙ ОСТЕОАРТРОЗ ПІСЛЯ ПЕРЕЛОМІВ ПЛАТО ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ: ФАКТОРИ РИЗИКУ ТА СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ ПРОФІЛАКТИКИ	174
38.	Павлова С.О., Дащук А.М. СУЧАСНІ МЕТОДИ ЛІКУВАННЯ РОЗАЦЕА	178
39.	Пучков В.А., Сюсюка В.Г., Онопченко С.П., Богуславська Н.Ю., Колокот Н.Г. АНТЕНАТАЛЬНА ПРОФІЛАКТИКА РЕСПІРАТОРНОГО ДИСТРЕС-СИНДРОМУ НОВОНАРОДЖЕНИХ	181
40.	Черненко Л.М., Русавська С.О. ОСОБЛИВОСТІ ХАРЧОВОЇ ПОВЕДІНКИ ДІТЕЙ ШКІЛЬНОГО ВІКУ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ПОКАЗНИКАМИ ФІЗИЧНОГО РОЗВИТКУ	185
MINING AND OIL AND GAS TECHNOLOGIES		
41.	Rastsvietaiev V., Yashyn D. ON THE ISSUE OF DEVELOPING A COMBINED METHOD FOR REMOVING PARAFFIN DEPOSITS IN OIL AND GAS PIPELINES	189

OCCUPATIONAL SAFETY		
42.	Ukibayeva U., Tleumbetova N., Kuatbayeva A., Oradova A. FIT TEST AND FIT CHECK AS ESSENTIAL COMPONENTS OF A RESPIRATORY PROTECTION PROGRAM FOR MEDICAL LABORATORY WORKERS	196
PHILOLOGY		
43.	Максим'юк О.В. ПІДМЕТИ-СЛОВОСПОЛУЧЕННЯ В УКРАЇНСЬКОМУ ХУДОЖНЬОМУ ДИСКУРСІ	205
PSYCHOLOGY		
44.	Lebediev Y. DIGITAL TOOLS FOR DEVELOPING EMOTIONAL AWARENESS IN PSYCHOLOGICAL SUPPORT: POSSIBILITIES FOR APPLYING THE ELHM METHOD	208
45.	Іванов В.В., Крижановська А.О. ПСИХІЧНІ МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ ОСОБИСТОСТІ В УМОВАХ АГРЕСИВНОЇ ВІЙНИ	214
46.	Агапов А.В. ТОЛЕРАНТНІСТЬ ДО НЕВИЗНАЧЕНОСТІ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ПСИХОЛОГІВ	217
47.	Заверуха О.Я. СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ РОЗВИТКУ ПРОФЕСІЙНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ МОЛОДІ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА	221
48.	Король А.О., Тарасова В.В. ЕФЕКТ ХИБНОЇ ПАМ'ЯТІ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ПАРАДИГМА ДІЗА-РЬОДІГЕРА- МАКДЕРМОТТ	226
49.	Михайленко Є.О. ВПЛИВ ПАРАЛІНГВІСТИЧНИХ МАРКЕРІВ ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ НА СПРИЙНЯТТЯ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ СПІВРОЗМОВНИКА (ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ)	229
50.	Прощенко Д.Д. ОСОБЛИВОСТІ ВІДКЛАДЕНОГО ВІДТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У СТУДЕНТІВ ІЗ РІЗНИМ РІВНЕМ СТРЕСОСТІЙКОСТІ: ТЕОРЕТИЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	232

SOFTWARE ENGINEERING		
51.	Мещеряков О.А. АДАПТИВНЕ ПЛАНУВАННЯ УМОВНОГО ШУМОЗАГЛУШЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ІНТЕНСИВНОСТІ ВХІДНОГО ПОТОКУ	237
TOURISM AND RECREATION		
52.	Buntova N., Kovbaska D. RURAL GREEN TOURISM AS A TOOL FOR COMMUNITY DEVELOPMENT	241
TRANSPORT		
53.	Chupaylenko O., Kozlov A., Radchenko V. DEVELOPMENT OF CUSTOMS CONTROL IN UKRAINE THROUGH THE DIGITALIZATION OF CUSTOMS TECHNOLOGIES	244
54.	Скрябін В.В. ПІДВИЩЕННЯ РИЗИКОСТІЙКОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДОСТАВКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ЛОГІСТИЧНИХ ХАБІВ	250

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ БАГАТОРІЧНИХ ТРАВ

Корчак Микола Миколайович

к.т.н., доцент

Заклад вищої освіти “Подільський державний університет”

Важливе значення серед польових культур, що вирощуються на корм, займають багаторічні трави. Тривалий період вегетації багаторічних трав дає можливість забезпечувати зеленим кормом тварини з весни до глибокої осені, використовувати їх для виробництва сіна, сінажу, силосу, брикетів, гранул, а також в якості пасовищних культур [1, 2].

Зелена маса і сіно багаторічних трав характеризується високими кормовими якостями, містять багато вітамінів, фосфору, кальцію, що має також важливе значення для годівлі тварин. Брикети і гранули за поживністю не поступаються зерну вівса. Крім того, багаторічні трави запобігають вітровій і водній ерозії ґрунтів, зменшують вимивання поживних речовин за межі кореневмісного шару ґрунту, сприяють накопиченню гумусу в ґрунті, який покращує його фізико-хімічні властивості [3].

Багаторічні трави родини бобових збагачують ґрунт азотом, залишаючи його після себе на кожному гектарі до 150-300 кг, що сприяє підвищенню урожайності наступних культур протягом трьох років.

З багаторічних бобових трав в Україні найбільш поширеними є конюшина, люцерна, еспарцет, буркун, а із злакових – костриця лучна, тимофіївка лучна, стоколос безостий, житняк та ін. Високу продуктивність мають як чисті посіви багаторічних трав, так і бобово-злакові сумішки.

Багаторічні трави в сівозміні розміщують на чистих від бур'янів ділянках після кукурудзи, озимої пшениці, яка вирощувалася по чорному пару. Найвищі врожаї насіння дають літні чисті безпокровні посіви, що вирощуються по чорному пару. Не бажано розміщувати насінники трав після цукрових та кормових буряків і соняшнику, які висушують ґрунт на значну глибину [3].

Під насінні ділянки люцерни, конюшини та еспарцету можна відводити площі як в польових і кормових сівозмінах, так і поза сівозмінами. Насінники злакових трав слід закладати лише на запільних землях, бо злакові трави ростуть на одному місці до п'яти-восьми й більше років.

Насінники бобових трав не рекомендується розміщувати поряд з посівами трав минулих років, бо це призводить до ураження їх шкідниками, які переходять із старих посівів. При недотриманні цієї вимоги врожай насіння трав значно знижується, а при інтенсивному розмноженні шкідників – повністю гине. Бажано також, щоб поблизу насінників бобових трав у лісосмугах не було жовтої акації, шкідники якої уражують і насінники цих трав.

Насінники багаторічних злакових трав, насіння з яких буде використовуватися для польового травосіяння, слід розміщувати на полях, а

насінники, з яких посівний матеріал буде використовуватись для лучного травосіяння – на луках.

Основний обробіток ґрунту. Систему основного обробітку ґрунту під насінники багаторічних трав визначає в основному спосіб їх сівби. Якщо насінники закладаються під покрив, то основний обробіток площ має відповідати вимогам агротехніки покривної культури [3].

Слід відмітити, що після стерньових попередників для очищення поля від бур'янів, а також збереження і нагромадження в ґрунті вологи проводять дворазове лушення стерні. Перше лушення проводять слідом за збиранням зернових дисковими луцильниками на глибину 8-10 см з одночасним боронуванням або коткуванням поверхні. Через два-три тижні, коли на площі з'являться сходи падалиці і однорічних бур'янів, а коренепаросткові бур'яни викинуть розетки, лушать повторно лемішними луцильниками на глибину 10-12 см. А через два-три тижні, коли знову з'являться розетки коренепаросткових бур'янів, поле орють плугами з передплужниками на глибину 28-30 см.

Після збирання кукурудзи поле дискують у два-три сліди на глибину 5-7 см, а потім відразу ж орють на зяб на глибину до 30 см, що сприяє кращому загортанню і перегниванню післяжнивних решток.

Обов'язковим агрозаходом на полях, відведених під насінники багаторічних трав, є снігозатримання.

Передпосівний обробіток ґрунту залежить від його стану та строків і способів сівби трав. Щоб забезпечити дружні та своєчасні сходи, ґрунт повинен бути вологим, добре розробленим та мати вирівняну поверхню. При весняній безпокровній сівбі трав поверхню поля ретельно вирівнюють за допомогою шлейф-волокуш в агрегаті з бородами і відразу ж після закриття вологи приступають до культивування зябу на глибину 4-5 см [3].

При висіві трав під покрив передпосівний обробіток ґрунту повинен відповідати вимогам агротехніки покривної культури. Цим вимогам повинна відповідати і передпосівна культивування. А щоб створити кращі умови для росту трав залежно від стану ґрунту проводять допосівне або післяпосівне коткування посівів. Якщо за першим проходом сівалки висівають покривну культуру, а за другим – траву, то поле коткують перед сівбою трави.

При закладанні чистих безпокровних насінників трав по пару влітку передпосівну культивування проводять на глибину 4-5 см. При цьому бажано внести гербіциди такі, як ептам 6Е, 72% к.е. (4-6 л/га), трефлан, 24% к.е. (3-4 л/га), ерадікан, 72% к.е. (5-6 л/га).

Якщо ґрунт недостатньо вологий, обов'язковим агрозаходом, незалежно від строку висіву трав, має бути дворазове до – і післяпосівне коткування посівів, яке проводять кільчасто-шпоровими або легкими котками. Це істотно підвищує енергію проростання та польову схожість насіння трав.

Внесення добрив. Площі під насінники всіх багаторічних трав, за винятком еспарцету, удобрюють. Органічні добрива найкраще вносити під попередники трав в кількості 20-30 т/га [3].

Якщо планують сіяти бобові трави без покриву весною, то під зяб вносять

по 150-200 кг/га суперфосфату і по 80-100 кг/га калійної солі. Під злакові трави, крім фосфорно-калійних добрив, під оранку вносять ще по 150-200 кг/га сульфату амонію.

При закладанні насінників трав влітку на чорному пару мінеральні добрива слід внести під передпосівну культивуацію.

Якщо багаторічні трави сіють під покрив, то ґрунт не удобрюють, бо покривні культури будуть посилено розвиватися і дуже пригнічувати трави.

Підготовка насіння до сівби. Для сівби на насіннєвих ділянках використовують насіння багаторічних трав, посівні якості якого відповідають вимогам чинних нормативних документів.

У зв'язку з тим, що насіння стоколосу безостого плівчасте, подовжене, сплюснене й малотекуче, воно погано висівається звичайними зерновими сівалками. Тому перед сівбою для поліпшення сипучості його перепускають через конюшинну чи овочеву тертку.

Однією з біологічних особливостей бобових трав, зокрема люцерни, є наявність в їх посівному матеріалі значної кількості так званого "твердого" насіння (іноді до 30-50%) з непроникливими для води і повітря оболонками.

Потрапивши в ґрунт, таке насіння навіть при надмірному зволоженні відразу не проростає і може так лежати кілька років, а потім дати сходи і засмітити поле. Щоб запобігти цьому, бажано насіння бобових трав скарифікувати, тобто механічним способом порушити на ньому оболонки. Роблять це шляхом дво-триразового перепускання насіння через конюшинну тертку, не допускаючи його подрібнення. Найкраще проводити скарифікацію на спеціальних машинах – скарифікаторах. Цей агрозахід підвищує польову схожість насіння до 90-95% [3].

За 2-3 тижні до сівби насіння багаторічних трав протруюють: люцерну, еспарцет та конюшину бенлатом, 50% з.п. (3 кг/т), а кострицю лучну та стоколос безостий – фундазолом, з.п. (3-4 кг/т).

В день сівби насіння бобових трав згідно інструкції обробляють спеціальними штамами азотфіксуючих бактерій. Нітрагінізоване насіння не повинно потрапляти під пряме сонячне проміння, яке згубно діє на бактерії.

У зв'язку з тим, що норми висіву люцерни та конюшини низькі, а насіння їх дуже дрібне, то для рівномірного висіву його перед сівбою рекомендується змішати з баластом. Добрим баластом служить прожарена просяна луска або тирса чи подрібнений торф, яких за обсягом беруть у два-три рази більше, ніж насіння трав.

Способи й строки сівби. Насінники багаторічних трав у господарствах можна закладати як суцільним підпокровним, так і широкорядним безпокровним способами.

Проте відомо, що посіви трав завжди виходять з-під покриву ослабленими та з дуже зрідженим травостоєм. Покривні культури, утворюючи добре розвинену вегетативну масу, затіняють слабкі молоді рослини трав, споживають більшу частину вологи та поживних речовин. Тому трави після зняття покриву витрачають багато часу на те, щоб "одужати". Через це вони дають низькі врожаї насіння на другий та наступні роки життя. Тому головним способом сівби трав

на насіння має стати літній широкорядний (з міжряддями 45 см) або безпокровний суцільний по чорному пару. Перевагу слід віддавати широкорядним посівам, з яких при меншому висіві насіння на одиницю площі одержують вищі врожаї. Тільки насінники еспарцету найкраще закладати суцільним способом.

Якщо в господарстві закладають насінники трав під покрив таких ярих культур, як яра пшениця, ячмінь або ранньостиглий горох, то сівбу їх слід провести якомога раніше суцільним способом. Щоб послабити пригнічення трав, норму висіву покривних культур зменшують на 20-30%, а збирають їх якомога раніше.

Сіють трави і під покрив проса та кукурудзи на добре очищеному від бур'янів полі в найбільш ранні оптимальні строки, коли середньодобова температура ґрунту на глибині загортання насіння покривних культур буде становити 10-12°C. Слід особливо підкреслити перевагу посіву трав під покрив проса та кукурудзи перед ранніми колосовими культурами. Повільно розвиваючись на початку росту, названі пізні культури менше пригнічують трави, ніж зернові колосові [3].

Сівбу трав на насіннєвих ділянках найкраще проводити зерно-трав'яними сівалками СЗТ-3,6, СУТ-4, СУТК-47, які висівають насіння покривної культури і багаторічних трав за один прохід сівалки.

При відсутності зернотрав'яних сівалок використовують зернові сівалки СЗ-3,6, СЗ-5,4. Причому спочатку висівають покривну культуру, а після коткування площі, впоперек рядків сіють траву. Для закладання широкорядних (45 см) підпокровних та безпокровних насінників найкраще використовувати овочеві сівалки СО-4,2, СКОН-4,2.

При закладанні чистих безпокровних насінників трав по чорному пару сіють їх у третій декаді липня – першій декаді серпня, краще – після дощів.

Якщо при настанні оптимальних строків стоїть велика спека (35-40°C), то сіяти трави не слід, бо проростки можуть загинути в ґрунті, навіть не вийшовши на поверхню.

Ранні літні посіви малоефективні. Це особливо стосується злакових трав, які при цьому дуже пошкоджуються стебловими хлібними блішками та шведською мухою.

Слід відмітити, що під час сівби дрібного насіння бобових трав з баластом або в суміші з просом його весь час слід перемішувати, щоб воно висівалося рівномірно й не осідало на дно ящика сівалки.

При визначенні норм висіву багаторічних трав слід враховувати, що польова схожість насіння становить всього лише 40-50% від лабораторної. Але не всі рослини, що сходять, зберігаються до кінця вегетації. В перший рік життя близько 35-40% з них гине від несприятливих погодних умов, захворювань та шкідників. На другий рік їх залишається на полі не більше 25-35% від загальної кількості висіяного насіння. Тому треба робити страхову надбавку до розрахункової норми висіву для загущення травостою.

При широкорядній сівбі найдоцільнішою орієнтовною нормою висіву є така: стоколос безостий 10-12 кг/га, тимофіївка лучна 4-5, костриця лучна 8-10, грястиця збірна 8-9, люцерна 6-7, конюшина 5-6 кг/га, при рядковій сівбі – стоколос безостий 18-20 кг/га, тимофіївка 10-12, костриця лучна 16-18, грястиця збірна 15-16 кг/га. Для суцільних посівів насінників люцерни в перший рік використання найкращою густотою травостою буде 60-75 рослин на 1 м², а конюшини – не більше 95-115 рослин.

Насінники еспарцету виділяють на звичайних посівах. Висівають звичайним рядковим і широкорядним способом з міжряддями 45-70 см. Норма висіву при звичайному рядковому способі 100-120 кг/га, а при широкорядному – 60-80 кг/га. На звичайному рядковому посіві догляд за насінниками еспарцету такий, як і на кормовому. На широкорядних посівах застосовують міжрядні розпушування. На широкорядних посівах злакових трав найвищі врожаї насіння одержують, коли густина сходів дорівнює 50-60 рослинам на погонному метрі.

Оптимальною глибиною загортання насіння люцерни, конюшини червоної та костриці лучної на важких і добре зволжених ґрунтах є 2-3 см, а при посушливих умовах та при літній сівбі по пару – до 4 см; стоколосу безостого та еспарцету – 3-4 см, а при посушливих умовах – до 5 см [3].

Догляд за насінниками трав. Дуже важливим періодом в рості одновидових насінників трав, закладених на пару, є період від появи сходів до розгалуження стебел бобових трав та до куціння злакових.

Ґрунтову кірку знищують ротаційними мотиками або кільчасто-шпоровими котками. Бур'яни знищують на посівах трав за допомогою обробітки міжрядь, застосування гербіцидів. Першу культивуацію міжрядь (шарування) проводять при означенні рядків, другу – через 15-20 днів після першої, а надалі – в залежності від стану поля.

Покривні культури скошують не нижче 18-20 см. Зібрану масу покривних культур відразу вивозять з поля.

Випасання худоби на травах першого року життя суворо заборонено. Після витоптування тваринами слабкі рослини під час перезимівлі гинуть.

Бобові трави, за винятком еспарцету, після збирання покривних культур підживлюють добривами з розрахунку 100-150 кг/га суперфосфату та 70-100 кг/га калійної солі. На посіви злакових трав, крім фосфорно-калійних добрив, вносять ще й аміачну селітру по 90-100 кг/га. Після підживлення трави краще відростають та перезимовують.

Якщо посіви трав в перший рік життя утворюють надмірну вегетативну масу (висотою більше 40 см), такі посіви підкошують не пізніше, ніж за місяць до припинення вегетації. Висота їх зрізу не нижче 12 см.

В зимовий період на насінниках обов'язково проводять снігозатримання. Насінники другого і наступних років життя рано навесні та одразу після кожного укусу боронують важкими боронами в один-два сліди.

На широкорядних посівах трав слідом за ранньовесняним боронуванням міжряддя розпушують на глибину 8-10 см. Протягом літа на таких посівах

проводять не менше двох-трьох міжрядних обробітків. Міжряддя слід розпушувати і після кожного збирання врожаю.

На суцільних посівах та в рядках широкорядних посівів трав протягом травня – червня ретельно виконують бур'яни і проводять видові та сортові прополки.

До насінників бобових трав для кращого їх запилення підвозять бджіл з розрахунку 3-6 вуликів на гектар посіву. Щоб бджоли охочіше відвідували насінники люцерни та конюшини, вранці їх підгодовують цукровим сиропом, настояним на квітах цих трав.

Добрі наслідки дає також додаткове штучне запилення костриці лучної (до 7-8 години ранку) та стоколосу безостого (з 15 до 17 години дня) шляхом протягування вірьовок.

У період вегетації насінники трав старанно обстежують на заселеність шкідниками (особливо бобових), на забур'яненість тощо.

Залежно від стану посівів на насіння можна використовувати перший укіс бобових трав, проміжний (скошування на початку бутонізації) і другий (скошування на початку цвітіння). В той же час слід пам'ятати, що еспарцет та злакові трави збирають на насіння тільки в перший укіс.

Найвищі врожаї насіння бобові трави дають на другий рік життя, а злакові – на третій-четвертий.

Насінники бобових трав уражує чимало шкідників – бульбочкові довгоносики-ситони, піщаний мідляк, сірий довгоносик, гусениці лучного метелика, совки-гами та люцернової совки, клопи, листовий люцерновий довгоносик (фітономус), насіннеїд-тихіус, товстонижка, різні види попелиць, конюшинний довгоносик-апійон, еспарцетовий зерноїд, бруньковий апійон та ін.

Злакові трави найчастіше пошкоджують гессенська та шведська мушки, галиця та стоколосовий комарик.

Для боротьби з шкідниками слід застосовувати профілактичні заходи та хімічні засоби (актеллік 500ЕС – 1,0-1,5 л/га, базудин, 600 EW – 2,0-3,0 л/га, БІ-58, новий 0,5-1,0 л/га, дурсбан 480, 1,5 л/га та ін.).

Збирання насінників трав. При запізненні із збиранням насінників бобових трав на 5-6 днів втрати врожаю досягають понад 50%, а насіння злакових трав може повністю осипатись. Ось чому в період досягання насінників трав за ними встановлюють щоденний ретельний нагляд [3].

Збирати трави можна прямим комбайнуванням СК-5 "Нива" з пристроями ПСТ 54-108А або СКС-5 та Дон-1500 з пристроєм ПС-10 після попередньої десикації, роздільним способом, і так званим способом двофазного комбайнування. При всіх способах збирання насіння багаторічних трав, особливо люцерни і конюшини, вживають всіх можливих заходів щодо правильного регулювання комбайнів та їх герметизації.

Десикацію насінників люцерни і конюшини при прямому комбайнуванні та їх скошування у валки при роздільному збиранні проводять при побурінні 75-80% головок чи бобів. Початок роздільного збирання еспарцету визначається за побурінням бобів на нижній третині китиць.

Підбирати валки трав починають тоді, коли рослинна маса достатньо підсохне, а насіння має вологість, яка дозволяє зберігати його без додаткового просушування. Слід пам'ятати, що тривале перебування валків на полі призводить до осипання достиглого насіння.

Загальні ознаки достигання насінників злакових трав такі: якщо волоть легенько вдарити або стиснути в руці – на долоні залишається невелика кількість стиглого насіння. У костриці лучної, крім того, волоті жовтіють, хоч стебла можуть ще не втратити зеленого забарвлення. Стоколос безостий перед достиганням втрачає характерне для нього фіолетове забарвлення, волоті темніють, стають однобічними пониклими й бурими. Ярус побурілих волотей з пожовтілими під ними стеблами різко відрізняється від зеленого ярусу вегетативної маси. Насінники злакових трав збирають головним чином способом прямого комбайнування, приступаючи до цієї роботи на початку повної стиглості насіння пряме комбайнування злакових трав проводять на високому зрізі.

Стерню скошують на сіно не раніш, як через 15-20 днів після збирання насіння. Такий агрозахід у поєднанні з підживленням посівів сприяє підвищенню їх насінневої продуктивності в наступному році.

Насіння всіх трав з-під комбайна, що має, як правило, підвищену вологість, відразу ж після перевезення на тік розсипають тонким шаром під навісами або проти сонця, безперервно перелопачують і доводять до сухого стану. Залишати його у ворохах навіть на кілька годин не слід, бо воно швидко зігрівається й втрачає схожість.

Висновки. Отже, для правильного вирощування багаторічних трав потрібно дотримуватися агротехнічних вимог та враховувати особливості їх вирощування [4-12].

Список літератури

1. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник / С.М. Каленська, Л.М. Єрмакова, В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, М.І. Поліщук. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 448 с.
2. Павліський В.М., Нагірний Ю.П., Мельник І.І. Проектування технологічних систем рослинництва. Тернопіль: Збруч, 2003. 262 с.
3. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія /Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін.: за ред. Л.М. Тіщенка. Харк. нац. техн. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2015. 273 с.
4. Victor Sheichenko, Ihor Marynchenko, Ihor Dudnikov, and Mykola Korchak. (2019). Development of technology for the hemp stalks preparation / Independent Journal of Management and Production // State agrarian and engineering university in Podilia. V. 10, № 7, pp. 687 – 701. (ISSN: 2236-269X).
<http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/913>
5. M. Korchak, S. Yermakov, V. Maisus, S. Oleksiyko, V. Pukas and I. Zavadskaya. Problems of field contamination when growing energy corn as

monoculture. E3S Web of Conferences. Krynica, Poland. 6th International Conference – Renewable Energy Sources. Volume 154 (2020). (ISSN: 2267-1242).

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401009>

6. Mykola Korchak, Serhii Yermakov, Taras Hutsol, Lesya Burko, and Weronika Tulej. Features of weediness of the field by root residues of corn // Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Rezekne, Latvia (2021), Volume 1, pp. 122 – 126. <https://doi.org/10.17770/etr2021vol1.6541>

7. Korchak, M., Bliznjuk, O., Nekrasov, S., Gavrish, T., Petrova, O., Shevchuk, N., Strikha, L., Kostyrkin, O., Semenov, E., and Saveliev, D. (2022). Development of rational technology for sodium glyceroxide obtaining. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Volume 5, № 6 (119), pp. 15 – 21.

<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265087>

8. Korchak, M., Bragin, O., Petrova, O., Shevchuk, N., Strikha, L., Stankevych, S., Svishchova, Ya., Khimenko, N., Filenko, O., and Petukhova, O. (2022). Development of transesterification model for safe technology of chemical modification of oxidized fats. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Volume 6, № 6 (120), pp. 8 – 13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266931>

9. Yermakov S., Korchak M., Duhanets V., Pukas V., and Vusatyi M. (2024). Rationale for the combined cultivator design for cultivating soil littered with plant remains of rough-stemmed crops. Environment. Technology. Resources. 15th International Scientific and Practical Conference. June 27-28, 2024, "Vasil Levski" National Military University, Veliko Tarnovo, Bulgaria.

<https://doi.org/10.17770/etr2024vol1.7959>

10. Mykola Korchak, Anatolii Shostia, Svitlana Usenko, Liudmyla Floka, Nadiia Hniti, Liubov Morozova, Vita Glavatchuk, Larysa Marushko, Serhii Nekrasov, and Roman Mylostyvyi. (2024). Determination of rational parameters of chemical transesterification technology of sunflower oil. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Technology organic and inorganic substances, Volume 5, № 6(131), pp. 26 – 33. ISSN 1729-3774.

<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313095>

11. C. Lu, S. Shevchenko, V. Geichuk, M. Korchak, and A. Topalov. (2024). Research on Improving Seals to Suppress Vibration of Rotary Machines”, C. R. Acad. Bulg. Sci., Vol. 77, no. 6, pp. 881–891, Jun. 2024.

<https://doi.org/10.7546/CRABS.2024.06.11>

12. W. Hui, S. Shevchenko, M. Korchak, A. Lesko, A. Monakhov, Yu. Halynkin, and O. Gerasin. (2025). A Study of Mechanical Seal Rings Thermal and Force Deformations in Energy Rotor Machines. C. R. Acad. Bulg. Sci., vol. 78, no. 1, pp. 109–118, Jan. 2025. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2025.01.13>

ТРАНСФОРМАЦІЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ НА ЗАСАДАХ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: СИНЕРГІЯ ОСВІТИ, НАУКИ ТА ВИРОБНИЦТВА

Дирда Вікторія Олександрівна,

асистент,

кафедри інформаційних технологій, вищої математики та фізики
Білоцерківського національного університету, Україна

У тезах досліджено процеси екологічної та енергетичної трансформації аграрного сектору на основі впровадження відновлюваних джерел енергії. Проаналізовано роль синергетичної взаємодії екологічної освіти, прикладної науки та реального виробництва АПК.

Ключові слова: альтернативна енергетика в АПК, сталий розвиток сільського господарства, виробництво біогазу з біомаси, агровольтаїка, інтеграція освіти, науки та виробництва, декарбонізація агробізнесу.

Сучасний агропромисловий комплекс (АПК) України перебуває на етапі глибокої технологічної та структурної трансформації. Традиційне ведення сільського господарства, що повністю базується на використанні викопного палива, в сучасних реаліях стає економічно обтяжливим, енергетично залежним та екологічно небезпечним. В умовах глобальних кліматичних змін та перманентної нестабільності світових і внутрішніх енергетичних ринків особливої ваги набуває перехід АПК на відновлювані джерела енергії (ВДЕ). Аграрний сектор володіє колосальним потенціалом для розвитку альтернативної енергетики: від переробки біомаси до встановлення сонячних та вітрових станцій на непридатних для землеробства ділянках. Проте реалізація цього потенціалу неможлива без чіткої взаємодії трьох ключових ланок: екологічної освіти, прикладної науки та прогресивного виробництва. Сьогодні вітчизняні та світові дослідницькі інститути зосереджені на кількох проривних напрямках. По-перше, біоенергетична утилізація відходів. Наукові розробки доводять, що солома, лушпиння соняшника, гній тваринницьких комплексів є ціннішою сировиною, ніж просто відходи. Створення вискоєфективних біогазових установок нового покоління дозволяє не лише отримувати метан та електроенергію, а й виробляти високоякісні органічні добрива (дигестат), які здатні повністю замінити дорогі мінеральні аналоги. По-друге, агровольтаїка (*Agrivoltaics*) [5]. Це новий науково-практичний напрям, що передбачає спільне використання однієї земельної ділянки для розміщення сонячних панелей та вирощування сільськогосподарських культур [3]. Наукові дослідження підтверджують, що затінення від панелей знижує випаровування вологи з ґрунту, захищає рослини від теплового стресу та підвищує врожайність окремих культур. І, по-третє, вирощування енергетичних культур. Селекційна наука активно працює над виведенням нових сортів швидкоростучих рослин (енергетична верба, міскантус,

тополя) для вирощування на деградованих та малородючих ґрунтах, що дозволяє рекультивувати землі та отримувати дешеве тверде біопаливо.

Освітній вектор розвивається в напрямках оновлення освітніх програм. Впровадження спеціалізованих курсів: «Біоенергетичні системи в АПК», «Екологічний менеджмент агропідприємств», «Проектування об'єктів альтернативної енергетики». Запроваджують дуальну освіту. Студенти мають проходити тривалу практичну підготовку безпосередньо на сучасних підприємствах, які вже використовують ВДЕ (наприклад, на біогазових заводах чи сонячних електростанціях). Та, насамперед, треба формувати еко-мислення. Освіта повинна виховувати у майбутніх лідерів агробізнесу розуміння того, що екологізація — це не фінансові збитки, а довгострокова інвестиція та підвищення конкурентоспроможності на міжнародних ринках.

Для оцінки економічної та екологічної доцільності впровадження альтернативної енергетики у виробництво доцільно провести розрахунок біоенергетичного потенціалу відходів умовного середнього фермерського господарства з поголів'ям 500 голів великої рогатої худоби (ВРХ):

добовий обсяг біомаси при середньому виході гною $m = 55$ кг на добу з однієї тварини становить: $500 \times 55 \text{ кг} = 27500 \text{ кг/добу} = 27,5 \text{ т/добу}$. Річний обсяг сировини дорівнює: $27,5 \text{ т} \times 365 \text{ днів} = 10037,5 \text{ т/рік}$. Річний вихід біогазу при питомому виході біогазу з 1 тонни свіжого гною становить: $10037,5 \text{ т/рік} \times 45 \text{ м}^3/\text{т} = 451687,5 \text{ м}^3/\text{рік}$.

Генерація енергії (когенерація) за умов середнього вмісту метану у біогазі на рівні 60% його теплотворна здатність становить $Q = 6 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$. Таким чином, загальний річний енергетичний потенціал дорівнює: $451687,5 \text{ м}^3 \times 6 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3 = 2710\,125 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}$.

Використання когенераційної установки (електричний ККД = 38%, тепловий ККД = 42%) забезпечує отримання: $1\,029\,847,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}$ електричної енергії та $1\,138\,252,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}$ теплової енергії.

Практичний досвід передових агрохолдингів та фермерських господарств демонструє такі успішні проекти, як енергетична автономія, заміщення природного газу та циркулярна економіка на практиці[2].

Дуже важливим є механізм інтегрування освіти, науки та виробництва. По-перше, це створення агробіоенергетичних кластерів, які об'єднують профільні університети, науково-дослідні інститути та агробізнес для спільного фінансування прикладних досліджень. По-друге, це комерціалізація наукових стартапів студентів та молодих вчених через бізнес-інкубатори за підтримки грантових програм та приватних інвесторів. По-третє, це створення на базі університетів демонстраційних майданчиків та центрів трансферу технологій[4]. Наукові інновації створюють технологічну базу, екологічна освіта забезпечує кваліфікований людський капітал, а агровиробництво виступає драйвером практичних змін. Державна політика має активно стимулювати цей трикутник взаємодії через податкові преференції для аграріїв, грантову підтримку наукових розробок та фінансування освітніх еко-програм. Лише такий

комплексний підхід дозволить досягти енергетичної незалежності АПК, знизити антропогенне навантаження на довкілля та забезпечити продовольчу безпеку.

Список літератури

- [1] Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20 лют. 2003 р. № 555-IV. URL: rada.gov.ua (дата звернення: 01.09.2026).
- [2] Калетнік Г. М. Розвиток альтернативних джерел енергії як фактор забезпечення енергетичної та екологічної безпеки АПК. *Економіка АПК*. 2022. № 4. С. 12–21.4.
- [3] Інноваційні технології в агровольтаїці та біоенергетиці : монографія / за ред. М. В. Пришляка. Київ : Аграрна наука, 2024. 280 с.
- [4] Шкурба К. А., Коваленко О. В. Інтеграція освіти, науки та «зеленого» бізнесу в умовах сталого розвитку. *Екологічні науки*. 2023. №5(48). С. 110-115.
- [5] Amaducci S., Yin X., Colauzzi M. Agrivoltaic systems: Innovation for sustainable agriculture and renewable energy production. *Trends in Plant Science*. 2021. Vol. 26, No. 6. P. 543–551.

ADAPTIVE TECHNOLOGICAL APPROACHES TO INTENSIFYING CULTIVATED MUSHROOM PRODUCTION

Sievidov Volodymyr,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
State Biotechnological University, Ukraine,

The intensification of mushroom production involves a transition from the standardized implementation of individual technological operations to the integrated management of the biological productivity of cultivated macrofungi. The efficiency of substrate preparation, inoculation, incubation, and fruiting depends on the compatibility of the physicochemical properties of the growing medium, the physiological status of the mycelium, and microclimatic parameters. Even when recommended cultivation conditions are maintained, variability in raw material composition, differences in the growth activity of spawn, and fluctuations in cultivation conditions can cause substantial variations in yield. Therefore, technological intensification should increase marketable yield per unit of substrate, cultivation area, and production time while simultaneously reducing biological losses and inefficient resource consumption [1].

The biological characteristics of the button mushroom (*Agaricus bisporus*) and oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) necessitate differentiated cultivation technologies. *Agaricus bisporus* requires selective compost produced through controlled microbial transformations of organic matter, whereas *Pleurotus ostreatus* can utilize various lignocellulosic materials following appropriate pretreatment. Nevertheless, the productivity of both species depends on interactions among substrate properties, biological factors, and microclimatic conditions. Effective coordination of these components requires consideration of the actual physiological state of the crop during transitions between successive developmental stages rather than relying exclusively on the scheduled duration of individual cultivation operations.

Substrate batches should be formulated according to the functional characteristics of the raw materials. Cereal straw, sunflower husks, sawdust, and other plant residues differ in chemical composition, water-holding capacity, porosity, and susceptibility to microbial degradation. Excessive particle size reduction may impair gas exchange through substrate compaction, whereas insufficient water-holding capacity complicates the maintenance of uniform moisture distribution. Consequently, identical substrate formulations do not necessarily provide equivalent conditions for mycelial development. For *Agaricus bisporus*, additional considerations include compost maturity, residual ammonia concentration, pH, and the carbon-to-nitrogen ratio. The combined influence of these characteristics determines substrate suitability for inoculation.

Compost preparation involves fermentation, pasteurization, and conditioning, the effectiveness of which depends on microbial activity, temperature, aeration, and

moisture content [2]. Completion of each processing stage should be determined by the actual condition of the compost. Particular attention should be given to reducing ammonia concentrations to levels that are non-toxic to the mycelium, stabilizing the physical structure of the substrate, and cooling the compost before spawning. Documenting raw material composition, processing conditions, and monitoring results ensures traceability of substrate batches and facilitates the identification of factors responsible for differences in their productivity.

Spawn quality is characterized by viability, microbiological purity, uniform colonization of the grain carrier, and stability of strain characteristics [3]. However, the apparent uniformity of spawn does not necessarily reflect its physiological activity. Inappropriate storage temperatures, prolonged transportation, or culture aging may reduce subsequent substrate colonization rates without producing noticeable visual changes. Therefore, quality control should be performed not only upon receipt of the spawn but also immediately before inoculation.

Microclimate management should correspond to the physiological requirements of the fungus at each cultivation stage. During incubation, intensive mycelial respiration generates metabolic heat, potentially causing substrate temperatures to exceed ambient air temperatures. Failure to monitor temperatures within the substrate creates conditions conducive to localized overheating, uneven colonization, and inhibition of mycelial growth [4].

Following substrate colonization, cultivation management shifts toward establishing conditions favorable for reproductive development. For *Agaricus bisporus*, timely temperature reduction and appropriate ventilation management are particularly important. During fruiting, the coordination of ventilation, relative humidity, and temperature becomes critical, as disturbances in water balance can restrict fruiting body biomass accumulation and reduce the marketable quality of mushrooms.

The casing layer plays a particularly important role in *Agaricus bisporus* cultivation by regulating water and gas exchange and establishing conditions favorable for fruiting body initiation. Its functionality depends on porosity, water-holding capacity, pH, microbiological properties, and uniform application. Excessive compaction restricts aeration, whereas insufficient water retention accelerates surface drying. Irrigation management is equally important. Moisture deficiency limits fruiting body development, while excessive water saturation disrupts gas exchange and may promote the proliferation of undesirable microorganisms. Accordingly, casing management should maintain stable water and air balance throughout the fruiting period.

Improving cultivation process control requires the early detection of physiological and technological deviations. Uneven substrate colonization, abnormal temperature differences between ambient air and the substrate, unusual odors, localized drying of casing material, and delayed primordium formation may indicate unfavorable cultivation conditions. However, individual symptoms do not establish the underlying cause of a deviation, making integrated interpretation of multiple indicators essential. Temperature, humidity, and carbon dioxide sensors facilitate the collection of time-series data on environmental conditions and their association with the performance of

individual cultivation cycles. The subsequent application of these data for yield prediction requires experimental determination and validation of the relevant relationships.

Production workflow organization determines the efficiency of cultivation area utilization and technological equipment. Single-zone cultivation systems reduce the need for substrate transfer but limit opportunities for independently controlling environmental conditions during different developmental stages. Multi-zone cultivation systems provide functional separation of production processes but require greater capital investment and precise operational coordination. For small-scale mushroom farms, modular zoning of existing facilities represents a promising approach, whereas large-scale production facilities require effective synchronization of substrate preparation with the capacity of fruiting chambers. Reducing downtime between production batches and optimizing cultivation schedules can increase annual production output even without substantial improvements in yield per individual batch.

The biological stability of mushroom production depends on preventing substrate and spawn contamination by competing microorganisms. Sanitation management should encompass raw material selection, substrate preparation, inoculation, cultivation, and spent substrate removal. Batch traceability is particularly important because it enables microbial contamination incidents to be associated with spawn origin, substrate characteristics, and production conditions. This approach facilitates targeted elimination of potential contamination sources rather than the unjustified intensification of sanitation treatments.

The resource-saving potential of mushroom production can be enhanced through the utilization of spent mushroom substrate in crop production. After completion of the fruiting cycle, the remaining substrate retains organic matter and residual nutrients, providing opportunities for its application as an organic soil amendment [5]. However, its agronomic suitability depends on the degree of organic matter stabilization, pH, electrical conductivity, soluble salt composition, and sanitary quality. Particular attention should be paid to the use of spent mushroom substrates in protected cultivation systems, where excessive soluble salt concentrations or insufficient organic matter maturity may adversely affect the growth and development of vegetable crops. Preliminary agrochemical assessment and appropriate substrate treatment can facilitate the integration of spent mushroom substrate into resource-efficient vegetable production systems.

Further intensification of mushroom production depends on integrating functional substrate assessment, monitoring of mycelial physiological activity, growth-stage-specific adaptive microclimate management, prevention of biological risks, and efficient organization of production cycles.

References

1. De Mastro, F., Traversa, A., Matarrese, F., Coccozza, C., & Brunetti, G. (2023). Influence of growing substrate preparation on the biological efficiency of *Pleurotus ostreatus*. *Horticulturae*, 9(4), Article 439. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040439>

2. Sharma, H. S., & Kilpatrick, M. (2000). Mushroom (*Agaricus bisporus*) compost quality factors for predicting potential yield of fruiting bodies. *Canadian Journal of Microbiology*, 46(6), 515–519. <https://doi.org/10.1139/w00-012>
3. Tobar Reyes, J. R., Ibañes Martinez, A., & Romero-Arenas, O. (2018). Evaluation of substrates in the elaboration of secondary inoculum for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 12(2), 679–686. <https://doi.org/10.22207/JPAM.12.2.26>
4. Shu, L., Zeng, Z., Dai, J., Cheng, Y., Lu, Y., Chen, M., & Zeng, H. (2021). Morphological and metabolic changes in an aged strain of *Agaricus bisporus* As2796. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(20), 7997–8007. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11526-1>
5. Burykina, S. I., Zhuk, M. M., & Rudenko, V. A. (2026). Perspektyvnist vykorystannia vidkhodiv vyroshchuvannia hrybiv v konteksti vprovadzhennia tsyrkuliarnoi ekonomiky [Prospects for using mushroom cultivation waste in the context of implementing a circular economy]. In *Prodovolcha bezpeka Ukrainy v umovakh pisliavoiennoho vidnovlennia. Hlobalni ta natsionalni vymiry* (pp. 37–39). Mykolaivskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet. <https://doi.org/10.31521/978-617-7149-94-0-9>

AN INTEGRATIVE MODEL FOR SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT IN KARABAKH: FROM SMART VILLAGE TO SMART RURAL AREAS

Salimova Aytan

Azerbaijan Scientific Research Institute of Construction and Architecture,
Azerbaijan

Abstract. The paper systematizes the global challenges facing contemporary urban planning (rapid urbanization, climate change and ecosystem degradation). Using the large-scale post-conflict reconstruction, master planning and integrated development of the liberated territories of Karabakh and East Zangezur in Azerbaijan as an example, it examines practical aspects of implementing Smart City concepts, the circular economy and climate adaptation in the formation of new regional centres.

Keywords: *Karabakh, Azerbaijan, reconstruction, smart villages, Smart Village, sustainable development, green infrastructure model.*

1. Introduction

Rapid global urbanization, which, according to UN projections, will bring up to 68% of the world population into cities by 2050, is accompanied by a profound environmental crisis. The construction sector and the operation of buildings generate approximately 37% of global greenhouse gas emissions in CO₂ equivalent. Under these conditions, the traditional linear model of urban development (“resources — construction — waste”) has exhausted its potential, giving way to the paradigm of sustainable development, the circular economy and regenerative design (UN DESA, 2018; GlobalABC/UNEP, n.d.; Architecture 2030, n.d.; UN-Habitat, 2016).

Modern post-conflict reconstruction requires not only the creation of appropriate infrastructure but also the introduction of innovative sustainable development models. One promising direction is the Smart Village concept, which involves digital technologies, renewable energy sources and environmentally sound practices. The development of the liberated territories has become one of Azerbaijan’s priorities in its national reconstruction and modernization strategy. In this context, the Smart Village concept, based on integrating digital technologies, green energy and environmentally sustainable solutions into rural environments, is particularly important. For the Karabakh and East Zangezur economic regions, this model is strategically significant: a large-scale population return and resettlement programme is under way, and a new socioeconomic structure is emerging, offering unique opportunities to test new approaches. Environmental education, which fosters respect for nature and environmentally responsible behaviour among local residents, is no less important.

The scientific novelty lies in identifying the integrative nature of Azerbaijan’s Smart Village model and substantiating the transition from individual smart villages to a regional Smart Rural Areas network. The aim of the study is to analyse the prospects for the Smart Village model in the Karabakh and East Zangezur economic regions and

to examine the relationship between the Smart Village concept and environmental education in these regions as a foundation for their subsequent sustainable socioeconomic development.

Research methods: comparative analysis, a systems approach, a case study (Aghali), and analysis of regulatory documents.

2. Theoretical Foundations of Contemporary Urban Planning Models

Contemporary urban planning research is based on an interdisciplinary synthesis of technical, environmental and social fields. Key concepts include:

- polycentricity (the “15-minute city”) — overcoming commuter flows and transport congestion by creating autonomous residential and business clusters (Moreno et al., 2021).

- the introduction of developed green networks, vertical greenery and climate-responsive ventilation;

- life-cycle assessment (LCA) and reduction of embodied carbon — minimizing the environmental footprint of materials throughout a facility’s life cycle (IPCC, 2022).

Innovative sustainable development concepts are becoming an important methodological guide for integrated rural development and sustainable livelihoods. In particular, improving systemic models for managing economic development involves applying Smart Village and Smart Rural Areas principles, which provide a foundation for integrated reconstruction and modernization. The Smart Village concept describes a sustainable rural community that uses digital technologies and innovations in everyday life and provides a high level of comfort, quality services and energy-efficient economic activities (European Parliament, 2017).

3. International Experience

The Smart Village concept first emerged in 2015. It was subsequently used to support programmes in Africa and Asia. International experience confirms that the integration of advanced technologies contributes to job creation, improved market access and a higher quality of life. In April 2017, the European Commission launched the EU Action for Smart Villages initiative. In pursuing these objectives, the Smart Villages concept envisages the creation of integrated systems for monitoring and managing rural settlement infrastructure. The Smart Village platform has a unified automated management system that collects metrics from all infrastructure facilities within a territorial unit, followed by the deployment of digital technologies to manage and monitor its main activities (European Commission, 2017).

Several strands of EU policy address the development of smart villages. These include the Common Agricultural Policy — Rural Development, which governs the rural economy of the EU through funding and policy instruments.

Rural Development Programmes support measures aimed at developing rural businesses, including farm modernization, investment in local infrastructure, village renewal, and knowledge development and exchange. Horizon 2020, the EU’s eighth framework programme for research and innovation, includes several elements relevant to smart village development. Under Societal Challenge 2, a specific call for “rural renaissance” was issued, closely linked to developing the knowledge base for smart villages (European Commission, 2017; European Commission, 2017).

Comparative Characteristics of Traditional and Smart Villages. Table 1

Parameter	Traditional Village	Smart Village
Energy	Dependence on centralized sources; low energy efficiency	Renewable energy; energy-efficient homes
Infrastructure	Limited access to internet and digital services	High-speed internet; digital services
Agriculture	Traditional practices; high dependence on natural factors	Precision farming; organic produce; drones
Environment	Lack of waste recycling systems	Innovative technologies; separate collection, disposal and recycling
Social services	Limited education and healthcare opportunities	Telemedicine; distance learning; ecotourism

Smart Village denotes a model for the development of an individual rural settlement, whereas Smart Rural Areas refers to a networked, inter-settlement level of coordination based on the integrated development of rural territories with an emphasis on digitalization and sustainability. The concept of Smart Rural Areas can also be viewed as:

Comparative Table of Smart Village Models. Table 2

Country / region	Priority	Main instruments	Social dimension	Specific features
EU (Smart Rural 21/27)	Digitalization and integration	Digital platforms; local strategies	Improved quality of services; community participation	Network-based development of Smart Rural Areas
Poland	Energy	Renewables; smart energy management	Lower costs; energy independence	Relevant to green energy zones
India	Infrastructure	Solar panels; telemedicine; water supply	Overcoming deficits in basic services	
Czech Republic (South Moravia)	Digital literacy	Education programmes; social adaptation	Reducing the digital divide	Focus on education
Azerbaijan (Aghali)	Integrative model	Energy-efficient homes; small hydropower; smart infrastructure	Social equality; improved living standards	Post-conflict reconstruction example

Since 2019, China has been implementing a large-scale Digital Villages programme: more than one hundred pilot projects, development of internet infrastructure, IoT and digital management of rural territories. The state plays the dominant role, setting the strategy and implementing centrally coordinated pilots. Rural e-commerce has acquired particular importance in China's smart villages. A "shared" vegetable garden in the rural area of Haikou, Hainan Province, has created a new model of smart rural tourism in China (Zhang & Zhang, 2020).

Poland is developing an “energy-centred” model, emphasizing renewable energy, energy efficiency and local roadmaps. It follows a partnership scheme: the state and the EU act as partners and regulators, set the framework and allocate funding, while projects are developed at the gmina (municipality) level (Adamowicz & Zwolińska-Ligaj, 2020; Adamowicz & Zwolińska-Ligaj, 2020).

In India, the state provides basic infrastructure and institutional support while actively delegating services to private and community organizations. India demonstrates a “minimum package” model — basic services (energy, water, connectivity and e-services) — followed by scaling up from pilot projects (SmartGram) to village clusters (Singh et al., 2022).

The Czech Republic has emphasized social adaptation and digital literacy and applies a partnership model focused on human capital (project success is directly linked to the participation of residents and municipalities (Pělucha, 2019).

In Hungary, the path towards smart village status in Nagypáli began with the installation of solar energy systems, an innovative eco-centre and a power plant; in Ceglédbercel, it began with wireless local networks and video surveillance. Hungary develops digital clusters through Okosfal.hu and Digitális Falu, integrating Smart Villages into the CAP Strategic Plan (Szalai et al., 2021).

Thus, the main priorities are energy in Poland, basic services and scaling up in India, social participation in the Czech Republic, digital infrastructure in China, and digital clusters in Hungary. Smart Village models are therefore context-dependent and adaptable: each village differs in its natural, climatic, socioeconomic and cultural circumstances. The integrative character of the Smart Village model is evident in Azerbaijan, where all the identified elements are combined, from green energy and digital infrastructure to clustering and basic services.

4. Post-Conflict Reconstruction and the Experience of Karabakh

The state programme for post-conflict reconstruction of Azerbaijan’s liberated territories in the Karabakh and East Zangezur economic regions constitutes a distinctive practical example of the large-scale application of advanced urban planning principles. New settlements (including smart village pilot projects in Zangilan, Aghdam, Fuzuli and elsewhere) are designed on the basis of modern master plans combining innovative technologies with national settlement traditions.

Table 3

Development dimension	Urban planning principle	Practical implementation in Karabakh
Spatial	Compact and polycentric settlement	Master plans for new agricultural parks and settlements
Energy	Carbon neutrality (green energy)	Solar and wind power plants; smart grids
Infrastructure	Digital management (Smart Village)	Application of BIM technologies and IoT sensors
Cultural	Historical and cultural continuity	Revival of traditional urban morphology and decoration

The urban development of settlements in Karabakh destroyed as a result of the occupation is inseparable from seeking a balance between preserving the cultural environment and creating a new living environment that meets contemporary needs. Reconstruction of settlements in these territories should rely on modern sustainable planning models involving digital technologies, renewable energy sources, environmental education and local community participation in management.

The Azerbaijani Model.

In 2022, implementation of a new development model based on international standards and responding to contemporary challenges began in the liberated territories of Azerbaijan. Azerbaijan applies the principles of smart urban and rural development, introducing innovative approaches to the reconstruction of Karabakh and East Zangezur.

The first pilot project was Aghali (110 ha, Zangilan District), Azerbaijan's first smart village. Energy-efficient residential buildings, modern electronic services, environmentally sound agriculture and innovative engineering systems have been introduced here (Presidential Administration of Azerbaijan, 2021). The Aghali smart village project is based on the UN Sustainable Development Goals strategy. The main principles of planning residential environments in accordance with the sustainable development concept applied in Aghali include:

Innovative technologies applied in Aghali:

- energy-efficient homes, solar panels, smart meters and separate waste collection — measures actively used in the EU Smart Rural 21/27 programmes;
- emphasis on a basic package of services (energy, water, internet and e-services), without which innovations are not sustainable;
- the introduction of digital services (e-government, telemedicine and distance learning); (Embassy of Azerbaijan in Belgium, n.d.)
- smart agriculture uses drones, innovative irrigation systems and treated wastewater. Environmental monitoring is carried out;
- solar vacuum collectors and geothermal wells are used for hot water supply, as well as electrode boilers for heating;
- smart lighting with sensors and intelligent video surveillance support security and energy efficiency (FAO, n.d.).

The Smart Village concept is becoming a strategic direction for the reconstruction of Karabakh and East Zangezur. It integrates rural areas into national and global processes and promotes economic diversification and sustainable development. During reconstruction, Smart Rural Areas can serve as a strategic framework for combining smart villages into a regional network. This would enable a cluster-based approach integrating energy, agriculture, education, digital services and ecotourism within a single economic space. The creation of smart clusters may also increase investment attractiveness. Prospects for applying the Smart Village model in Azerbaijan include developing a network of smart settlements and green clusters across economic regions, including Karabakh and East Zangezur (Aghdam, Jabrayil and Kalbajar).

A smart village project is under way in Bash Garvand, Aghdam District, while a second smart village, Dovlatyarli, is being built in Fuzuli District; the latter became the

next project of this type after Aghali. As of September 2026, construction continued in both villages. (Presidential Administration of Azerbaijan, 2021; APA, 2026)

Azerbaijan is implementing the Smart Village concept in the context of post-conflict reconstruction (the Aghali project). In Aghali, the government acts as initiator and coordinator, involving the State Committee on Urban Planning and Architecture and the Karabakh Revival Fund. Azerbaijan has defined Smart Village as a strategic objective within its national policy for reconstructing the liberated territories; accordingly, projects include the necessary social and community infrastructure. Azerbaijan is developing a green economy and territories targeting zero emissions in Karabakh and East Zangezur. Karabakh and Zangezur have been designated clean energy zones. Smart village pilot projects demonstrate that sustainable rural regeneration requires a combination of technological innovation, cultural continuity and effective governance. Consequently, the strength of the Smart Village concept lies in its integrative character: it combines ICT, energy, the economy and society (President of Azerbaijan, 2020; 2022; President of Azerbaijan, 2022–2025).

Contemporary Challenges. Despite its favourable natural conditions, Karabakh faces several major problems: ecosystem damage during the years of occupation; soil and water pollution resulting from military activities; and the need to restore irrigation systems and pastures.

5. Prospects for Developing Karabakh as a Green Zone: Conceptual Foundations

1. Ecological agriculture — developing organic farming without pesticides and intensive chemical inputs could turn Karabakh into a brand associated with clean produce (FAO, n.d.)

2. Ecotourism — unique mountain landscapes, rivers, forests and historical monuments offer opportunities for tourism based on minimal interference with nature.

3. Green infrastructure principle — the city is organized around green spaces that maintain ecological balance, provide a favourable microclimate and reduce the urban heat island effect (UN-Habitat, 2016).

4. Energy sustainability — introducing renewable energy sources: solar panels, small hydropower plants and wind turbines (President of Azerbaijan, 2021).

5. Eco-transport — pedestrian routes, cycle lanes and electric buses form the basis of the transport system (UN-Habitat, 2016).

6. Environmental priorities — water resource protection through wastewater treatment technologies and preservation of clean mountain rivers. Waste management: separate collection and recycling (UN-Habitat, 2016).

7. Smart resource management — a smart city system uses digital technologies to monitor energy consumption, water resources and waste.

6. Transformation of Professional Competencies.

The implementation of such large-scale projects in the liberated territories demonstrates that the architectural profession in Azerbaijan has reached a qualitatively new level. Designers must master geospatial analytics, digital modelling (BIM standards under ISO 19650) and environmental risk assessment methods. This creates a state demand for a new generation of specialists capable of combining engineering

precision, environmental responsibility and a humanistic approach (UIA, 2026; ISO, 2018).

Conclusion.

The experience of spatial planning and reconstruction in Karabakh demonstrates a successful synergy between advanced international sustainable development practices and Azerbaijan's local identity. Post-conflict reconstruction is not merely an act of physical rebuilding but also a testing ground for smart and climate-resilient settlements of the future. As the analysis shows, Azerbaijan's Smart Village model combines international principles and national priorities, integrating digitalization, green energy, environmental education and social modernization. Unlike foreign models focused on individual sectors (energy, basic infrastructure or social adaptation), the Azerbaijani model is comprehensive and adapted to the specific conditions of post-conflict territories.

Today, reconstruction prioritizes preserving the historical environment, integrating heritage into the modern urban fabric and creating new infrastructure. Restoring the social and economic foundations underpins the return of the population. Thus, smart villages can not only ensure the socioeconomic revival of Karabakh and East Zangezur but also become an international example of sustainable rural development based on a combination of innovation and cultural continuity.

References

1. UN DESA. World Urbanization Prospects 2018. <https://population.un.org/wup/>
2. GlobalABC / UNEP. Global Alliance for Buildings and Construction. <https://globalabc.org/> Architecture 2030. <https://architecture2030.org/>
3. UN-Habitat. New Urban Agenda (2016). <https://unhabitat.org/sites/default/files/2019/05/nua-english.pdf>
4. Moreno C., Allam Z., Chabaud D., Gall C., Pratlong F. Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. *Smart Cities*, 2021, 4(1), 93–111. DOI: 10.3390/smartcities4010006
5. IPCC. Sixth Assessment Report, Working Group III. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
6. European Parliament. “Smart Villages: Concept, issues and prospects for EU rural areas (EPRS, 2017)”. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2017\)608628](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2017)608628)
7. European Commission. EU Action for Smart Villages (2017), pp. 1–4. https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/197ce76e-050b-45b4-986c-c57a7905edb2_en?filename=rur-dev-small-villages_en.pdf
8. Zhang X., Zhang Z. How Do Smart Villages Become a Way to Achieve Sustainable Development in Rural Areas? *Sustainability*. 2020;12(24):10510. DOI: 10.3390/su122410510
10. Adamowicz M., Zwolińska-Ligaj M. The “Smart Village” as a Way to Achieve Sustainable Development in Rural Areas of Poland. *Sustainability*. 2020;12(16):6503. DOI: 10.3390/s12166503
11. Singh K. B., Sengar N., Das D., Misra S. C. Village 5.0: Enabling Technologies

and its Applications in Development of Smart Village. 2022 IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems (iSES). P. 556–561. C. 556–560. DOI: 10.1109/iSES54909.2022.00122

12. Pělucha M. Smart Villages and Investments to Public Services and ICT Infrastructure: Case of the Czech Rural Development Program 2007–2013. *European Countryside*. 2019;11(4):584–598. C. 585. DOI: 10.2478/euco-2019-0032

13. Szalai Á., Varró K., Fabula S. Towards a Multiscalar Perspective on the Prospects of ‘the Actually Existing Smart Village’ — a View from Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin*. 2021;70(2):97–112. C. 98. DOI: 10.15201/hungeobull.70.2.1

14. Presidential Administration of Azerbaijan. Aghali smart village project, 21 October 2021. <https://president.az/en/articles/view/53631>

15. Посольство Азербайджанской Республики в Бельгии. The state-of-the-art smart village that offers a model for the EU. URL: <https://brussels.mfa.gov.az/en/news/the-state-of-the-art-smart-village-that-offers-a-model-for-the-eu>

16. FAO. Digital Villages Initiative: Aghali. URL: <https://www.fao.org/digital-villages-initiative/europe/digital-villages/aghali/en>

17. Administration of the President of the Republic of Azerbaijan. Ilham Aliyev laid foundation stone for “smart village” in Dovlatyarli village, Fuzuli district. 18.10.2021. <https://president.az/en/articles/view/53507>

18. APA. Housing complexes for return of 8,000 people to Aghdam to be commissioned this year. <https://en.apa.az/social/housing-complexes-for-return-of-8000-people-to-aghdam-to-be-commissioned-this-year-525228>

19. President of Azerbaijan. Smart City and Smart Village concept; State strategy for socioeconomic development and Great Return; Green Energy Zone decrees (2020–2025). <https://e-qanun.az/framework/47263>
<https://president.az/az/articles/view/57090> <https://president.az/az/articles/view/58085>
<https://president.az/az/articles/view/71586> <https://e-qanun.az/framework/47267>

20. FAO. What is agroecology? Agroecology Knowledge Hub. URL: <https://www.fao.org/digital-villages-initiative/europe/digital-villages/aghali/en>

21. UN-Habitat. New Urban Agenda (2016). URL: <https://unhabitat.org/sites/default/files/2019/05/nua-english.pdf>

22. Azərbaycan Respublikası. İşğaldan azad edilmiş ərazilərin “yaşıl enerji” zonası elan edilməsi haqqında Sərəncam (2021). URL: <https://e-qanun.az/framework/47267>

23. UIA. Global Survey, Schools of Architecture: Trends & Patterns (2023–2026). 10.07.2026. <https://www.uia-architectes.org/en/news/global-survey-schools-of-architecture-trends-patterns-2023-2026/>

24. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings. <https://www.iso.org/standard/68078.html>

АДАПТИВНЕ ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ БУДІВЕЛЬ ЯК НАПРЯМ АРХІТЕКТУРНОГО ДИЗАЙНУ В УМОВАХ ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

Красний Едуард Костянтинович

старший викладач

Національний університет «Чернігівська політехніка»

кафедра архітектури та дизайну

Постановка проблеми. В умовах повномасштабної війни та майбутнього відновлення України особливої актуальності набуває пошук архітектурно-дизайнерських підходів, спрямованих на раціональне використання наявного будівельного фонду [1]. Значні масштаби руйнувань і потреба у відновленні житлової інфраструктури зумовлюють необхідність розглядати не лише нове будівництво, а й можливості повторного використання споруд, які втратили первісне призначення або не відповідають сучасним функціональним вимогам. Водночас відновлення міст передбачає комплексне переосмислення їхньої просторової організації, інфраструктури та системи громадських просторів [2].

Одним із перспективних напрямів вирішення цих завдань є адаптивне повторне використання будівель (*adaptive reuse*), що передбачає пристосування наявних споруд до нових функцій із максимально доцільним використанням їхніх конструктивних, просторових та архітектурних характеристик. На відміну від підходу, за якого реконструкція обмежується відновленням первісного стану об'єкта, адаптивне використання орієнтується на пошук нового призначення будівлі та її інтеграцію в сучасне середовище. Такий підхід створює можливості для перетворення нефункціонуючих споруд на житлові, громадські та багатофункціональні об'єкти [3; с. 150].

Мета роботи полягає у визначенні основних архітектурно-дизайнерських принципів адаптивного повторного використання будівель і розробленні концептуальної системи критеріїв оцінювання їхнього потенціалу в контексті відновлення України.

Виклад основного матеріалу. Теоретичною основою адаптивного повторного використання є поняття гнучкості та адаптивності в архітектурі. Гнучкість пов'язана з можливістю зміни функціональної або просторової організації об'єкта відповідно до потреб користувачів, тоді як адаптивність охоплює ширший спектр перетворень, спрямованих на пристосування будівлі до нових умов експлуатації [4; с. 185]. Важливим чинником стає врахування можливих змін протягом життєвого циклу споруди, що передбачає сценарне моделювання її подальшого використання та оцінювання доцільності трансформаційних рішень [5; с. 11].

Специфіка адаптивного повторного використання полягає в тому, що проєктування починається не з формування архітектурного об'єкта з нуля, а з дослідження вже наявної споруди. Відправною точкою є аналіз її технічного

стану, конструктивної схеми, планувальної структури, природного освітлення, доступності, архітектурної виразності та взаємозв'язків із навколишньою забудовою. На основі такого аналізу визначаються можливі сценарії подальшого використання, зіставляються потенційні функції та обирається варіант, що відповідає характеристикам будівлі й потребам громади. Отже, архітектурний дизайн у цьому процесі передбачає не механічне пристосування приміщень до нової функції, а пошук балансу між можливостями наявної споруди та вимогами майбутнього середовища.

Одним із ключових напрямів адаптивного перетворення є функціональна трансформація. Вона передбачає зміну первісного призначення будівлі або розширення спектра її функцій. Наприклад, колишні адміністративні споруди можуть пристосовуватися до освітніх чи культурних потреб, промислові будівлі – до розміщення громадських центрів, майстерень і виставкових просторів, а об'єкти з відповідними планувальними та конструктивними характеристиками – до житлового використання. Практична доцільність таких рішень залежить від сумісності нової функції з наявною структурою будівлі, необхідного обсягу реконструкції та відповідності нормативним вимогам. Дослідження адаптивної архітектури засвідчують перспективність використання нефункціонуючих споруд для формування житлових і багатофункціональних об'єктів.

Другим напрямом є просторово-композиційна трансформація, що охоплює переосмислення планувальної організації, системи комунікацій і взаємозв'язків між приміщеннями. Залежно від характеристик об'єкта вона може передбачати створення відкритих багатофункціональних просторів, зміну принципів зонування, організацію нових візуальних зв'язків, поліпшення природного освітлення та впровадження трансформованих перегородок. При цьому важливо враховувати не тільки поточні функціональні потреби, а й можливість подальшої зміни способів використання приміщень. Такий підхід узгоджується з принципами архітектурної гнучкості та сценарного моделювання змін.

Третім напрямом є архітектурно-образне переосмислення. Воно передбачає визначення тих характеристик наявної споруди, які доцільно зберегти, та способів їхнього поєднання з новими дизайнерськими елементами. Пропорції, ритм фасадів, характер конструкцій, фактура матеріалів і особливості внутрішнього простору можуть стати основою оновленого архітектурного образу. Використання сучасних оздоблювальних матеріалів, освітлення, обладнання та засобів візуальної організації простору дає змогу підкреслити співвідношення між наявними елементами та новими втручаннями. У випадках, коли будівля має історичну або культурну цінність, таке переосмислення потребує особливо уважного ставлення до її автентичних характеристик і значення для місцевої спільноти.

Важливою умовою реалізації адаптивного підходу є комплексне оцінювання технічного стану споруди, конструктивної безпеки, енергоефективності, доступності та очікуваних експлуатаційних витрат. Повторне використання не є універсальним рішенням для кожного об'єкта: іноді необхідний обсяг реконструкції, технічні обмеження або невідповідність наявної структури новим

потребам можуть зумовити недоцільність певного сценарію. Тому вибір функції має ґрунтуватися на зіставленні архітектурних можливостей, технічних вимог, соціальної значущості та ресурсних витрат. Міжнародні дослідження адаптивного використання архітектурної спадщини також підкреслюють необхідність багатокритеріального оцінювання таких проєктів.

Авторська пропозиція. На основі узагальнення розглянутих підходів пропонується концептуальна система оцінювання потенціалу адаптивного повторного використання будівель, що охоплює чотири взаємопов'язані критерії.

Перший – функціонально-планувальний критерій, який передбачає оцінювання відповідності потенційного нового призначення наявній планувальній структурі, можливостей зонування, організації комунікацій і забезпечення необхідних умов використання приміщень.

Другий – просторово-композиційний критерій, що охоплює потенціал трансформації внутрішнього простору, можливості зміни його конфігурації, організації візуальних зв'язків, природного освітлення та формування цілісного просторового середовища.

Третій – архітектурно-образний критерій, спрямований на визначення цінних характеристик споруди, доцільності їхнього збереження та можливостей інтеграції нових матеріалів, конструктивних елементів і дизайнерських рішень без втрати архітектурної виразності об'єкта.

Четвертий – техніко-ресурсний критерій, який передбачає врахування конструктивного стану будівлі, можливостей її модернізації, енергоефективності, доступності, безпеки та співвідношення очікуваних результатів із необхідними витратами на пристосування.

Запропоновані критерії мають розглядатися у взаємозв'язку, оскільки позитивна оцінка одного аспекту не гарантує доцільності адаптації загалом. Наприклад, значний архітектурно-образний потенціал споруди може поєднуватися зі складними конструктивними обмеженнями, а відповідна планувальна структура не забезпечуватиме потреб майбутніх користувачів без суттєвої трансформації. Тому концептуальна система передбачає послідовне оцінювання характеристик будівлі, порівняння можливих сценаріїв її використання та вибір найбільш обґрунтованого варіанта перетворення. Вона може застосовуватися на передпроектному етапі як основа для систематизації вихідних даних і формування архітектурно-дизайнерської концепції.

Висновки. Адаптивне повторне використання будівель є перспективним напрямом архітектурного дизайну в умовах відновлення України, оскільки передбачає залучення наявного будівельного фонду до вирішення сучасних житлових і громадських потреб. Його реалізація потребує узгодження функціональної трансформації, просторово-композиційного переосмислення та збереження архітектурної виразності з технічними й ресурсними можливостями споруди. Авторська концептуальна система чотирьох критеріїв – функціонально-планувального, просторово-композиційного, архітектурно-образного та техніко-ресурсного – пропонується як інструмент попереднього

оцінювання потенціалу будівлі та порівняння сценаріїв її подальшого використання. Подальші дослідження доцільно спрямувати на апробацію цієї системи на прикладах конкретних будівель і визначення показників для порівняльного оцінювання альтернативних проєктних рішень.

Список літератури

1. Чернова І., Ємельянова О., Гончаренко А. Перспективи відновлення житлового будівництва у воєнний та повоєнний час. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 44. С. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-15>
2. Дудар І. Н., Бричанський А. О. Сучасні підходи до відновлення та розвитку міст після війни. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2023. Вип. 35. №2. С. 153–158. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-153-158>
3. Рищенко Т. Д., Смірнова О. В., Вотінов М. А., Фурсов Ю. В., Бушманов С. А. Адаптивна архітектура: нові можливості формування житлових та мультифункціональних будівель. *Комунальне господарство міст. Серія: Інформаційні технології та інженерія*. 2025. Т. 4. № 192. С. 150–158. DOI: <https://doi.org/10.33042/3083-6727-2025-4-192-150-158>
4. Оніщук О. Гнучкість та адаптивність в архітектурі. Основні поняття та їх визначення. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2025. Вип. 74. С. 176–194. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.74.176-194>
5. Буравченко С. Адаптивні архітектурно-будівельні системи оптимізовані за сценаріями змін. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2023. № 65. С. 6–27. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.6-27>

ЕКСПОНЕНЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ДЕТЕРМІНОВАНОГО MPC-КОНТУРУ ПАРЕТО–НЕСА ЗА ПЕРЕМИКАННЯ ВАГ КРИТЕРІЇВ

Крест'янінов І. О.,

аспірант кафедри комп'ютерних наук
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,
Київ, Україна

Катков Ю. І.,

д.т.н., доцент, професор кафедри комп'ютерних наук
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,
Київ, Україна

1. Вступ

1.1. Актуальність проблеми, мета дослідження та наукова проблема.

Сучасні будівлі та мікромережі дедалі частіше функціонують як мультиагентні системи, у яких підсистеми опалення, охолодження, локальної генерації та заряджання електромобілів спільно використовують обмежені ресурси. Пріоритети цих підсистем залежать від тарифів, присутності мешканців і режиму живлення, тому узгодження їхніх інтересів має враховувати динаміку об'єкта та обмеження на стани й керування. Модельно-прогнозне керування або керування з прогнозуючими моделями (Model Predictive Control, MPC) є природним інструментом для таких задач, оскільки оптимізує керування на ковзному горизонті з урахуванням обмежень [1, 2]. Якщо інтереси агентів узгоджують через спільний потенціал, критерій можна задавати зваженою сумою індивідуальних витрат. За відповідних умов глобальний мінімізатор потенціалу є рівновагою Неша, а коли потенціал збігається з додатне зваженою сумою витрат і всі ваги строго додатні, розв'язок є Парето-ефективним [11, 12].

Мета дослідження — встановити достатні умови експоненційної стійкості дискретного контуру прогнозного керування (MPC) із точною потенціальною структурою за змінних у часі ваг критеріїв.

Наукова проблема полягає у встановленні достатніх умов стійкості MPC-контуру за змінних у часі ваг критеріїв, коли перемикання ваг спричиняє зміну функції значення, що використовується для оцінювання стійкості. Необхідно кількісно пов'язати можливе зростання функції значення під час перемикання з її спаданням на інтервалах сталих ваг і визначити достатній мінімальний час витримки між перемиканнями, який забезпечує експоненційну стійкість замкненого контуру.

1.2. Аналіз останніх досліджень і наукова прогалина

Прогнозне керування та стійкість. Класична теорія стійкості MPC спирається на термінальну вартість, термінальну інваріантну множину та

функцію значення як функцію Ляпунова [1]. Огляд [2] показує, що цей підхід розвинено на нелінійні, економічні та стохастичні задачі. Для економічного МРС, де етапна вартість не обов'язково додатно визначена, достатні умови стійкості та середньої продуктивності отримано в [15]. Усі ці результати спираються на єдину незмінну задачу оптимізації, а змінність критерію в часі вони безпосередньо не охоплюють.

Багатокритеріальне МРС. Задачу з кількома критеріями розглянуто в [3], де узагальнено схему прогнозного керування на випадок кількох цілей. Стійкість замкненого контуру для багатокритеріального МРС досліджено в підході «відстеження утопічної точки» [4]. Систему, у якій на кожному кроці обирають Парето-оптимальне керування, проаналізовано в [5]. Такі роботи, як правило, зводять багатокритеріальну задачу до одного скаляризованого критерію й доводять стійкість через нього або через альтернативну функцію Ляпунова. Вектор ваг при цьому вважають фіксованим або таким, що змінюється за алгоритмом вибору Парето-розв'язку. Явна залежність умови стійкості від діапазону допустимих ваг, зокрема від їхньої нижньої межі, у цих підходах не виділяється.

Перемикання функцій вартості. Найближчою за методом є лінія робіт про МРС з перемиканням критеріїв. У [6] досліджено перемикання між різними функціоналами вартості для підвищення якості керування за сигналів із середнім часом витримки. У [7] запропоновано МРС для перемикальних нелінійних систем за умови середнього часу витримки, а в [8] — перемикальне МРС лінійних систем із модозалежним часом витримки. Ці результати показують, що умова на час витримки є природною достатньою умовою стійкості. Проте вони не спираються на потенціальну структуру гри та не пов'язують межу стрибка функції значення з конкретним діапазоном ваг. У цій роботі межу стрибка функції значення пов'язано з допустимим діапазоном ваг.

Розподілене та кооперативне МРС. Теорію розподіленого МРС, у якому локальні контролери мінімізують спільний або узгоджений критерій, розвинено в [9, 10]. У [10] показано, що кооперативна схема забезпечує експоненційну стійкість і за збіжності ітерацій відповідає Парето-ефективному централізованому розв'язку. Рівновагу Неша та потенціальні ігри використовують для опису таких схем [11, 12]. Однак у цих роботах ваги критеріїв зазвичай задано наперед і сталими. Окремо розглядати їхню змінність у часі як перемикальний сигнал та оцінювати вплив перемикань на стійкість у цьому контексті не прийнято.

Наукова прогалина. У розглянутих роботах не виявлено результату, який одночасно враховує точну потенціальну структуру критерію контура Парето–Неша–МРС, явно пов'язує межу стрибка функції значення з діапазоном допустимих ваг і поєднує цю межу з темпом спадання функції значення між перемиканнями та мінімальним часом витримки. Ця прогалина визначає основне завдання й теоретичний внесок роботи.

2. Виклад основного матеріалу

2.1 Модель і постановка задачі

2.1.1 Динаміка й обмеження. Розглядається дискретна лінійна система

$$\mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_t + \mathbf{B}\mathbf{u}_t, \quad (1)$$

де $\mathbf{x}_t \in \mathbb{R}^n$ - вектор стану системи (температура, освітлення та інші показники комфорту); $\mathbf{u}_t = (\mathbf{u}_t^1, \dots, \mathbf{u}_t^N) \in \mathbb{R}^m$ - сукупність керувань $\mathbf{K}=\{\mathbf{k}_1, \dots, \mathbf{k}_N\}$ агентів. N – загальна кількість агентів.

Позначимо множину допустимих станів через $X=\{\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_M\}$, а спільну допустиму множину керувань — через $U=\{\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_Z\}$. Множина U може містити індивідуальні межі та спільні ресурсні обмеження. Припускається, що X і U опуклі та компактні й містять початок координат у внутрішності.[13]

Нехай D — спільна для всіх допустимих ваг область початкових станів, на якій МРС-задача допустима. Усі твердження про стійкість нижче обмежені цією областю та траєкторіями, для яких зберігається рекурсивна допустимість (Recursive Feasibility). Рекурсивна допустимість гарантує, що агенти не порушують спільні обмеження і завжди матимуть допустимі варіанти дій на кожному наступному кроці. [13]

2.1.2 Витрати та потенціальна структура. Для відображення загальної вартості (або штрафу) за роботу системи протягом певного майбутнього періоду часу треба оцінити, наскільки «добре» чи «погано» виконується завдання, зважаючи на три ключові критерії: *Відхилення від цілі*: Наскільки сильно система відхиляється від ідеального стану чи потрібної траєкторії руху. *Витрати на керування*: Скільки зусиль чи енергії витрачається на рух (щоб керування було плавним і економічним, а не різким). *Кінцевий результат*: У якому стані система опиняється наприкінці запланованого шляху. Щоб знайти такий план дій для системи, коли загальний «штраф» був якомога меншим, тобто для агента k функцію витрат на горизонті H визначимо квадратичним функціоналом такого вигляду:

$$J_k(\mathbf{x}, U) = \sum_{i=0}^{H-1} \left(\mathbf{x}_i^\top \mathbf{Q}_k \mathbf{x}_i + (\mathbf{u}_i^k)^\top \mathbf{R}_k \mathbf{u}_i^k \right) + \mathbf{x}_H^\top \mathbf{P}_k \mathbf{x}_H, \quad (2)$$

де $\mathbf{x}$ - стани породжуються моделлю; символ T у цій формулі означає транспонування вектора чи матриці (transpose); $\mathbf{Q}_k, \mathbf{R}_k, \mathbf{P}_k$ - це матриці ваг у квадратичному функціоналі витрат (критерії якості) агента k , які визначають «штрафи» за відхилення та витрати на керування $\mathbf{Q}_k \geq \mathbf{0}$ (матриця ваг станів), $\mathbf{R}_k \geq \mathbf{0}$ (матриця ваг керувань), $\mathbf{P}_k \geq \mathbf{0}$ (термінальна матриця ваг).[13]

Для кожного вектора ваг $\mathbf{w} \in W$ припускається існування точного потенціалу $\Psi_{\mathbf{w}}$, тобто для будь-якого агента k , фіксованих керувань інших агентів і двох спільно допустимих односторонніх відхилень виконується [13]

$$J_{k,w}(u_k', u_{-k}) - J_{k,w}(u_k, u_{-k}) = \Psi_w(u_k', u_{-k}) - \Psi_w(u_k, u_{-k}). \quad (3)$$

Тоді глобальний мінімізатор Ψ_w є рівновагою узагальненої гри Неша за відповідним визначенням допустимих односторонніх відхилень. Потенціал Ψ_w рівняється:

$$\Psi_w = \sum_{k=1}^N w_k J_k \quad (4)$$

де: N - загальна кількість агентів у системі; w_k - невід'ємні вагові коефіцієнти $w_k \geq 0$, що визначають відносний пріоритет або важливість кожного агента (часто використовуються для зведення задачі багатокритеріальної оптимізації / Парето-оптимізації до зваженої скалярної задачі); J_k - індивідуальний функціонал витрат агента k .

$$J_k = \Psi_w + h_k(u_{-k}) \quad (5)$$

де: Ψ_w - спільна потенціальна функція (точний потенціал гри); $h_k(u_{-k})$ - індивідуальна складова витрат агента k , що залежить виключно від керувань усіх інших агентів $u_{-k} = u^1, \dots, u^{k-1}, u^{k+1}, \dots, u^N$ і не залежить від власних дій агента k .

Якщо додатково Ψ_w і всі ваги строго додатні, будь-який глобальний мінімізатор є Парето-ефективним серед спільно допустимих рішень: розв'язок, що не погіршує жодної витрати й строго поліпшує принаймні одну, мав би менше значення додатно зваженої суми. Якщо функція Ψ_w строго опукла за вектором прогнозних керувань, а допустима множина є непорожньою та опуклою, її глобальний мінімізатор єдиний.[13]

Ці висновки вимагають окремого доведення точної потенціальності для Парето-властивості, тотожності потенціалу з додатно зваженою сумою витрат. Самого запису J_k недостатньо для підтвердження обох властивостей.[13]

2.1.3 МРС-критерій. Вектор ваг належить множині

$$\mathcal{W} = \left\{ w \in \mathbb{R}^N : \sum_{k=1}^N w_k = 1, \quad w_k \geq w_{\min} > 0 \right\}, \quad w_{\min} \leq \frac{1}{N}. \quad (6)$$

Для фіксованих x і w визначимо функцію значення МРС:

$$V_w(x) = \min_{U=(u_0, \dots, u_{H-1})} \Psi_w(x, U) \quad (7)$$

за умов $x_{i+1} = Ax_t + Bu_t$, $x_i \in X$, $u_i \in U$, $x_H \in X_f$. Контур застосовує лише перший елемент оптимальної послідовності керувань.

2.1.4 Умови (припущення) детермінованого результату

A1. Допустимі множини опуклі, компактні, містять початок у внутрішності та не залежать від w .

A2. Існує спільна область D , що містить околицю початку координат; V_w скінченна для всіх $x \in D$, $w \in W$.

A3. Етапна зважена вартість невід'ємна та має рівномірну нижню межу: існує $c_l > 0$ таке, що $l_w(x, u) \geq c_l |x|^2$ на розглядуваній області. Зокрема, для $\Psi_w = \sum_{k=1}^N w_k J_k$ достатньою умовою є додатна визначеність $\sum_k w_k Q_k$ з рівномірною нижньою межею. Умова $\lambda_{\min} \sum_k Q_k > 0$ разом із $w_k \geq w_{\min}$ є достатньою для додатної нижньої межі станового члена.[13]

A4. Існують матриця K і термінальні матриці $P_k \geq 0$, для яких на X_f виконується умова:

$$(A + BK)^T P_w (A + BK) - P_w \leq -(Q_w + K^T R_w K), \quad (8)$$

де $Q_w = \sum_k w_k Q_k$, $R_w = \sum_k w_k R_k$, $P_w = \sum_k w_k P_k$. Термінальна множина інваріантна: $(A + BK)X_f \subseteq X_f$, а $KX_f \subseteq U$.

A5. MPC-задача рекурсивно допустима через зсув плану та застосування термінального керування. На D існує стала $\alpha_2 < \infty$, незалежна від w , така що

$$\alpha_1 \|x\|^2 \leq V_w(x) \leq \alpha_2 \|x\|^2, \quad \alpha_1 := c_l. \quad (9)$$

Припустимо, що існує стала $\alpha_2 > 0$, незалежна від вектора ваг $w \in W$, така, що для всіх $x \in D$ та $w \in W$ функція значення MPC задовольняє верхню квадратичну оцінку: $V_w(x) \leq \alpha_2 \|x\|^2$. Цю оцінку необхідно або довести на основі умов задачі, або прийняти як окреме припущення на спільній області D .

A6. Моменти перемикання t_j розділені інтервалами щонайменше $\tau_d \in \mathbb{Z}_{\geq 1}$ кроків. Для наведеної нижче оцінки також вважається, що початковий інтервал до першого перемикання не коротший за τ_d (або що цей початковий перехід враховано окремим скінченим множником).[1]

2.2 Стійкість за перемиканням ваг. Етапну вартість зваженого критерію позначимо

$$\ell_w(x, u) = x^T Q_w x + u^T R_w u, \quad (10)$$

де Q_w, R_w, P_w введено в умову A4.

Лема 1 (термінальна нерівність). За A4 для всіх $x \in X_f$ і $w \in W$

$$\ell_w(x, Kx) + x^T (A + BK)^T P_w (A + BK)x \leq x^T P_w x. \quad (11)$$

Доведення. Помножимо матричну нерівність в умові **A4** для агента k на $w_k \geq 0$ і підсумуємо за k .

Лема 2 (межа стрибка функції значення). Нехай $J_k \geq 0$ і $\Psi_w = \sum_k w_k J_k$. Тоді для будь-яких $w, w' \in \mathcal{W}$ і $x \in D$

$$V_{w'}(x) \leq \mu(w, w') V_w(x), \quad \mu(w, w') = \max_k \frac{w'_k}{w_k}. \quad (12)$$

Крім того, $1 \leq \mu(w, w') \leq \bar{\mu} := \frac{1-(N-1)w_{\min}}{w_{\min}}$.

Доведення. Оптимальний план U_w^* допустимий і для w' , оскільки допустимі множини не залежать від ваг (умова **A1**). Тому

$$V_{w'}(x) \leq \sum_k w'_k J_k(x, U_w^*) \leq \max_k \frac{w'_k}{w_k} \sum_k w_k J_k(x, U_w^*) = \mu(w, w') V_w(x). \quad (13)$$

Нерівність $\mu \geq 1$ випливає з $\sum_k w'_k = \sum_k w_k = 1$: якби всі відношення були меншими за одиницю, сума ваг w' була б меншою за суму ваг w . Верхня межа випливає з $w'_k \leq 1 - (N-1)w_{\min}$ і $w_k \geq w_{\min}$. $\square$

Межа $\bar{\mu}$ досяжна для відношення ваг: вона досягається, коли $w_k = w_{\min}$, а вся решта ваги переходить до агента k у w' . Проте як оцінка стрибка функції значення вона є найгіршою глобальною й може бути консервативною.

Лема 3 (спадання при сталих вагах). Нехай виконуються умови **A1–A5** і вага w фіксована. Тоді для $x \in D$

$$V_w(x^+) \leq V_w(x) - \ell_w(x, u_0^*) \leq \lambda V_w(x), \quad \lambda := 1 - \frac{c_\ell}{\alpha_2} \in [0, 1), \quad (14)$$

де u_0^* — перший елемент оптимальної послідовності, а $x^+ = Ax + Bu_0^*$.

Доведення. Розглянемо зсунутий план $(u_1^*, \dots, u_{H-1}^*, Kx_H^*)$. Він допустимий за умови **A1** і **A4** (інваріантність X_f та $KX_f \subseteq U$). Його вартість дорівнює

$$V_w(x) - \ell_w(x, u_0^*) - x_H^{*\top} P_w x_H^* + \ell_w(x_H^*, Kx_H^*) + x_{H+1}^{*\top} P_w x_{H+1}^*. \quad (15)$$

За лемою 1 сума останніх трьох доданків не додатна, тому $V_w(x^+) \leq V_w(x) - \ell_w(x, u_0^*)$. За умовами **A3** і **A5** маємо $\ell_w(x, u_0^*) \geq c_\ell \|x\|^2 \geq (c_\ell/\alpha_2) V_w(x)$. Нерівність $\ell_w(x, u_0^*) \leq V_w(x)$ дає $c_\ell \leq \alpha_2$, а отже $\lambda \geq 0$.

Якщо $\lambda = 0$, у наступних оцінках можна взяти будь-яке $\lambda \in (0, 1)$. Таким чином, спадання між перемиканнями виводиться з МРС-умов і окремого припущення не потребує; з умовою **A5** потрібна лише верхня квадратична межа.

Теорема 1 (достатня умова експоненційної стійкості). Нехай виконуються **A1–A6**. Нехай λ — стала з леми 3, а $\bar{\mu}$ — стала з леми 2. Якщо

$$\bar{\mu} \lambda^{\tau_d} < 1, \quad (16)$$

то область $\mathbf{D}$ додатно інваріантна, МРС-задача рекурсивно допустима, і для будь-якого $\mathbf{x}_0 \in \mathbf{D}$ та будь-якого сигналу перемикачів із часом витримки не менше τ_d (перше перемикання не раніше моменту τ_d)

$$\|\mathbf{x}_t\| \leq \sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_1}} \kappa^{t/2} \|\mathbf{x}_0\|, \quad \kappa := \bar{\mu}^{1/\tau_d} \lambda < 1. \quad (17)$$

Доведення. Допустимість. Допустимі множини не залежать від ваг, а зсунутий план допустимий (лема 3). Тому якщо $\mathbf{x}_t \in \mathbf{D}$, то $\mathbf{x}_{t+1} \in \mathbf{D}$ за будь-якого вибору w . Отже, перемикання не руйнує допустимість.

Оцінка функції значення. Позначимо $V_t := V_{w(t)}(\mathbf{x}_t)$, де $w(t)$ — вага, активна в момент t . На кроці $t \rightarrow t+1$ за лемою 3 маємо $V_{w(t)}(\mathbf{x}_{t+1}) \leq \lambda V_t$. Якщо $w(t+1) \neq w(t)$, то за лемою 2 функція значення збільшується не більше ніж у $\bar{\mu}$ разів. Отже, $V_{t+1} \leq \lambda \bar{\mu}^{\sigma_{t+1}} V_t$, де $\sigma_{t+1} \in \{0, 1\}$ — індикатор перемикання. Ітеруючи, одержуємо

$$V_t \leq \lambda^t \bar{\mu}^{j(t)} V_0, \quad (18)$$

де $j(t)$ — кількість перемикачів до моменту t . За умову **A6** перемикачів розділені не менше ніж τ_d кроками, а перше відбувається не раніше τ_d , тому $j(t) \leq \lfloor t/\tau_d \rfloor$. Оскільки $\bar{\mu} \geq 1$, маємо $\bar{\mu}^{j(t)} \leq \bar{\mu}^{t/\tau_d}$, і тому $V_t \leq \kappa^t V_0$. Умова $\kappa < 1$ рівносильна $\bar{\mu} \lambda^{\tau_d} < 1$ (піднесення до степеня τ_d).

Оцінка норми стану. За умови **A5** і лемою 3 $\alpha_1 \|\mathbf{x}_t\|^2 \leq V_t \leq \kappa^t V_0 \leq \kappa^t \alpha_2 \|\mathbf{x}_0\|^2$. Звідси випливає наведена оцінка.

Зауваження 1. Якщо початковий інтервал до першого перемикання коротший за τ_d , то $j(t) \leq \lfloor t/\tau_d \rfloor + 1$, і в оцінці з'являється додатковий множник $\bar{\mu}$, тобто стала $\sqrt{\bar{\mu} \alpha_2 / \alpha_1}$.

Наслідок 1 (поріг часу витримки). Умова теореми 1 виконується, якщо

$$\tau_d > \frac{\ln \bar{\mu}}{\ln(1/\lambda)}. \quad (19)$$

Достатньо взяти найменше ціле τ_d , що задовольняє строгу нерівність. Якщо відомі локальні відношення ваг $\mu_j = \max_k w_{k,j+1}/w_{k,j}$, ту саму оцінку можна повторити зі сталими μ_j замість глобального $\bar{\mu}$. Це зменшує консерватизм для обмеженої множини допустимих переходів ваг.

3. Результати

3.1. Допоміжні твердження. Перше твердження (термінальні умови): Сумування термінальних умов агентів із невід'ємними вагами гарантує, що термінальний контролер не збільшує суму останньої етапної та термінальної вартостей. Це забезпечує спадання функції значення MPC. Друге твердження (скачок при перемиканні ваг): Оскільки допустимі множини не залежать від ваг, старий оптимальний план залишається допустимим. Нова функція значення обмежується старою, помноженою на максимальне відношення нових ваг до старих. Третє твердження (поведінка за незмінних ваг): Зсунутий оптимальний траєкторний план із термінальним керуванням зменшує функцію значення за кожен крок у сталу кількість разів. Рівномірна верхня квадратична межа функції значення гарантує її експоненційне спадання без додаткових припущень.

3.2. Умова експоненційної стійкості за перемикання ваг. Основний результат: За виконання припущень (сталі множини, термінальні умови, квадратичні межі, мінімальний час витримки) система є експоненційно стійкою, а рекурсивна допустимість зберігається, якщо комбінація стрибка функції значення і коефіцієнта спадання за час витримки менша за одиницю. Ідея доведення: Між перемиканнями функція значення спадає, а при перемиканні може зростати. Оскільки перемикання розділені часом витримки, сумарне спадання переважає можливе зростання. Якщо перший інтервал коротший за час витримки, оцінка коригується додатковим множником стрибка. Оцінка часу витримки: Умову теореми можна подати як нижню межу через логарифми стрибка й спадання.

3.3. Межі та інтерпретація результату. Теорема 1 задає достатню, але не необхідну умову експоненційної стійкості детермінованого контуру за наявності спільної та рекурсивної допустимості, потенціальної структури й квадратичних меж функції значення. Вона гарантує експоненційне спадання стану для сигналів перемикання з відповідним часом витримки, хоча оцінка стрибка може бути консервативною. Ключовий результат дослідження — достатня умова експоненційної стійкості дискретного контуру Парето–Неша–MPC за змінних ваг критеріїв, що дає змогу розрахувати необхідний час витримки. Умова виражена через коефіцієнт спадання функції значення на сталих інтервалах, межу її стрибка при перемиканні та мінімальний час витримки.

Обговорення

Основний результат є достатньою умовою стійкості, застосовною за точної потенціальної структури, спільної допустимої множини, рекурсивної допустимості та рівномірних квадратичних меж функції значення. Умова стійкості зіставляє спадання функції значення на інтервалах сталих ваг із її можливим зростанням у моменти перемикання. Глобальна оцінка стрибка може бути консервативною; якщо допустимі переходи ваг обмежені, її можна уточнювати локальними оцінками для відповідних пар ваг. Отриманий результат є теоретичним: числова валідація в цій редакції не наводиться.

Висновки

У роботі досліджено експоненційну стійкість дискретного контуру Парето–Неша–MPC за змінних у часі ваг критеріїв. Для цього встановлено оцінку

можливого стрибка функції значення під час перемикавання ваг і обґрунтовано її спадання на інтервалах сталих ваг за відповідних умов прогнозного керування. На основі отриманих оцінок сформульовано достатню умову експоненційної стійкості, яка пов'язує коефіцієнт спадання функції значення, межу її стрибка та мінімальний час витримки між перемиканнями. Показано, що належний вибір часу витримки дає змогу компенсувати можливе зростання функції значення в моменти перемикання. Теоретичне значення результату полягає у виведенні достатньої межі на частоту перемикання ваг. Її практичне використання для Smart Home потребує оцінювання параметрів на конкретній моделі та числової або експериментальної перевірки.

Декларація щодо використання ІІІ. Під час підготовки рукопису автори використовували інструменти на основі великих мовних моделей для пошуку й первинного аналізу джерел. Остаточний відбір, перевірку бібліографічних даних і наукові висновки здійснили автори, які несуть відповідальність за зміст.

Список літератури

1. Mayne D. Q., Rawlings J. B., Rao C. V., Scokaert P. O. M. Constrained model predictive control: Stability and optimality // *Automatica*. 2000. Vol. 36, № 6. P. 789–814. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0005109800000807>, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0005-1098\(99\)00214-9](https://doi.org/10.1016/S0005-1098(99)00214-9)
2. Mayne D. Q. Model predictive control: Recent developments and future promise // *Automatica*. 2014. Vol. 50, № 12. P. 2967–2986 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0005109814005160?via%3Di> hub. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2014.10.128>.
3. Bemporad A., Muñoz de la Peña D. Multiobjective model predictive control // *Automatica*. 2009. Vol. 45, № 12. P. 2823–2830. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2009.09.032>.
4. Zavala V. M., Flores-Tlacuahuac A. Stability of multiobjective predictive control: A utopia-tracking approach // *Automatica*. 2012. Vol. 48, № 10. P. 2627–2632. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2012.06.066>.
5. Grüne L., Stieler M. Multiobjective model predictive control for stabilizing cost criteria // *Discrete and Continuous Dynamical Systems – B*. 2019. Vol. 24, № 8. P. 3905–3928. DOI: <https://doi.org/10.3934/dcdsb.2018336>.
6. Müller M. A., Allgöwer F. Improving performance in model predictive control: Switching cost functionals under average dwell-time // *Automatica*. 2012. Vol. 48, № 2. P. 402–409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2011.11.005>. research.uni-hannover
7. Müller M. A., Martius P., Allgöwer F. Model predictive control of switched nonlinear systems under average dwell-time // *Journal of Process Control*. 2012. Vol. 22, № 9. P. 1702–1710. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2012.07.004>.
8. Zhang L., Zhuang S., Braatz R. D. Switched model predictive control of switched linear systems: Feasibility, stability and robustness // *Automatica*. 2016. Vol. 67. P. 8–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2016.01.010>.

9. Venkat A. N., Rawlings J. B., Wright S. J. Stability and optimality of distributed model predictive control // Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, and the European Control Conference 2005. Seville, Spain, 2005. P. 6680–6685. DOI: <https://doi.org/10.1109/CDC.2005.1583235>.
10. Stewart B. T., Venkat A. N., Rawlings J. B., Wright S. J., Pannocchia G. Cooperative distributed model predictive control // Systems & Control Letters. 2010. Vol. 59, № 8. P. 460–469. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sysconle.2010.06.005>.
11. Monderer D., Shapley L. S. Potential games // Games and Economic Behavior. 1996. Vol. 14, № 1. P. 124–143. DOI: <https://doi.org/10.1006/game.1996.0044>.
12. Facchinei F., Kanzow C. Generalized Nash equilibrium problems // 4OR. 2007. Vol. 5, № 3. P. 173–210. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10288-007-0054-4>.
13. Campi M. C., Garatti S. The exact feasibility of randomized solutions of uncertain convex programs // SIAM Journal on Optimization. 2008. Vol. 19, № 3. P. 1211–1230. DOI: <https://doi.org/10.1137/07069821X>.
14. Schildbach G., Fagiano L., Frei C., Morari M. The scenario approach for stochastic model predictive control with bounds on closed-loop constraint violations // Automatica. 2014. Vol. 50, № 12. P. 3009–3018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2014.10.035>.
15. Angeli D., Amrit R., Rawlings J. B. On average performance and stability of economic model predictive control // IEEE Transactions on Automatic Control. 2012. Vol. 57, № 7. P. 1615–1626. DOI: <https://doi.org/10.1109/TAC.2011.2179349>.

ВИКОРИСТАННЯ ГІРАТОРНОГО УЩІЛЬНЮВАЧА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ УЩІЛЬНЮВАНOSTІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ

Пиріг Ян,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
старший науковий співробітник кафедри
технології дорожньо-будівельних матеріалів,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Оксак Сергій,

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Лагутін Андрій,

студент групи ДТ-51-26, другого (магістерського) рівня,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Ущільнення є одним із найважливіших етапів влаштування асфальтобетонного дорожнього покриття. Під час ущільнення асфальтобетонної суміші відбуваються перерозподіл і переорієнтація мінеральних зерен, їх зближення та зменшення об'єму повітряних порожнин. У результаті формується щільніша структура асфальтобетону, властивості якого залежать від гранулометричного складу мінеральних матеріалів, характеристик бітумного в'язучого та умов ущільнення. Досягнення запроєктованої щільності асфальтобетону має істотне значення для отримання високих значень фізико-механічних властивостей дорожнього покриття та забезпечення його експлуатаційної довговічності [1, 2].

Ефективність ущільнення визначається як ущільнювальним обладнанням, так і властивостями самої асфальтобетонної суміші (мінеральний та гранулометричний склад кам'яних матеріалів, вміст та реологічні характеристики бітумного в'язучого, температура суміші, тощо).

Традиційне оцінювання результатів ущільнення асфальтобетонних сумішей ґрунтується переважно на визначенні об'ємних характеристик і фізико-механічних властивостей отриманих зразків після заданої кількості ущільнювальних впливів. До таких характеристик належать об'ємна густина, вміст повітряних порожнин, міцність на стиск за різних температур, міцність на непрямий розтяг та інші показники. Такий підхід характеризує переважно кінцевий стан ущільненого матеріалу, але не завжди дає змогу оцінити закономірності перебігу самого процесу ущільнення. Дві суміші можуть мати близькі значення кінцевої густини, водночас відрізняючись за інтенсивністю

ущільнення, опором ущільнювальним впливам і кількістю циклів, необхідних для досягнення заданого об'ємного стану. Тому для комплексного оцінювання технологічних властивостей асфальтобетонних сумішей важливе значення має аналіз кінетики ущільнення на основі зміни об'ємних характеристик залежно від кількості ущільнювальних циклів.

Розвиток методів оцінювання ущільнюваності асфальтобетонних сумішей пов'язаний, зокрема, з розробленням системи Superpave у межах Стратегічної програми досліджень автомобільних доріг США (Strategic Highway Research Program – SHRP), що реалізовувалася наприкінці 1980-х – на початку 1990-х років. У межах цієї системи для лабораторного ущільнення асфальтобетонних сумішей було запропоновано гіраторний ущільнювач Superpave Gyratory Compactor (SGC). Першочергова задача розробки цього ущільнювача та його застосування в системі Superpave полягала не лише у відтворенні процесу ущільнення асфальтобетонної суміші в лабораторних умовах, а й отримання інформації, що дозволяла б оцінювати її ущільнюваність та виявляти потенційні проблеми, пов'язані з ущільненням [3].

В процесі гіраторного ущільнення зразок піддається циклічному впливу вертикального навантаження та обертального руху, а зміна його висоти дозволяє розраховувати зміну густини або вмісту повітряних порожнин залежно від кількості гіраторних циклів. Таким чином, SGC дозволяє отримувати криву ущільнення, яка характеризує зміну об'ємного стану асфальтобетонної суміші впродовж усього процесу її ущільнення, та оцінювати не тільки кінцеву щільність, а й інтенсивність ущільнення на різних стадіях процесу [4].

За минулий час було запропоновано декілька показників для оцінювання ущільнюваності асфальтобетонних сумішей (нахил накопиченої енергії ущільнення K , точка структурного блокування зернового каркасу LP , кількість обертів до досягнення 92 % максимальної густини G_{mm} , індекс інтенсивності робіт CFI та інші). Значного поширення отримали два енергетичні показники – індекс енергії ущільнення (CEI – compaction energy index) [5] та індекс ущільнення матеріалу під транспортним рухом (TDI – Traffic Densification Index). Ці показники запропонували американські науковці F. Faheem та H.U. Bahia [6] на початку 2000-х років в США. Їх визначення ґрунтується на аналізі залежності зміни максимальної питомої густини (G_{mm}) асфальтобетонної суміші зі збільшенням кількості обертів гіраторного ущільнювача під час ущільнення асфальтобетонних сумішей.

Індекс CEI визначають як площу під кривою ущільнення асфальтобетонної суміші, обмеженою значеннями густини асфальтобетону після 8 обертів гіратору та кількістю обертів, які відповідають досягнення густини на рівні 92 % G_{mm} (рис. 1). У межах прийнятої методики цей показник використовують як непряму оцінку зусиль, необхідних для досягнення заданого рівня ущільнення на етапі будівництва. Водночас CEI не є безпосереднім вимірюванням механічної роботи дорожнього котка: це розрахунковий індекс, отриманий за лабораторною кривою ущільнення.

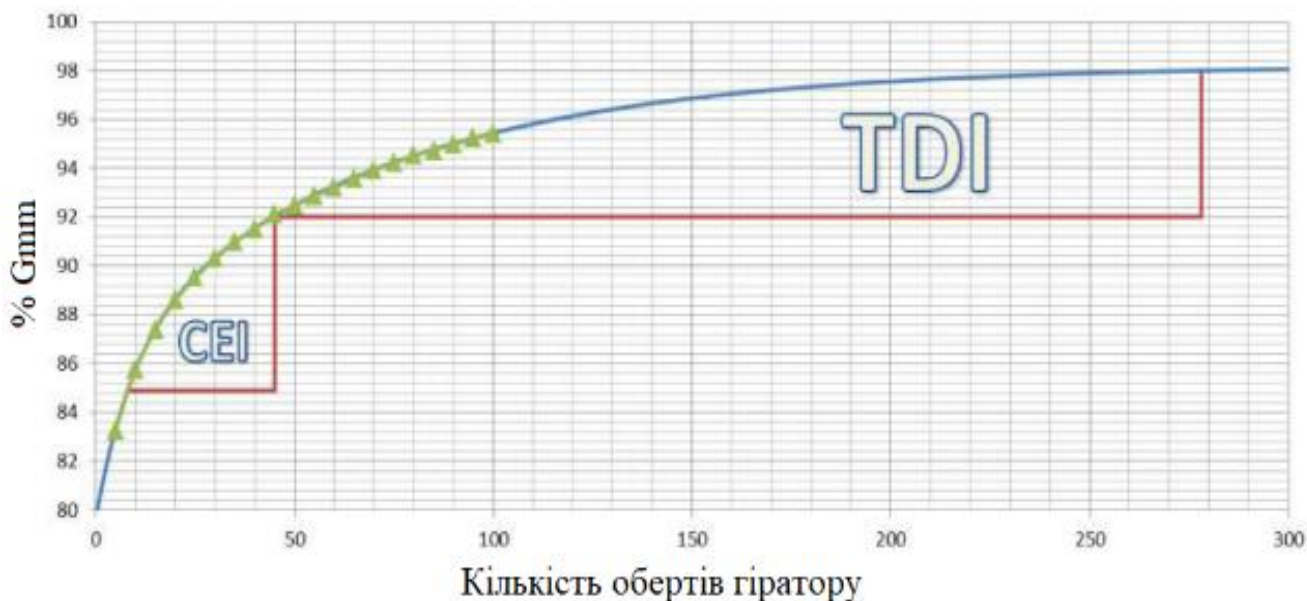


Рисунок 1. Схема визначення CEI та TDI, [7]

Значення індексу CEI зазвичай визначають за формулою:

$$CEI = \sum_{N_i=8}^{N_i=N_i DOC=92\%} (DOC_i - DOC_{N_i=8}) dN_i, \quad (1)$$

де $DOC_{N_i} = 8$ – ступінь ущільнення після 8 обертів гіратора;

$N_i DOC = 92\%$ – кількість обертів гіратора, коли густина асфальтобетону сягає 92 % від максимальної густини G_{mm} .

Встановлено, що асфальтобетонні суміші з більш низькими значеннями CEI мають кращу ущільнюваність та є більш прийнятними. Надто низьке значення індексу CEI може свідчити про занадто пластичну асфальтобетонну суміш, та можливий розвиток пластичних деформацій асфальтобетонного покриття під дією автомобільного руху.

Індекс TDI визначають як площу під кривою ущільнення асфальтобетонної суміші (рис. 1), яка обмежена максимальною питомою густиною асфальтобетону 92 % G_{mm} та 96 % або 98 % G_{mm} .

Індекс TDI є характеристикою ущільнюваності асфальтобетонного шару дорожнього покриття в процесі його експлуатації під рухом автомобільного транспорту. Встановлено, що асфальтобетонні суміші з більш високими значеннями TDI є більш прийнятними, оскільки такий дорожній покриття здатен витримувати більш інтенсивний та вантажонапружений автомобільний рух впродовж запроєктованого терміну експлуатації дороги.

За минулий час на основі чисельних експериментальних досліджень розглянуто вплив різноманітних факторів (зернового складу; вмісту бітуму; температури ущільнення, кількості обертів гіратора та інше) на значення

індексів ущільнюваності асфальтобетонних сумішей CEI та TDI. Встановлено, що найбільш вагомим фактором впливу на ущільнюваність асфальтобетонної суміші є її зерновий склад. Виходячи з цього актуальним є питання оцінювання впливу гранулометричних складів асфальтобетонних сумішей, поширених у вітчизняній дорожній галузі, на їх ущільнюваність та розробка пропозицій щодо проєктування складу асфальтобетонних сумішей з врахуванням показника ущільнюваності.

Висновок. Розглянуто принцип оцінювання ущільнюваності асфальтобетонних сумішей за енергетичними показниками CEI та TDI.

Список літератури

1. MS-2 Asphalt Mix Design Methods. Asphalt institute. 2014. 197 p.
2. Finn F.N., Epps J.A. Compaction of hot mix asphalt concrete. Bryan, TX: Texas Transportation Institute, the Texas A & M University System, 1980. 61 p.
3. McGennis R. B., Anderson R. M., Kennedy T. W., Solaimanian M. Background of SUPERPAVE Asphalt Mixture Design and Analysis. Report No. FHWA-SA-95-003. Washington, DC: Federal Highway Administration, Office of Technology Applications, 1995. 176 p.
4. Bonaquist R. F. Modeling of Hot-Mix Asphalt Compaction: A Thermodynamics-Based Compressible Viscoelastic Model. Report No. FHWA-HRT-10-065. McLean, VA : Federal Highway Administration, 2010. 114 p.
5. Mohammad L.N., Al-Shamsi K. A look at the Bailey method and locking point concept in Superpave mixture design. Practical approaches to hot-mix asphalt mix design and production quality control testing. 2007. P. 24-32.
6. Mahmoud A. F. F., Bahia H. U. Using the Gyratory Compactor to Measure Mechanical Stability of Asphalt Mixtures. Wisconsin Highway Research Program. Report No. WHRP 05-02. Madison, WI : University of Wisconsin–Madison, 2004.
7. Tušar M., Turk M.R., Ržek L. Can be compactability, determined by impact and gyratory compactor, described with one single model? Proceedings of the 7th Eurasphalt & Eurobitume Congress. 15 – 17 June. 2021. 6 p.

MULTI-FACTOR AUTHENTICATION ANALYSIS: EVALUATING PHYSICAL AND BEHAVIORAL BIOMETRIC SECURITY MODELS

Sedikov Denys

Student pursuing the first (bachelor's) level of higher education

Specialty 125 "Cybersecurity and Information Protection"

Physics and Technology Faculty

Oles Honchar Dnipro National University

Dnipro, Ukraine

I. Introduction

The rapid advancement of digital technologies has fundamentally altered the landscape of information security, necessitating more robust methods for verifying identity [2]. Historically, authentication has relied on "something you know," such as passwords or PIN codes [2, 3]. However, these traditional methods are increasingly vulnerable to sophisticated cyber-attacks, including phishing, social engineering, and brute-force cracking [1, 3]. The inherent flaws of password-based security - ranging from user forgetfulness to the ease with which credentials can be stolen - have driven a global shift toward biometric authentication, or "something you are" [2, 3].

Biometric authentication utilizes unique physiological and behavioral characteristics to verify a user's identity [2, 3]. Unlike passwords, biometric identifiers are intrinsically linked to the individual, offering a higher level of security and significantly greater user convenience, as they eliminate the need to memorize complex alphanumeric strings [2]. The transition from knowledge-based to characteristic-based identification is not merely a technological upgrade but a paradigm shift in how security is conceptualized [1, 2]. As information systems become more integrated into critical infrastructure, including finance, healthcare, and national defense, the demand for reliable biometric models has become a priority for ensuring data integrity and preventing unauthorized access [1, 2].

II. Physical Biometrics: Methods, Accuracy, and Reliability

Physical biometrics, often referred to as static methods, rely on stable physiological traits that remain relatively unchanged over a person's lifetime [2, 3]. The most prevalent modalities in modern security systems include fingerprinting, facial recognition, and iris scanning, each possessing distinct technical profiles regarding speed, cost, and precision [2].

Technical Comparison of Methods

Fingerprint Recognition: This is the most widely adopted method due to its balance of speed and cost [2, 3]. According to the sources, fingerprint systems demonstrate a reliability of approximately **98%** and are exceptionally fast, with an average authentication time of **200 milliseconds** [2]. However, its effectiveness can be hindered by physical damage to the skin or the use of 3D-printed spoofs [3].

Facial Recognition: Utilizing 3D geometry or neural networks to map facial features, this method offers a reliability of **95%** and a speed of **300 milliseconds** [2]. While highly convenient for contactless access, it is notably sensitive to environmental factors, such as changes in lighting or human emotional expressions, which can degrade accuracy [2, 3].

Iris Scanning: Often cited as the most secure static method, iris recognition analyzes the complex and unique patterns of the colorful ring surrounding the pupil [1]. It boasts a high reliability of **99.5%**, which can increase to **99.7%** when enhanced by deep learning algorithms [1, 2]. Although it is slightly slower (**500 milliseconds**) and more expensive to implement, its resistance to forgery makes it ideal for high-security environments [1, 2].

Table 1. Comparative analysis of the characteristics of physical biometric methods

Biometric Method	Reliability (%)	Speed (ms)	Key Vulnerabilities / Limitations
Fingerprint Recognition	98.0%	200 ms	3D spoofs, skin damage [2, 3]
Facial Recognition (Facial Scan)	95.0%	300 ms	Sensitivity to lighting, masks [2, 3]
Iris Scanning	99.5% – 99.7%	500 ms	Higher equipment cost [1, 2]

Source of the table: compiled by the author based on sources [1, 2, 3]

Evaluating Accuracy: The FAR and FRR Formulas

The effectiveness of these systems is mathematically determined by two critical probabilistic parameters: the False Acceptance Rate (FAR) and the False Rejection Rate (FRR) [1].

FAR (False Acceptance Rate) represents the probability that the system incorrectly identifies an unauthorized intruder as a legitimate user [1]. It is calculated as $FAR = U/C$, where U is the number of unauthorized access errors and C is the total number of correct recognitions [1].

FRR (False Rejection Rate) is the probability that a legitimate user is denied access [1]. The formula is $FRR = N/C$, where N represents the total number of false rejection errors [1].

The overall Reliability of a biometric system is defined by the equation: Reliability = $100\% - (FAR + FRR)$ [1, 2].

The Engineering Challenge of Balance

For security engineers, the primary challenge lies in the fact that FAR and FRR are inversely related [1]. If an engineer adjusts the system's sensitivity threshold to minimize the FAR (maximizing security), the FRR inevitably rises, causing frequent false rejections that frustrate users [1]. Conversely, lowering the threshold to improve user convenience (lowering FRR) increases the risk of a false acceptance, thereby

compromising security [1, 3]. Finding the "Equal Error Rate" (ERR) - the point where both error types are minimized and balanced - is essential for creating a system that is both secure and operationally efficient [1].

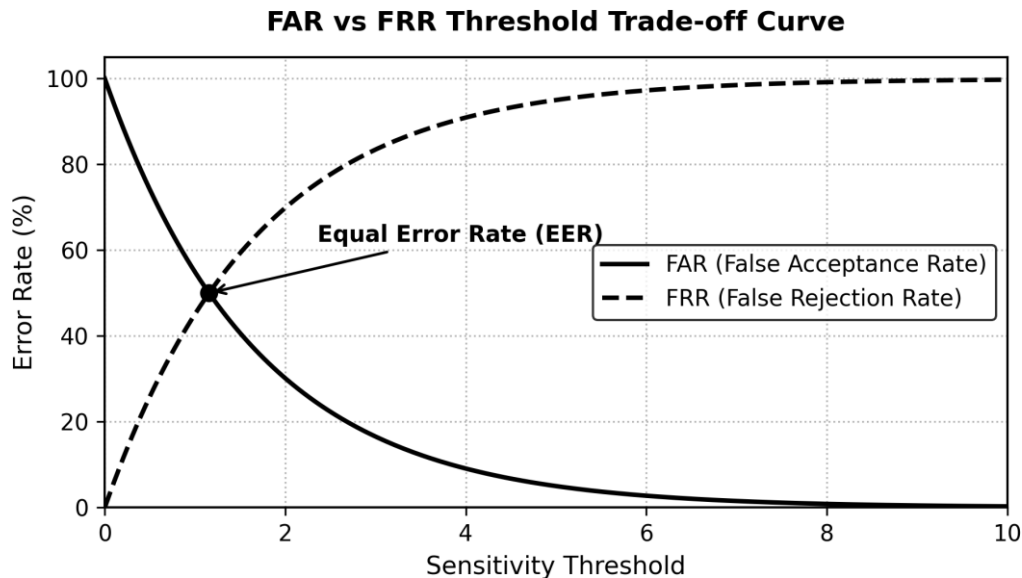


Figure 1. Dependence of FAR and FRR errors on the sensitivity threshold of a biometric system

Source of the figure: compiled by the author based on [1]

III. Modern Vulnerabilities and the Immutability Risk

Despite the high accuracy of modern biometric systems, they face significant technical and ethical challenges that threaten their long-term viability [3]. A fundamental vulnerability unique to this field is the "Immutability Risk" [3]. Unlike traditional passwords or cryptographic tokens, which can be instantly reset or changed upon a security breach, biometric identifiers are permanent physiological traits [3]. If a digital biometric template - such as a hash of a fingerprint or an iris scan - is leaked or compromised, it is considered permanently stolen, as the user cannot "change" their biological features to regain security [3]. This creates a high-stakes environment where data breaches can lead to lifelong identity theft and fraud [3].

Furthermore, systems are increasingly susceptible to spoofing attacks, where attackers use physical or digital artifacts to bypass sensors [3]. Sources highlight that traditional scanners can be deceived using high-resolution photos, 3D masks, and even artificial latent fingerprints [3]. For instance, facial recognition systems often struggle to distinguish between a living human and a high-quality 3D representation, especially when environmental factors like lighting vary [2, 3]. The threat landscape is further complicated by the emergence of AI-driven deepfakes [3]. Sophisticated machine learning algorithms can now generate highly realistic voice modulations and facial animations that are specifically designed to bypass voice and facial recognition protocols [3]. Because these deepfakes can mimic the subtle nuances of human biology,

they represent a significant challenge for unimodal systems that rely on a single point of verification [1, 3].

IV. The Future: Behavioral Biometrics and Advanced Security Models

To mitigate the weaknesses of static physical biometrics, the industry is shifting toward behavioral biometrics, which analyze dynamic patterns of human activity [2, 3]. Rather than checking "what you are" (physiological), these systems verify "how you act" [2]. Key markers in this field include keystroke dynamics (analyzing typing rhythm and pressure), gait analysis (identifying unique walking patterns), and voice modulation [2, 3]. Behavioral traits are considered more secure because they are subconscious and involve a complex interplay of neurological and muscular movements that are nearly impossible for an attacker to replicate perfectly [2, 3].

The current standard for high-security environments is the implementation of multimodal systems [1, 2]. By combining multiple biometric traits - such as a facial scan paired with voice recognition and behavioral analysis - the probability of a false acceptance (FAR) is dramatically reduced [1, 2]. This synergy allows the strengths of one modality to compensate for the weaknesses of another; for example, a behavioral check can serve as a second layer of defense if a physical fingerprint is spoofed [1, 3].

Modern security architectures are also integrating advanced technologies to protect the integrity of this data [2]. Blockchain technology is being deployed for the decentralized storage of biometric hashes, ensuring that there is no single point of failure and that templates cannot be unauthorizedly modified [2]. This approach can reduce the risk of fraud by 60-80% compared to centralized databases [2]. Simultaneously, Artificial Intelligence is used for advanced "liveness detection" [2]. Using deep learning models like Convolutional Neural Networks (CNN), systems can now distinguish between a real person and a spoof by analyzing micro-expressions or skin texture in real-time, reaching identification accuracy levels of up to 99.7% [2]. This combination of behavioral dynamics, decentralized storage, and AI-driven verification represents the next frontier in robust identity management [1, 2].

V. Conclusion

The evolution of authentication marks a definitive transition from traditional knowledge-based methods, such as passwords and PIN codes, to complex systems grounded in unique human characteristics [2, 3]. While physical biometrics - like fingerprinting and iris scanning - offered a substantial leap in reliability, the emergence of AI-driven threats has necessitated further innovation [1, 3]. Modern vulnerabilities, ranging from sophisticated spoofing to the creation of synthetic deepfakes, highlight the fundamental "immutability risk": once a biometric template is compromised, it cannot be reset [3].

In the security landscape of 2026, relying on a single biometric identifier is no longer sufficient [1, 3]. Achieving a high level of information protection requires a systemic approach that integrates diverse defensive layers [1, 2]. This includes the deployment of hardware (such as haptic tokens), advanced software (utilizing neural networks for liveness detection), and behavioral analysis to monitor dynamic interaction patterns [1, 2, 3]. Technologies such as blockchain and quantum cryptography provide the necessary decentralized and encrypted infrastructure to

secure these templates against future computational threats [2]. Ultimately, the shift toward behavioral biometrics and multimodal authentication ensures that security systems remain resilient and adaptive [1, 2]. By moving beyond static physiological checks to analyze how a user interacts with technology in real-time, organizations can provide a defense-in-depth strategy that effectively stays ahead of the rapidly evolving AI-driven threat landscape [1, 2, 3].

References

- [1] Stasev, Yu.V., Honcharenko, K.G., & Moroz, V.I. (2023). Analysis of the Method of Multifactor Authentication of Information Systems Users Based on the Iris. *Information Processing Systems*, 3(174), 63–69.
- [2] Zhuravel, Yu.I., & Lisovskyi, B.V. (2025). Analysis of Models and Algorithms of Authentication Based on Biometric Data. *Modern Information Security*, 2(62), 51–58.
- [3] Shabala, Ye., Korniychuk, B., & Humennyi, D. (2024). Disadvantages of Using Biometric Identifiers in Access Restriction Systems. *Management of Development of Complex Systems*, (59), 131–137.

BIOCERAMIC MATERIALS IN MODERN ENDODONTICS: PROPERTIES, CLINICAL APPLICATIONS, AND FUTURE PERSPECTIVES

Korniichuk Oleksandr

Candidate of Medical Sciences,
Assistant Professor, Department of Therapeutic Dentistry and Dentistry of
Postgraduate Education, Dnipro State Medical University

Background

The development of modern endodontics is focused not only on improving the mechanical instrumentation and chemical disinfection of the root canal system but also on identifying materials capable of providing long-term sealing and favorable interactions with dental and periapical tissues. Bioceramic materials occupy a prominent position among these materials, and their introduction has significantly expanded the possibilities of both nonsurgical and surgical endodontic treatment [1, 2].

Calcium silicate-based bioceramic materials are of particular clinical importance in modern endodontics. These include mineral trioxide aggregate (MTA), tricalcium silicate cements, bioceramic sealers, and root repair materials. Their fundamental distinction from conventional endodontic materials lies in the combination of sealing properties, biocompatibility, and bioactivity. These characteristics create favorable conditions not only for sealing the root canal system but also for supporting tissue repair processes [2, 3].

Aim

To summarize current scientific evidence regarding the physicochemical and biological properties of bioceramic materials, identify their principal clinical applications in endodontics, and outline prospects for their further use.

Materials and Methods

A literature-based analytical review was conducted to summarize current scientific publications addressing the properties and clinical applications of bioceramic materials in endodontics. The analysis focused on calcium silicate-based cements and sealers, their biocompatibility, bioactivity, sealing ability, and applications in root canal treatment, vital pulp therapy, apexification, perforation repair, and endodontic surgical procedures.

Results and Discussion

An analysis of current scientific evidence indicates that one of the major advantages of calcium silicate-based bioceramic materials is their ability to interact with the biological environment. During hydration of calcium silicate components, calcium silicate hydrate and calcium hydroxide are formed, contributing to the development of an alkaline environment and the release of calcium ions. Upon contact with phosphates present in biological fluids, apatite-like mineral structures may form on the material surface. These processes are considered among the mechanisms

underlying the bioactivity of these materials and their ability to create favorable conditions for tissue mineralization and repair [1, 2].

Important properties of modern bioceramic materials include high biocompatibility, hydrophilicity, stability in moist environments, and sealing ability. Moisture, which may adversely affect the properties of certain conventional endodontic materials, is essential for the setting reaction of calcium silicate-based cements. This characteristic is particularly important in clinical situations where complete moisture control is difficult to achieve [1, 3].

Historically, MTA remains the most extensively investigated representative of this group and has long been regarded as a reference bioceramic material for various endodontic procedures. However, its clinical application has certain limitations related to handling characteristics, prolonged setting times of some formulations, and the potential risk of tooth discoloration. These limitations have stimulated the development of new generations of calcium silicate-based materials with improved physicochemical and handling properties [1, 3].

One of the most promising applications is the use of bioceramic sealers for root canal obturation. Their hydrophilicity, minimal dimensional changes after setting, ability to penetrate anatomical irregularities of the root canal, and potential to form a mineralized interface with dentin create favorable conditions for effective long-term sealing. These properties have contributed to the increasing use of single-cone obturation techniques employing a gutta-percha cone of appropriate taper in combination with a calcium silicate-based sealer [1, 4].

Nevertheless, currently available clinical evidence does not support the assumption that bioceramic sealers are unequivocally superior to all conventional materials. Systematic reviews generally demonstrate comparable clinical outcomes between calcium silicate-based and epoxy resin-based sealers, emphasizing the need for further long-term randomized clinical trials [4].

Bioceramic materials also offer considerable potential in vital pulp therapy. Their high biocompatibility and ability to stimulate the formation of a mineralized barrier support their application in direct pulp capping and pulpotomy. Contemporary approaches to preserving pulp vitality emphasize the establishment of biologically favorable conditions for tissue repair. Therefore, calcium silicate-based cements represent an important component of minimally invasive endodontics [2, 3].

Another clinically significant application involves the treatment of teeth with incomplete root development. The creation of an apical barrier using calcium silicate-based cement provides a reliable apical stop and reduces treatment duration compared with conventional multivisit apexification using calcium hydroxide. Bioceramic materials are also employed in regenerative endodontic procedures to establish a coronal barrier [1, 2].

Their ability to set in moist environments, combined with biocompatibility and favorable sealing properties, supports the use of calcium silicate-based materials for repairing iatrogenic and pathological root perforations, including furcation perforations. In endodontic surgery, these materials are used for retrograde root-end

filling following apical root resection, where direct contact with periapical tissues places particularly high demands on their biological properties [1-3].

Thus, the application of bioceramic materials reflects a conceptual shift in modern endodontics: from the use of predominantly inert materials whose function was primarily limited to mechanical sealing toward bioactive materials capable of interacting with surrounding tissues and creating favorable conditions for tissue repair [1, 2].

At the same time, bioceramic materials are not without limitations. Current challenges include variations in the physicochemical properties of different formulations, difficulties associated with their removal from root canals during nonsurgical retreatment, technique-dependent clinical outcomes, and the limited availability of long-term clinical evidence for certain recently developed materials [3, 5, 6].

Conclusions

Bioceramic materials represent one of the most promising areas in the development of modern endodontics. Their combination of biocompatibility, bioactivity, hydrophilicity, and sealing ability provides a broad range of clinical applications, including root canal obturation, vital pulp therapy, apexification, perforation repair, regenerative procedures, and endodontic surgery.

Further advances in bioceramic technologies should focus on improving material handling properties, enhancing the predictability of clinical applications, and obtaining robust evidence of long-term effectiveness. A promising direction is the transition from the concept of passive sealing of the root canal system toward the use of biologically active materials capable of providing optimal conditions for the preservation, repair, and regeneration of dental and maxillofacial tissues.

References

1. Dong X, Xu X. Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering*. 2023; 10(3):354. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10030354>
2. Wang X, Xiao Y, Song W, Ye L, Yang C, Xing Y, et al. Clinical application of calcium silicate-based bioceramics in endodontics. *J Transl Med*. 2023;21:853. <https://doi.org/10.1186/s12967-023-04550-4>.
3. Küçükkaya Eren S. Clinical applications of calcium silicate-based materials: a narrative review. *Aust Dent J*. 2023;68(Suppl 1):S96–S109. <https://doi.org/10.1111/adj.12986>
4. Sabeti MA, Karimpourtalebi N, Shahravan A, Dianat O. Clinical and radiographic failure of nonsurgical endodontic treatment and retreatment using single-cone technique with calcium silicate-based sealers: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2024;50(6):735–746.e1. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2024.03.007>
5. Zhekov KI, Stefanova VP. Retreatability of Bioceramic Endodontic Sealers: a Review. *Folia Medica*. 2020;62(2):258-264. <https://doi.org/10.3897/folmed.62.e47690>
6. Prasad Kumara PAAS, Cooper PR, Cathro P, Gould M, Dias G, Ratnayake J. Bioceramics in Endodontics: Limitations and Future Innovations-A Review. *Dent J (Basel)*. 2025 Apr 1;13(4):157. doi: 10.3390/dj13040157.

STUDY OF NOISE POLLUTION LEVELS FROM VARIOUS SOURCES

Kharchyshyn Viktor,

Associate Professor, Department of Ecology, Agroecology and Ecotrophology, Bila
Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Adamchuk Oleksandr,

Higher education student, educational program E2 Ecology
Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Dmytrevych Artem,

Higher education student, educational program E2 Ecology
Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Korol Maksym,

Higher education student, educational program E2 Ecology
Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Shvayka Serhiy,

Higher education student, educational program E2 Ecology
Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

In today's world, characterized by rapid scientific and technological progress [1–9], noise is recognized as a form of physical stress on the environment. Noise encompasses all unpleasant or unwanted sounds—or a combination thereof—that interfere with productive activity, the perception of important auditory information, and rest. Adaptation to such an impact is nearly impossible [1–4].

Essentially, noise consists of particle vibrations of varying frequency, intensity, pitch, and duration, which are perceived by the human ear as unwanted signals. If noise includes all sound frequencies, it is defined as white noise. When high-frequency sound vibrations predominate, such noise is called violet noise by analogy with light vibrations; when low-frequency sound vibrations predominate, it is called pink noise [1–6].

The main sources are transportation, industry, construction, and household appliances [1].

In light of the above, the objective of our study was to examine the level of noise pollution from various sources.

The results of the analytical study show that prolonged exposure to man-made noise negatively affects the human nervous system, causing fatigue, reducing concentration, and gradually damaging hearing. Under its influence, plants slow their growth and excessively release moisture through their leaves, which often leads to their

death. In animals, noise causes disorientation, interferes with the communication signals of birds and mammals, and forces them to abandon their usual habitats. Among domestic animals, there is a decrease in milk production in cows, reduced weight gain in pigs, and a decline in egg production in chickens [1–4].

Research conducted at the Bila Tserkva National Agrarian University revealed a significant difference in noise levels between natural recreational areas and urbanized areas with active economic activity. In particular, in the university's Recreational Eco-Garden, background noise did not exceed a safe level of 40 dB, which meets comfortable health standards for recreational areas. This level promotes human well-being and the preservation of local biodiversity. In contrast, near roads, noise levels reached 80 dB, which significantly exceeds the limits recommended by the World Health Organization for daytime hours. This indicates a significant impact of traffic noise on suburban and urban ecosystems.

Local sources of high noise levels, as recorded during monitoring, pose a particular danger to the acoustic environment. Specifically, the noise level of a gasoline-powered generator reached 100.7 dB, dogs barking reached 103 dB, and the operation of a chainsaw exceeded the critical threshold of 116 dB. From an ecological and physiological standpoint, these levels significantly exceed not only the safe threshold for human hearing but also the pain threshold. According to occupational standards, the maximum permissible level for prolonged exposure is limited to 85 dB (Fig.1).



Figure 1. Measurement of noise exposure

Source of the figure: photo taken by the author

Such high levels of noise pollution pose serious risks both for occupational hearing loss and for the development of systemic disorders in the nervous, cardiovascular, and endocrine systems among people in the affected area. In addition, intense sound pressure negatively affects urban wildlife by disrupting their communication networks. This forces birds and animals to leave their usual habitats or causes them chronic stress, which further complicates their adaptation to the environment.

Conclusion. To protect against urban noise, it is recommended to use earplugs or active noise-canceling headphones, take regular “quiet breaks” in parks, and choose routes away from busy roads. In addition, planting greenery around buildings effectively helps reduce noise levels.

References

1. Максименко Н. В. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: підручник для студентів вищих навчальних закладів Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. 264 с.
2. Фурдичко О. І., Славов В. П., Войцицький А. П. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище: навчальний посібник. Київ: Основа, 2008. 360 с.
3. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище: Методичні вказівки для виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 «Екологія» / В.М. Харчишин, В.С. Бітюцький, О.М. Мельниченко, П.І. Веред, М.В. Злочевський, Ю.О. Мельниченко, О.П. Шулько, Л.С. Онищенко. Біла Церква, 2021. 29 с. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7011>
4. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище: Методичні вказівки до виконання самостійних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 «Екологія» / В.М. Харчишин, В.С. Бітюцький, О.М. Мельниченко. Біла Церква, 2021. 15 с. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/6992>
5. Моделювання і прогнозування стану довкілля: Методичні вказівки для виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 «Екологія» / В.М. Харчишин, В.С. Бітюцький, О.М. Мельниченко, П.І. Веред. Біла Церква, 2021. 27 с. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7090>
6. Моделювання і прогнозування стану довкілля: Методичні вказівки до виконання самостійних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 «Екологія» / В.М. Харчишин, В.С. Бітюцький, О.М. Мельниченко. Біла Церква, 2021. 15 с. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7128>
7. Харчишин В. М., Бітюцький В. С., Мельниченко О. М., Злочевський М. В., Орловський А. О. Екологічна оцінка впливу автомобільного транспорту на довкілля міста Біла Церква Київської області. Development trends and improvement of old methods. Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference (Poland, December 12-15, 2023). Warsaw: International Science Group, 2023. P. 23–25. DOI – 10.46299/ISG.2023.2.13 <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9258>
8. Харчишин В. М., Деркач В. М., Коваленко Я. В., Лісенко В. В., Жолудь М. Ю. Організація та управління в природоохоронній діяльності. Innovative scientific research: theory and practice. Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference (Sweden, November 21-24, 2023). Stockholm: International

Science Group, 2023. P. 23–28. DOI – 10.46299/ISG.2023.2.10
<http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9138>

9. Kharchyshyn V., Bityutsky V., Melnychenko O., Tsekhmistrenko S., Gerasymenko V., Onyshchenko L. Ways of balanced use of vermiculture biotechnology in the conditions of anthropogenic load on the environment. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 108-115. DOI: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-108-115

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Герасимчук Олена Петрівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Уманський національний університет

Агропромисловий комплекс України, зокрема олійно-жирова галузь, традиційно оцінювався передусім за показниками економічної ефективності, обсягами виробництва та експортним потенціалом. Водночас активне нарощування виробничих потужностей супроводжується посиленням техногенного навантаження та загостренням екологічних проблем локального і регіонального рівнів [1–3]. Діяльність олійно-екстракційних підприємств пов'язана зі значним споживанням води й енергетичних ресурсів, утворенням стічних вод, атмосферних викидів і твердих відходів, неналежне поводження з якими може негативно впливати на стан довкілля.

Євроінтеграційний курс України та наближення національного природоохоронного законодавства до вимог Європейського Союзу посилюють екологічні вимоги до промислових підприємств [1]. За таких умов упровадження принципів сталого розвитку, циркулярної економіки, ресурсоефективності та декарбонізації стає важливою передумовою підвищення екологічної безпеки виробництва та конкурентоспроможності української продукції на міжнародних ринках.

Метою дослідження є оцінювання основних напрямів техногенного впливу підприємств олійно-жирової галузі на довкілля та обґрунтування перспективних заходів їх екологічної модернізації, зокрема удосконалення систем очищення стічних вод, поводження з жировмісними відходами та скорочення атмосферних викидів.

Дослідження ґрунтується на принципах екологічного моніторингу, промислової біотехнології, ресурсоефективного виробництва та сучасних підходах до екологічного менеджменту. Аналіз діяльності олійно-екстракційних підприємств дає змогу виділити три основні напрями впливу на навколишнє природне середовище: атмосферні викиди, виробничі стічні води та тверді промислові відходи.

Одним із характерних забруднювачів атмосферного повітря на стадії екстракції є леткі органічні сполуки, передусім пари гексану та інших вуглеводневих розчинників. Навіть за наявності систем конденсації та рекуперації можливі дифузні втрати розчинника через негерметичність технологічного обладнання, резервуарів та під час вивантаження шроту. Додаткове навантаження на атмосферне повітря створюють пилові викиди на стадіях приймання, транспортування й підготовки олійної сировини, а також продукти згоряння палива в котельних установках.

Не менш важливою екологічною проблемою є утворення виробничих стічних вод. Вони характеризуються значним вмістом органічних речовин, емульгованих

жирів, фосфоліпідів, мінеральних солей та нестабільними значеннями рН. Основними джерелами таких стоків є процеси рафінації, гідратації, дезодорації, промивання технологічного обладнання, а також конденсати, що утворюються під час випарювання та дистиляції.

Високе органічне навантаження стічних вод зумовлює необхідність їх попереднього очищення безпосередньо на підприємстві. Ефективне управління водними ресурсами має передбачати не лише механічні, фізико-хімічні та біологічні методи очищення, а й поступове формування оборотних і замкнених систем водокористування. Це сприяє скороченню споживання свіжої води та зменшенню обсягів промислових стоків.

Важливим напрямом екологічної модернізації є перехід від накопичення виробничих відходів до їх повторного використання як вторинних ресурсів. Особливої уваги потребує поводження із соапстоками, які утворюються під час лужної нейтралізації рослинних олій та містять солі жирних кислот, нейтральний жир і залишковий луг. Традиційне кислотне розщеплення таких відходів супроводжується утворенням значної кількості кислих сульфатвмісних стічних вод, що потребують подальшої нейтралізації [4, 5].

Перспективною альтернативою є застосування біотехнологічних методів, зокрема ензиматичного гідролізу з використанням ліпаз мікробіологічного походження. Такий підхід дає можливість здійснювати процес за помірних температур і близьких до нейтральних значень рН без використання значних кількостей агресивних мінеральних кислот. Отримані жирні кислоти можуть використовуватися як вторинна сировина для виробництва біопалива, мастильних матеріалів та інших продуктів біоекономіки [6].

Окремою проблемою є утилізація відпрацьованих відбілювальних глин. Після адсорбційного очищення олії вони містять значну кількість залишкового жиру, що підвищує ризик самонагрівання та займання під час зберігання [7]. Перспективними напрямками поводження з такими відходами є вилучення залишкового жиру з його подальшим використанням, застосування регенованої мінеральної складової у виробництві будівельних матеріалів, а також використання жировмісних відходів як ко-субстрату в процесах анаеробного зброджування та отримання біогазу.

Зменшення викидів гексану залишається одним із важливих завдань екологічної модернізації олійно-екстракційних підприємств. Скорочення втрат органічних розчинників може забезпечуватися комплексним застосуванням конденсації, абсорбції та адсорбційного очищення газових потоків. Уловлений розчинник доцільно повертати в технологічний цикл, що одночасно знижує екологічне навантаження та втрати виробничих ресурсів.

Важливою складовою екологізації галузі є впровадження сучасних систем екологічного менеджменту та міжнародної сертифікації. Застосування принципів ISO 14001 сприяє систематизації управління екологічними ризиками, контролю використання ресурсів, запобіганню аварійним ситуаціям та постійному вдосконаленню природоохоронної діяльності підприємств.

Для виробників, орієнтованих на європейські ринки біоенергетичної сировини, важливе значення має підтвердження сталості та простежуваності виробничих ланцюгів відповідно до визнаних міжнародних схем сертифікації, зокрема ISCC. Такі підходи дають змогу документувати походження сировини, оцінювати викиди парникових газів упродовж виробничого ланцюга та підтверджувати відповідність продукції встановленим критеріям сталості.

Екологічна модернізація олійно-жирової галузі України має ґрунтуватися на комплексному поєднанні технологічних, організаційних та управлінських рішень. Пріоритетними напрямками є скорочення водоспоживання та впровадження оборотних систем водокористування, удосконалення очищення виробничих стічних вод, зниження викидів летких органічних сполук, повторне використання жировмісних відходів та розвиток технологій їх біологічної переробки.

Перехід від традиційних способів утилізації соапстоків до біотехнологічних методів дає можливість зменшити утворення вторинних забруднених стоків та одночасно отримувати цінну вторинну сировину. Удосконалення систем уловлювання і рекуперації органічних розчинників сприяє скороченню атмосферних викидів та підвищенню ресурсоефективності виробництва.

Впровадження систем екологічного менеджменту, принципів циркулярної економіки, оцінювання життєвого циклу продукції та міжнародної сертифікації є важливими складовими адаптації підприємств олійно-жирової галузі України до сучасних європейських екологічних вимог. Реалізація цих заходів сприятиме зменшенню техногенного навантаження на довкілля, раціональному використанню ресурсів та зміцненню конкурентних позицій української олійно-жирової продукції на міжнародному ринку.

Список літератури

1. Антонюк, П. Розбудова ринкового середовища в олійно-жировій промисловості України на засадах розвитку секторів глибокої переробки сировини в умовах відродження та євроінтеграції. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, 2025, 2 (16), 10–17. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(16\).2025.2](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(16).2025.2)
2. Ціхановська В. М. Оцінка стану та основні напрями розвитку вітчизняного агропродовольчого ринку в умовах глобалізації. *Ефективна економіка*. 2016. № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/>
3. Красняк О. П., Довгань Ю.В. Маркетингова оцінка напрямків інвестиційно-інноваційної активності підприємств олійно-жирового під комплексу. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 12. С. 42–46. <http://ir.vtei.edu.ua/card.php?id=26336>
4. Саблій Л.А., Жукова В.С., Єпішова Л.Д. Очищення соапстоків підприємств олійно-жирової промисловості фізико-хімічними методами. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2022. Вип. 39. С. 53–60. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.39.53-60> .

5. Casali B., Brenna E., Parmeggiani F. et al. Enzymatic Methods for the Manipulation and Valorization of Soapstock from Vegetable Oil Refining Processes. *Sustainable Chemistry*. 2021. №1. С. 74–91. <https://doi.org/10.3390/suschem2010006>
6. Саблій Л.А., Жукова В.С., Єпішова Л.Д. Проблеми попереднього локального очищення стічних вод виробництва олії та їх ефективне вирішення. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. К.: КНУБА, 2021. Вип. 35. С. 48–55. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2021.35.48-55>
7. Yu D. et al. Refined soybean oil wastewater treatment and its utilization for lipid production by the oleaginous yeast *Trichosporon fermentans*. *Biotechnol. Biofuels*. 2018. Vol. 11, № 1. P. 299. <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1306-6>

ЕКОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ

Коструба Владислав Юрійович,

здобувач магістерського рівня вищої освіти
Поліський національний університет

Кучинський Віктор Францович,

здобувач магістерського рівня вищої освіти
Поліський національний університет

Жучик Вадим Юрійович,

здобувач магістерського рівня вищої освіти
Поліський національний університет

Андросович Микола Іванович,

здобувач магістерського рівня вищої освіти
Поліський національний університет

Сорока Вадим Володимирович,

здобувач магістерського рівня вищої освіти
Поліський національний університет

Рішення щодо використання природних ресурсів і розвитку господарства змінюють умови, від яких залежить подальша діяльність суспільства. Скорочення витрат у межах окремого підприємства може супроводжуватися виснаженням ресурсної бази, а розширення інфраструктури – погіршенням стану природних ділянок. Тому оцінювання розвитку потребує врахування того, чи зберігаються його екологічні передумови. У дослідженнях взаємозв'язку економічного розвитку й ресурсоспоживання розмежовують зниження ресурсомісткості діяльності та абсолютне скорочення використання ресурсів і впливу на довкілля. Для екологічної збалансованості важливі масштаби, тривалість і достатність такого скорочення [1].

Мета роботи – узагальнити екологічні засади збалансованого розвитку та визначити спільні орієнтири їх урахування у природокористуванні й функціонуванні господарських систем. Розгляд ґрунтується на аналізі наукових і методичних джерел, що дозволяє зіставити підходи до збереження природних екосистем, використання ресурсів та вдосконалення інфраструктури.

Збалансованість розвитку передбачає узгодження суспільних потреб із можливостями природних систем та наслідками господарської діяльності. Її екологічний зміст пропонуємо розкривати через три взаємопов'язані положення: збереження здатності екосистем функціонувати й відновлюватися; запобігання

непродуктивним витратам ресурсів; урахування екологічної цінності природних систем і сукупних наслідків управлінських рішень. За такого підходу результат розвитку характеризується також станом природної основи, на яку спираються виробництво, надання послуг і життєдіяльність людей.

Першою засадою є збереження екологічної стійкості. У межах цього розгляду під нею розуміємо здатність природних систем підтримувати основні функції за дії навантажень і відновлюватися після порушень. Її оцінювання потребує врахування властивостей конкретних екосистем і характеру впливів на них. Для лісів важливим орієнтиром є структурне різноманіття: відмінності дерев за віком і розмірами, ярусність та просторова неоднорідність насаджень. Дослідження мішаних насаджень свідчать, що їхня структура, ріст і взаємодія дерев можуть істотно відрізнятися від одновидових деревостанів. Це обґрунтовує потребу враховувати особливості поєднання порід і просторової будови під час вибору лісгосподарських заходів [2].

Водночас різноманіття не слід трактувати як універсальну гарантію стійкості. Доцільність певного складу та будови насаджень визначається умовами місцезростання, природними особливостями лісу й очікуваними порушеннями. Звідси випливає потреба узгоджувати господарські заходи з наявним потенціалом природного поновлення, станом ґрунтів і водним режимом. Науковий аналіз управління мішаними насадженнями вказує на необхідність урахування взаємодії порід і динаміки деревостану: механічне перенесення моделей одновидових насаджень може спотворювати очікувані результати [2]. Для наближеного до природи лісівництва це означає потребу добирати заходи відповідно до природних процесів конкретної ділянки. На рівні території цей принцип пропонуємо застосовувати через збереження природних ділянок та обмеження змін, які порушують їхні екологічні зв'язки.

Другою засадою є ощадливе використання ресурсів. Для його практичного забезпечення потрібно встановлювати, яка частина залученого ресурсу забезпечує корисний результат, а яка втрачається під час технологічних операцій або через неналежний стан обладнання. У системах водопостачання фізичні витоки означають втрату підготовленої та транспортованої води й можуть збільшувати потребу в її заборі та перекачуванні. Дослідження спільної оптимізації енергоспоживання і витоків підтверджує доцільність узгодженого аналізу цих складових роботи водопровідної мережі [3]. Отже, пошук резервів ефективності варто починати з виявлення причин втрат.

Для комунальної інфраструктури з цього випливає доцільність поєднання технічного оновлення з обліком ресурсів, контролем режимів роботи та своєчасним обслуговуванням мереж. Однак поліпшення окремого показника ще не дає повної характеристики екологічного результату. Наприклад, зниження питомих витрат води або енергії може супроводжуватися зростанням загального споживання через розширення обсягів діяльності. Тому пропонуємо зіставляти питомі показники з абсолютними обсягами використаних ресурсів і утворених відходів, ураховуючи якість та надійність послуг. Таке розрізнення відповідає

підходу до оцінювання відносного та абсолютного скорочення ресурсоспоживання і впливу на довкілля [1].

Третьою засадою є врахування екологічної цінності природних систем у виборі господарських рішень. Природні ділянки мають значення для регулювання умов довкілля, яке не завжди відображається у прямих доходах від їх використання. Дослідження екосистемних послуг у контексті природного капіталу дозволяє впорядкувати відповідні відомості та підготувати їх для управлінської інтерпретації [4]. Для завдань збалансованого розвитку це означає потребу з'ясовувати, які природні функції можуть бути втрачені внаслідок втручання і чи не створить отримана господарська перевага додаткових екологічних проблем.

Реалізація зазначених засад потребує узгодження дій на різних рівнях. Рішення щодо окремого насадження, ділянки мережі або об'єкта інфраструктури має оцінюватися з урахуванням зв'язків із навколишньою територією. Пропонуємо перевіряти, чи не переносить обраний захід навантаження на інший природний компонент або іншу ділянку. Зокрема, локальне поліпшення водовідведення потребує уваги до територій, які прийматимуть додатковий стік. Аналогічно розміщення нового об'єкта варто зіставляти зі збереженням ґрунтового покриву, рослинності та умов функціонування суміжних природних систем.

Для обґрунтування пріоритетів доцільно встановлювати вихідний стан, джерела навантаження та очікувані наслідки кожного заходу. Показники слід добирати відповідно до об'єкта: для природних систем – характеристики структури, поновлення і порушень; для інфраструктури – втрати ресурсів, енергоспоживання, аварійність та вплив на довкілля. Пропонуємо порівнювати альтернативи за тим, наскільки вони зменшують виявлену проблему, підтримують природні процеси та запобігають повторному виникненню втрат. Це дозволяє обґрунтовувати вибір заходів через очікувані зміни, уникаючи формального переліку природоохоронних дій.

Окреме значення має можливість перевірити результат після впровадження рішення. Скорочення витоків, поліпшення природного поновлення чи зменшення площі порушених ділянок потребують різних способів спостереження, проте спільною є вимога зіставності даних у часі. Періодичне оцінювання дозволяє уточнювати заходи, якщо очікувані зміни не відбуваються або виникають небажані наслідки. Така організація роботи поєднує довгострокові екологічні орієнтири з можливістю коригувати конкретні управлінські дії.

Отже, екологічні засади збалансованого розвитку охоплюють підтримання стійкості природних систем, ощадливе використання ресурсів та врахування сукупних наслідків господарювання. Їх спільне застосування створює підґрунтя для узгодження природоохоронних і господарських завдань у різних сферах діяльності. Практичним орієнтиром має бути досягнення необхідного суспільного результату зі зменшенням ресурсних втрат і збереженням здатності

екосистем до відновлення. Вибір відповідних заходів потребує врахування місцевих умов, перевірюваних показників та тривалості очікуваних змін.

Список літератури

1. Vadén T., Lähde V., Majava A., Järvensivu P., Toivanen T., Hakala E., Eronen J. T. Decoupling for ecological sustainability: A categorisation and review of research literature. *Environmental Science & Policy*. 2020. Vol. 112. P. 236–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.016>.
2. Pretzsch H., Zenner E. K. Toward managing mixed-species stands: from parametrization to prescription. *Forest Ecosystems*. 2017. Vol. 4. Article 19. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40663-017-0105-z>.
3. Shao Y., Yao F., Liu J., Yu T., Chu S. Global energy and leakage optimization in water distribution systems from water treatment plants to customer taps. *Resources, Conservation and Recycling*. 2023. Vol. 194. 107003. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107003>.
4. Вискушенко Д. А., Никитюк Ю. А. Методологічні засади дослідження екосистемних послуг лісів у контексті оцінки природного капіталу. *Екологічні науки*. 2026. № 1 (64). С. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.1-64.14>.

МЕТОДИЧНІ КРИТЕРІЇ КАЛЕНДАРНОЇ ПОВНОТИ ТА ЧАСОВОЇ ПІДТРИМКИ ДАНИХ SENTINEL- 5P/TROPOMI ДЛЯ МІЖРІЧНОГО ПОРІВНЯННЯ АТМОСФЕРНИХ ІНДИКАТОРІВ

Черниш Руслан Володимирович

аспірант

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна

Анотація. Коректність багаторічного супутникового моніторингу атмосферного середовища залежить не лише від тривалості архіву спостережень, а й від зіставності фактичної інформаційної основи агрегованих показників. Метою роботи є систематизація методичних умов використання календарної повноти та часової підтримки даних супутникової місії Sentinel-5P та спектрометра TROPOMI під час міжрічних порівнянь. Розмежовано наявність продукту в каталозі, просторове покриття валідними значеннями, часову підтримку агрегату та повноту календарних інтервалів. Запропоновано послідовність перевірок, яка охоплює контроль якості вихідних спостережень, документування правил агрегації, оцінювання підтримки місячних продуктів, перевірку набору допустимих місяців і визначення порівнюваних річних або сезонних інтервалів. Показано, що формальна наявність місячного значення не гарантує репрезентативності календарного періоду, а відсутність валідних спостережень не можна трактувати як нульове значення атмосферного індикатора. Критерій повноти необхідно встановлювати до аналізу змін і застосовувати послідовно до всіх порівнюваних періодів. Запропонований підхід має методичний характер, не передбачає атрибуції джерел викидів і не замінює оцінювання алгоритмічної та атмосферної невизначеності супутникових продуктів.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, Sentinel-5P, TROPOMI, моніторинг атмосферного повітря, календарна повнота, часова підтримка, просторове покриття, контроль якості, міжрічна порівнюваність.

Вступ. Багаторічні спостереження спектрометра TROPOMI (Tropospheric Monitoring Instrument) на супутнику Sentinel-5P створюють основу для аналізу просторово-часової мінливості атмосферних компонентів. У міжнародних дослідженнях ці продукти застосовують для зіставлення міських територій і багаторічних змін тропосферної колонки діоксиду азоту (NO₂) [1]. Однак однакова календарна тривалість рядів не означає однакової кількості придатних спостережень, на яких побудовано порівнювані агрегати.

Супутниковий продукт проходить низку процедур відбору, зокрема контроль якості алгоритмічного відновлення, маскування та просторово-часову агрегацію. На результат впливають хмарність, геометрія спостереження, характеристики

поверхні, чутливість інструмента та інші умови вимірювання. Дослідження невизначеності агрегованих продуктів NO₂ засвідчують необхідність розрізняти випадкові та корельовані складові похибки, які не усуваються автоматично зі збільшенням числа спостережень [2].

У методичному сенсі слід розмежовувати щонайменше три характеристики. Просторове покриття описує частину території, для якої доступні валідні значення; часова підтримка характеризує фактичний внесок спостережень у часовий агрегат; календарна повнота вказує, які з очікуваних календарних інтервалів відповідають визначеним критеріям придатності. Висока частка охопленої території не гарантує рівномірного охоплення днів місяця, а наявність усіх місяців року не гарантує порівнюваності їхньої часової підтримки.

Проблема набуває особливого значення при зіставленні різних років: неоднаковий сезонний склад доступних спостережень може змішувати реальні зміни атмосферного поля зі змінами вибірки. Незалежні валідаційні дослідження TROPOMI підкреслюють роль горизонтальної неоднорідності, вертикальної чутливості та репрезентативності під час зіставлення супутникових і наземних спостережень [3]. Отже, повнота даних є необхідною складовою контролю порівнюваності, але не вичерпує всіх джерел невизначеності.

Для методично прозорого міжрічного аналізу потрібна заздалегідь визначена система критеріїв, яка відокремлює доступність запису від допустимості його використання. Така постановка узгоджується із загальними принципами підготовленості даних до аналізу (Analysis Ready Data, ARD), які наголошують на документуванні процесів та придатності продуктів до повторного використання [4]. Конкретний календарний критерій у цій роботі є авторським методичним вибором, а не нормативною вимогою Комітету із супутників спостереження Землі (Committee on Earth Observation Satellites, CEOS).

Мета роботи. Систематизувати методичні критерії календарної повноти та часової підтримки супутникових продуктів Sentinel-5P/TROPOMI й обґрунтувати послідовність їх застосування для коректного міжрічного порівняння атмосферних індикаторів. Для досягнення мети необхідно розмежувати характеристики доступності даних, визначити логіку перевірки місячних і річних агрегатів, встановити правила поводження з пропусками та окреслити межі інтерпретації порівнянь.

Методичний підхід. Вихідною умовою є порівняння одного фізичного показника, отриманого за узгодженими правилами. Необхідно зафіксувати назву супутникового продукту, версію колекції, одиниці вимірювання, часові межі, область дослідження, критерії відбору спостережень і спосіб агрегування. Змішування колонкових супутникових величин із приземними концентраціями без спеціальної моделі переходу є методично некоректним.

На першому етапі виконують забезпечення та контроль якості (Quality Assurance / Quality Control, QA/QC) вихідних вимірювань. Порогові правила для службових показників якості мають відповідати документації конкретного продукту та застосовуватися однаково в усіх періодах. Після маскуванню потрібно зберігати інформацію про відсутність валідних значень: пропуск не

може підмінятися нулем, оскільки нуль є потенційно змістовним числовим значенням. Розрізнення відсутніх та числових значень є необхідною умовою простежуваної обробки; аналогічну увагу до документування проблем даних приділено у працях із забезпечення якості програмних конвеєрів [5].

На другому етапі визначають просторову підтримку агрегату. Для заданої області дослідження фіксують кількість просторових елементів, які задовольняють правилам валідності, та її частку від обраної опорної сукупності. При цьому опорна сукупність, проєкція, масштаб і правила оброблення крайових елементів мають бути незмінними. За неоднакової площі комірок частка комірок і частка площі не є тотожними величинами.

На третьому етапі оцінюють часову підтримку місячного агрегату. Для кожного місяця документують кількість придатних спостережень або днів із валідними даними, а за необхідності — їх розподіл усередині місяця. Велика загальна кількість вимірювань не виключає концентрації спостережень у короткому часовому проміжку. Тому мінімальну підтримку доцільно встановлювати з урахуванням призначення індикатора, доступності метаданих та сезонної мінливості. Кількість днів із придатними спостереженнями та кількість окремих вимірювань не є взаємозамінними метриками; обрану одиницю підтримки потрібно фіксувати. Навіть за повної календарної забезпеченості вибірка може бути зміщеною через нерівномірний розподіл погодних і геометричних умов спостереження.

Календарну повноту визначають після перевірки придатності кожного місячного продукту. Нехай $I_{(y,m)}$ — бінарний індикатор, який дорівнює одиниці, якщо місяць m року y задовольняє попередньо встановлені критерії якості, просторової та часової підтримки, і нулю в іншому разі. Частка допустимих місяців $C_{(y)}$ є відношенням їх кількості до дванадцяти. Це характеристика календарної забезпеченості, а не точності вимірювань.

$$C_y = \frac{1}{12} \sum_{m=1}^{12} I_{y,m}$$

За суворого критерію повного календарного року індикатор прийнятності $A_{(y)}$ дорівнює одиниці лише за наявності всіх дванадцяти допустимих місяців. Вимога 12/12 є прозорим, але консервативним операційним правилом, а не універсальним стандартом. Менш суворі критерії можуть бути обґрунтовані відповідно до мети аналізу за умови попереднього визначення та перевірки чутливості висновків.

$$A_y = \prod_{m=1}^{12} I_{y,m}$$

Під час формування річного середнього потрібно окремо обґрунтувати спосіб зважування місяців. Просте середнє дванадцяти місячних агрегатів, зважування за тривалістю календарних місяців і зважування за числом валідних спостережень відповідають різним аналітичним постановкам. Жоден спосіб не

слід обирати після перегляду бажаного напрямку змін. Для міжрічного порівняння алгоритм агрегування має бути незмінним.

Якщо річний ряд не відповідає встановленому критерію, можливий перехід до зіставлення однакових календарних сезонів за умови їхньої повноти та спільних правил агрегації. Неповні роки не можна механічно порівнювати з повними, якщо різниця в календарному складі здатна впливати на оцінку. Сезонні відмінності у зіставленні супутникових, модельних і наземних показників обговорюються в незалежних дослідженнях [6]. Сам перехід до сезонного порівняння тут є методичною рекомендацією, що потребує перевірки повноти однакових сезонів.

Усі рішення про допустимість агрегатів потрібно супроводжувати машинозчитуваними службовими ознаками: версією продукту, правилом QA/QC, кількістю валідних спостережень, просторовою підтримкою, переліком допустимих місяців і статусом річного або сезонного показника. Це дозволяє відтворити аналітичний ланцюг та перевірити, чи не змінилася схема даних між періодами [4; 5].

Обговорення та методичні обмеження. Запропонована послідовність має характер методичного правила прийняття рішення, а не результату нового емпіричного експерименту. Вона передбачає перехід від перевірки якості окремих спостережень до оцінювання просторової і часової підтримки, після чого встановлюється допустимість календарного агрегату. Якщо будь-яка обов'язкова умова не виконана, результат слід позначати як непридатний для відповідного рівня порівняння за прийнятим протоколом, а не приховано заповнювати пропуск.

Особливо важливо відрізнити відсутність супутникового сигналу від низького значення індикатора. Масковані елементи та порожні місяці не є доказом чистого повітря або відсутності викидів. Аналогічно висока календарна повнота не доводить відсутності систематичної похибки алгоритмічного відновлення супутникового показника чи атмосферного перенесення. Оцінювання невизначеності залишається окремим обов'язковим рівнем інтерпретації [2; 3].

Порогові значення мінімального просторового покриття, числа спостережень і кількості допустимих місяців не можуть переноситися між усіма атмосферними продуктами без обґрунтування. Вони залежать від фізичної величини, просторового масштабу, характеру пропусків та дослідницького питання. Доцільно заздалегідь задавати основний сценарій і кілька альтернативних сценаріїв чутливості, не підбираючи пороги під бажаний результат.

Методична порівнюваність також вимагає сталості або документованого узгодження меж області дослідження, просторової сітки й календарного визначення сезонів. При зміні продукту або алгоритмічної версії слід окремо перевірити однорідність ряду. Просте формальне об'єднання даних різних версій не гарантує фізичної порівнюваності.

Таким чином, календарна повнота є умовою обґрунтованого зіставлення агрегатів, але не замінює статистичного оцінювання змін, незалежної валідації

чи встановлення причин спостережуваної динаміки. Описані правила придатні для побудови прозорого протоколу супутникового екологічного моніторингу без переходу до прямої атрибуції джерел викидів.

Висновки. Методично обґрунтоване міжрічне порівняння атмосферних індикаторів Sentinel-5P/TROPOMI потребує роздільного контролю просторового покриття, часової підтримки та календарної повноти. Ці характеристики описують різні властивості інформаційної основи й не можуть взаємно підміняти одна одну.

Календарну повноту доцільно визначати за попередньо перевіреними місячними продуктами, для яких явно встановлено критерії якості та мінімальної підтримки. Суворий підхід із вимогою дванадцяти допустимих місяців забезпечує однозначне правило формування повного року, проте його застосовність залежить від мети аналізу.

Пропуски валідних супутникових спостережень необхідно зберігати як пропуски, а не кодувати нульовими значеннями. За неповноти річного ряду альтернативою може бути аналіз однакових календарно повних сезонів, якщо він відповідає дослідницькому питанню.

Запропоновану методичну послідовність доцільно включати до QA/QC-протоколу супутникового моніторингу. Її застосування створює передумови для прозорості та відтворюваності міжрічних порівнянь, але не усуває алгоритмічних невизначеностей, не доводить нормативного перевищення та не встановлює причинних зв'язків із джерелами викидів.

Список літератури

1. Huber D. E., Kerr G. H., Nawaz M. O., Runkel S., Anenberg S. C., Goldberg D. L. Global NO₂ changes between 2019 and 2024 as observed by TROPOMI in urban areas and emerging hotspots. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2026. Vol. 26. P. 3783–3803. DOI: <https://doi.org/10.5194/acp-26-3783-2026>.
2. Glissenaar I., Boersma K. F., Anglou I., Rijdsdijk P., Verhoelst T., Compennolle S., Pinardi G., Lambert J.-C., Van Roozendaal M., Eskes H. TROPOMI Level 3 tropospheric NO₂ dataset with advanced uncertainty analysis from the ESA CCI+ ECV precursor project. *Earth System Science Data*. 2025. Vol. 17. P. 4627–4650. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-17-4627-2025>.
3. Cifuentes F., Eskes H., PETERS A., Gomez J., Douros J., Pinardi G., Friedrich M. M., Dammers E., Gebetsberger M., Boersma K. F. Uncertainty assessment of TROPOMI NO₂ over Europe using ground-based remote sensing observations. *Atmospheric Measurement Techniques*. 2026. Vol. 19. P. 2437–2477. DOI: <https://doi.org/10.5194/amt-19-2437-2026>.
4. Committee on Earth Observation Satellites. CEOS Analysis Ready Data Strategy 2024. 2024. URL: <https://ceos.org/ard/files/CEOS%20Analysis%20Ready%20Data%20Strategy%2024%20October%202024.pdf>.
5. Foidl H., Golendukhina V., Ramler R., Felderer M. Data pipeline quality: Influencing factors, root causes of data-related issues, and processing problem areas

for developers. Journal of Systems and Software. 2024. Vol. 207. Article 111855. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2023.111855>.

6. Pasternak A., Müller J.-F., Poraicu C., Merlaud A., Tack F., Stavrakou T. Validation of TROPOMI and WRF-Chem NO₂ across seasons using SWING+ and surface observations over Bucharest. Atmospheric Chemistry and Physics. 2026. Vol. 26. P. 5185–5212. DOI: <https://doi.org/10.5194/acp-26-5185-2026>.

THE FUNCTIONING OF ANTHROPONYMS IN OSCAR WILDE'S «THE CANTERVILLE GHOST»

Moroz Violetta

Student, Faculty of Foreign Philology
H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University

Anthroponyms play a crucial role in literary works, as they not only help identify characters but also carry profound semantic meaning that influences the interpretation of the text. As Derik M. asserts in the study "The problem of rendering anthroponyms 'speaking names' in literature translation," character names often possess hidden meanings that can be understood only within the context of a specific culture or genre [Derik, p. 89]. W. Bright notes that English-language literature frequently employs the practice of selecting so-called "speaking names," which endow characters with additional traits or hint at their roles within the work [Bright, p. 58]. The allegorical and satirical method of encoding names is a recognized technique in literary onomastics. Oscar Wilde employs this device in "The Canterville Ghost" to heighten the work's artistic and comic impact. Through his use of anthroponyms, the author not only introduces the novella's characters but also portrays a clash of cultures: English aristocrats versus American capitalists. In the story "The Canterville Ghost", Oscar Wilde uses anthroponyms to highlight the differences between two cultures. Britain is a conservative country with a distinct aristocratic hierarchy, whereas America is more progressive and pragmatic.

At the beginning of the novella, Oscar Wilde introduces the main characters through their names. The central figure of the work is Sir Simon de Canterville. His surname is associated with the name of the county of Canterbury; phonetically, the two names are similar. This implies that the ghost serves as a personification of Great Britain's history and the Gothic literary tradition: "The old woman smiled, and answered in the same low, mysterious voice, "It is the blood of Lady Eleanore de Canterville, who was murdered on that very spot by her own husband, **Sir Simon de Canterville**, in 1575. Sir Simon survived her nine years, and disappeared suddenly under very mysterious circumstances. His body has never been discovered, but his guilty spirit still haunts the Chase. The blood-stain has been much admired by tourists and others, and cannot be removed." [Wilde, p. 7]

Lord Canterville is a descendant of Sir Simon who fears ghosts and therefore sells the castle. The author uses the name "Canterville" to satirize the English aristocracy, which yields to American capital without regard for preserving history, culture, and traditions: "I fear that the ghost exists," said **Lord Canterville**, smiling, "though it may have resisted the overtures of your enterprising impresarios. It has been well known for three centuries, since 1584 in fact, and always makes its appearance before the death of any member of our family." [Wilde, p. 4]

The next character is the housekeeper, Mrs. Amney. Her surname is associated with a place name in England. She is a classic character of a Gothic work. Mrs. Umney also

fears ghosts and the natural phenomena associated with them: “This was **Mrs. Umney**, the housekeeper, whom Mrs. Otis, at Lady Canterville’s earnest request, had consented to keep in her former position.” [Wilde, p. 6]

Cecil, the Duke of Cheshire, represents England’s modern young generation. As an aristocrat, he takes an interest in the progressive society found elsewhere—specifically, in Virginia’s family. He eventually forms a bond with a kind, brave young woman who fears neither ghosts nor superstitions; ultimately, he falls in love with her and declares his feelings: “She was a wonderful Amazon, and had once raced old Lord Bilton on her pony twice round the park, winning by a length and a half, just in front of the Achilles statue, to the huge delight of the young **Duke of Cheshire**, who proposed for her on the spot, and was sent back to Eton that very night by his guardians, in floods of tears.” [Wilde, p. 6]

Indeed, the name Virginia signifies purity and sincerity. Her parents named her after the American state — the first U.S. state to be named in honor of the English Queen Elizabeth I. The very name of this girl embodies the connection between England and America. Her spirituality helps fulfill the prophecy and grant Sir Simon de Canterville long-awaited peace: “**Miss Virginia E. Otis** was a little girl of fifteen, lithe and lovely as a fawn, and with a fine freedom in her large blue eyes. She was a wonderful Amazon, and had once raced old Lord Bilton on her pony twice round the park, winning by a length and a half, just in front of the Achilles statue, to the huge delight of the young Duke of Cheshire, who proposed for her on the spot, and was sent back to Eton that very night by his guardians, in floods of tears.” [Wilde, p. 6]

Virginia’s brothers were named after the American flag. The anthroponymic nickname “The Stars and Stripes” symbolizes the new spirit of protest in American society: “After Virginia came the twins, who were usually called “**The Star and Stripes**,” as they were always getting swished. They were delightful boys, and, with the exception of the worthy Minister, the only true republicans of the family.” [Wilde, p. 6]

The name of the family's eldest child holds symbolic significance — combining the surname of the first U.S. president and the name of the nation's capital. He is characterized by stubbornness and always strives to achieve his goals. In the short story, Washington attempts to combat superstition — specifically, by trying to remove a stain from the carpet: “Her eldest son, christened **Washington** by his parents in a moment of patriotism, which he never ceased to regret, was a fair haired, rather good-looking young man, who had qualified himself for American diplomacy by leading the German at the Newport Casino for three successive seasons, and even in London was well known as an excellent dancer.” [Wilde, p. 6]

The head of the family is Hiram B. Otis. His first name, “Hiram,” is associated with American industry and business, while his surname, “Otis,” is linked to technological progress. Through this, the author portrays a character defined by pragmatism, common sense, and a rejection of the mystical: “When **Mr. Hiram B. Otis**, the American Minister, bought Canterville Chase, every one told him he was doing a very foolish thing, as there was no doubt at all that the place was haunted. Indeed, Lord

Canterville himself, who was a man of the most punctilious honour, had felt it his duty to mention the fact to Mr. Otis when they came to discuss terms.” [Wilde, p. 4]

His wife, Lucretia R. Otis, shared the views of her husband and her children — fearless young Americans who embody a nation striving for innovative ideas: “Mrs. Otis, who, as **Miss Lucretia R. Tappan**, of West 53d Street, had been a celebrated New York belle, was now a very handsome, middle-aged woman, with fine eyes, and a superb profile. Many American ladies on leaving their native land adopt an appearance of chronic ill-health, under the impression that it is a form of European refinement, but Mrs. Otis had never fallen into this error. She had a magnificent constitution, and a really wonderful amount of animal spirits.” [Wilde, p. 5]

Thus, the anthroponymic system of the short story “The Canterville Ghost” is distinguished by its multifunctionality and symbolic depth. The anthroponyms perform not only a nominative function but also play an active role in characterizing the figures, revealing the work's themes, and creating a linguistic worldview. The realism of the characters' proper names is combined with their symbolic significance, enriching the artistic structure of the story.

References

1. Derik M. The problem of rendering anthroponyms ‘speaking names’ in literature translation. Cambridge. Cambridge University Press. 2007. 144 p.
2. Bright W. What IS a Name? Reflections on Onomastics. Oxford. Oxford University Press. 1983. 213 p.
3. Wilde O. The Complete Short Stories / ed. by J. Sloan. Oxford : Oxford University Press, 2010. 336 p. (Oxford World's Classics).

OPTIMIZATION METHODS FOR PLANNING AND OPERATION OF ENERGY STORAGE SYSTEMS IN ELECTRICAL NETWORKS

Solomchak Oleg,

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
Ivano-Frankivsk, Ukraine

Introductions. The increasing integration of renewable energy sources (RESs), particularly photovoltaic (PV) and wind power plants, into electrical networks creates challenges associated with generation variability, power balance, voltage regulation, network capacity, and operating costs. Energy storage systems (ESSs) can shift energy from periods of surplus generation to periods of high demand, improve operational flexibility, reduce renewable energy curtailment, and support reliable power supply. Their effectiveness, however, depends on appropriate placement, sizing, and charging and discharging schedules [1, 2].

Recent research addresses ESS optimization under network constraints, variable electricity prices, uncertain renewable generation and demand, and battery degradation. Linear and mixed-integer linear programming are useful for planning and discrete investment decisions; nonlinear methods represent detailed power-flow relationships; and stochastic and multi-objective approaches address uncertainty and competing technical and economic objectives [1–4]. The practical challenge is to select a suitable formulation and solution method for each ESS application rather than assume that one method is universally applicable.

Aim. The aim of this study is to identify and systematize the principal problems associated with ESS integration and operation in electrical networks and power supply systems, including networks with PV and wind power plants, and to establish the suitability of linear, nonlinear, stochastic, and multi-objective optimization methods for solving them.

Materials and methods. The study applies a comparative classification of ESS-related optimization problems. Each problem is characterized by its decision variables, objective, constraints, network representation, and uncertainty sources. The considered criteria include discounted investment and operating costs, active power losses, voltage deviations, renewable energy curtailment, peak demand, and battery degradation.

Linear and mixed-integer linear programming are considered for planning and scheduling problems whose relationships can be represented by linear or linearized models. Nonlinear programming is relevant when nonlinear power-flow equations or voltage-dependent relationships are retained. Stochastic programming represents uncertainty through scenarios or probability distributions, while multi-objective methods assess trade-offs between competing performance criteria. The resulting classification is methodological: no numerical case study or comparative computational results are claimed in this paper.

Results and discussion. The analysis identifies seven principal optimization problems and several additional applications. The appropriate method depends on whether decisions are continuous or discrete, whether network physics are linearized, and whether uncertain operating conditions must be represented.

1. Network configuration and development planning

For a new or reconfigured network, the problem is to select lines and ESS installations that minimize discounted construction and operating costs over the planning horizon. The model must represent investment alternatives, power balance, line capacity, and permissible network configurations. Linear programming may be sufficient for continuous decisions in a simplified model; when line construction or installation choices are binary, mixed-integer linear programming (MILP) is more appropriate.

A related problem arises in an existing network with PV plants operating in parallel with the power system. The development alternatives may include ESS installation, dispatchable generation such as diesel or gas units, and construction of additional lines. The objective is to minimize discounted costs while meeting demand and respecting existing line-capacity limits. MILP can coordinate discrete investment decisions with continuous generation and power-flow variables. A linearized model is suitable for screening alternatives, while the selected plan should be checked against an AC power-flow model.

2. ESS sizing and allocation

For a predefined network, ESS power and energy capacity can be selected to minimize discounted lifecycle costs, including investment, operation, electricity purchases, and the cost of losses where these are not already reflected in purchased energy. The model should include charging and discharging limits, energy capacity, efficiency, and state-of-charge evolution. Nonlinear programming is appropriate when the model retains nonlinear network equations. Coordinate descent may be considered for continuous sizing variables, but its performance depends on the objective function and constraints and it does not generally guarantee a global optimum.

When the total available ESS power is fixed, a separate problem is to allocate it among network nodes to minimize active power losses. Lagrange multipliers and Karush–Kuhn–Tucker conditions can provide necessary optimality conditions for differentiable continuous formulations. Node-specific bounds and the total capacity constraint must be included. If the network model is nonconvex, a stationary solution must be checked for feasibility and global optimality cannot be assumed.

3. ESS location and discrete rating selection

If only one ESS is to be installed, its location can be selected by comparing candidate substations or nodes according to the resulting active power losses under specified operating conditions. Binary installation variables lead to a mixed-integer nonlinear formulation when nonlinear power-flow equations are retained. For a small set of candidate nodes, enumeration combined with power-flow optimization provides a transparent alternative.

A related decision is the selection of rated ESS power from a discrete set of commercially available equipment ratings. Enumeration or MILP can be used when

costs and operating constraints are linearized; mixed-integer nonlinear programming may be required for a detailed nonlinear network model. In both cases, the objective should reflect discounted lifecycle costs rather than investment cost alone.

4. Operation under renewable generation uncertainty

At a load node supplied by a PV plant, ESS sizing and charging–discharging schedules can be optimized while accounting for uncertainty in solar generation, demand, and electricity prices. Scenario-based stochastic programming minimizes expected investment and operating costs while enforcing limits on charging and discharging power, energy capacity, state of charge, and grid exchange. Decisions made before uncertainty is observed must be consistent across scenarios; subsequent decisions may adapt to the realized conditions. Risk measures, such as conditional value at risk, can be added when exposure to extreme costs is important.

Wind generation can be treated in the same framework. The scenario set should represent relevant correlations between renewable output, demand, and prices; otherwise, expected-cost solutions may not adequately reflect operational risk. Lagrangian relaxation or other decomposition methods may help solve large models, but they do not replace explicit representation of uncertainty.

5. Additional ESS optimization applications

Several further applications are relevant to networks with distributed renewable generation:

- Renewable energy curtailment minimization: optimize ESS schedules to increase the use of available PV and wind generation. Linear programming or MILP is suitable for linearized models; stochastic formulations can account for forecast errors.

- Voltage profile improvement: select ESS locations and operating powers to reduce voltage deviations while satisfying voltage limits. Nonlinear programming or mixed-integer nonlinear programming is appropriate when detailed power-flow equations are retained.

- Peak demand reduction and load shifting: optimize charging and discharging schedules to reduce maximum grid demand or peak-demand charges. Linear programming or MILP can be used with time-discretized energy-balance and state-of-charge constraints.

- Battery degradation and replacement: include cycling-related degradation and replacement costs to avoid schedules that deliver short-term savings at the expense of battery lifetime. The method may be linear, mixed-integer, or nonlinear depending on the degradation model.

- Multi-objective ESS planning: simultaneously consider lifecycle cost, active power losses, voltage deviations, renewable energy curtailment, and reliability. Weighted-sum and epsilon-constraint methods, as well as evolutionary algorithms such as NSGA-II, can identify trade-offs and Pareto-optimal alternatives.

Comparative discussion. The classification shows that the method should be selected from the mathematical structure of the problem. Linear programming is appropriate for continuous variables and linear relationships; MILP incorporates discrete investment and equipment choices; nonlinear programming represents nonlinear power-flow and voltage relationships; stochastic programming handles

uncertain generation, demand, and prices; and multi-objective optimization evaluates competing technical and economic goals.

These methods are complementary rather than interchangeable. A practical workflow may use MILP to screen network development alternatives, nonlinear power-flow analysis to verify the selected configuration, and stochastic scheduling to assess operation under renewable and demand uncertainty. The model should also distinguish ESS power from energy capacity and avoid double-counting loss costs when losses are already reflected in purchased electricity.

Conclusions. The study systematizes seven principal ESS optimization problems: network configuration; development of networks with existing PV plants; ESS sizing; allocation of limited ESS power among nodes; location of a single ESS; selection of rated power from discrete alternatives; and sizing and scheduling under uncertain renewable generation and demand. Additional applications include renewable energy curtailment, voltage profile, peak demand, battery degradation, and multi-objective planning.

The corresponding methods are: (1) linear programming or MILP for network configuration; (2) MILP for coordinated network development with discrete investments; (3) nonlinear programming, potentially using coordinate descent for continuous variables, for ESS sizing; (4) Lagrange multipliers and KKT conditions for continuous capacity allocation; (5) mixed-integer nonlinear programming or candidate-node enumeration for location; (6) enumeration or MILP for discrete rating selection, with mixed-integer nonlinear programming for detailed nonlinear models; and (7) scenario-based stochastic programming for uncertain operation. These recommendations are conditional on the model assumptions and do not imply that a particular method always yields a global optimum.

Further work should implement and compare selected formulations using realistic network data. Relevant evaluation metrics include discounted lifecycle costs, active power losses, voltage deviations, renewable energy utilization, battery degradation, and computational effort under both deterministic and uncertain operating conditions.

References

- [1] Binini, G. M., et al. Optimal location, sizing and scheduling of distributed energy storage in a radial distribution network. *Journal of Energy Storage*, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.112499>
- [2] AlAhmad, A. K., Verayiah, R., Shareef, H., Ramasamy, A., and Baswaimi, S. Enhancing renewable energy integration through strategic stochastic optimization planning of distributed energy resources (Wind/PV/SBESS/MBESS) in distribution systems. *Energy Strategy Reviews*, 59 (2025), Article 101683. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101683>
- [3] Wang, K., Huang, Y., Liu, Y., Huang, T., and Zang, S. A Review of Optimization Scheduling for Active Distribution Networks with High-Penetration Distributed Generation Access. *Energies*, 18 (2025), 4119. <https://doi.org/10.3390/en18154119>

[4] Avli Firis, F., et al. Cycle-aware optimization of battery storage in distribution networks under load and market uncertainty. *Journal of Energy Storage*, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.est.2025.118668>

КОНФУЦІАНСЬКА ТРАДИЦІЯ ТА РЕФОРМАТОРСЬКИЙ РУХ У КИТАЇ НАПРИКІНЦІ XIX СТОЛІТТЯ

Ворон Олена Петрівна,
кандидат історичних наук, доцент,
доцент кафедри богослов'я та соціально-гуманітарних наук,
Національний університет водного господарства та природокористування

Ворон Оксана Петрівна,
кандидат історичних наук, доцент,
доцент кафедри філософії та культурології,
Рівненський державний гуманітарний університет

Мельничук Юлія Іванівна,
кандидат філософських наук, доцент,
доцент кафедри богослов'я та соціально-гуманітарних наук,
Національний університет водного господарства та природокористування

Етико-політичне вчення Конфуція та практичний досвід його реалізації тісно пов'язані з історичним шляхом та розвитком Китаю. Це філософське вчення, як синтезуюча і етична основа китайської культури, вплинуло на реформаторський рух кінця XIX століття.

У другій половині XIX століття державна ідеологія Китаю набуває видозмін. Традиційне конфуціанство трансформується під впливом соціально-політичних викликів, у тому числі зумовлених проникненням європейської культури та світогляду. У цей час відбувається боротьба конфуціанства із західною цивілізацією. Перед Китаєм постала необхідність поєднати традиції із запозиченими ідеями, не втративши при цьому власну ідентичність.

Під впливом західних ідей, традиційні конфуціанські ідеї отримують своє переосмислення в утопічних уявленнях філософа Кан Ювея (1858-1927 рр.) та політичного діяча Сунь Ятсена (1866-1925 рр.). Китайський мислитель, лідер реформаторського руху, Кан Ювей один із перших намагався модернізувати країну шляхом асиміляції західних ідей з етико-політичним вченням Конфуція. У його інтерпретації вперше образ ідеального світу переноситься з минулого у майбутнє.

Проект «нової держави» у працях теоретиків китайського націоналізму був зумовлений активним проникненням у Піднебесну Західної цивілізації. Тиск імперіалістичних держав на імперію Цинь ставив Китай у невигідні умови. Циньський уряд був змушений укладати узалежнюючі договори з представниками європейських держав, погоджуватись на створення «сфер впливу» для іноземців. Основним засобом збереження традиційної економіки

Цини бачили «політику самоізоляції», яка мала б захистити від активної колоніальної експансії західних держав. Проте, така ситуація не влаштувала західних товаровиробників і вже наприкінці XVIII століття Великобританія почала докладати зусилля для відкриття китайського ринку. Зрештою капітуляційна політика династії Цинь справедливо викликала в Китаї народне обурення, що у подальшому проявилось у боротьбі проти феодально-монархічного режиму. Перспективи втрати економічної та політичної незалежності посилювали зростання національної свідомості в Китаї та заклали підґрунтя для започаткування реформаторського руху.

Так, у кінці XIX століття відбувається формування двох основних напрямів – державного та опозиційного. Державний напрям уособлювали консерватори на чолі з маньчжурською аристократією та помірковані на чолі з Лі Хунчжаном, які підтримували продовження політики «самопосилення» (реформування із збереженням існуючого ладу). Опозиційне крило, сформоване 1880–1890 рр., представляли реформатори на чолі з Кан Ювеем і революціонери на чолі з Сунь Ятсеном.

Найконсервативніші сили, підтримувані імператрицею-регентшою Цисі, вимагали самоізоляції Китаю. Вони категорично виступали проти будь-яких змін в економіці та суспільстві, пропагували повернення до традиційних цінностей і звернення до праць давніх китайських мислителів [4, С. 185].

Опозиціонери-реформатори намагались поєднати у своїх концепціях найкращі західні досягнення та дієві ідеї східної філософії, зокрема Сунь Ятсен пропонував запозичити економічні досягнення Заходу. Однак поразка Китаю у війні з Японією радикалізує його переконання. Перспективу економічного, політичного та військового посилення Китаю на міжнародній арені реформатор починає розглядати як можливість усунення від влади династії Цинь. Згодом, усвідомивши недосконалість західної моделі демократії, Сунь Ятсен формує власну концепцію розвитку Китаю.

Вагомий внесок в історію боротьби за оновлення Китаю, доби Нового часу, зробив Кан Ювей. У своєму творі «Книга великого єднання» китайський реформатор виклав власну утопічну теорію майбутнього суспільства. Викриваючи недосконалість китайського суспільного ладу, Кан Ювей демонструє рудиментні елементи суспільного ладу західних капіталістичних країн.

Творцю ідеї «великого єднання» Кан Ювею вдалось створити найоптимальнішу для тогочасного Китаю теорію оновлення. Вона ґрунтувалась на синтезі провідних ідей тайпінів, європейських утопістів та класичного конфуціанства. Упродовж 1885-1897 рр. він розробив і подав на розгляд імператору п'ять доповідей із обґрунтованими пропозиціями змін. Серед них, зокрема, введення конституційної монархії на парламентській основі, демократизація суспільства та органів влади, запозичення західних стандартів у економіці та освітня реформа [4, С. 185].

1898 року, за підтримки імператора, ідеї Кан Ювея починають реалізовуватись на практиці. Ці перетворення отримали в історії назву «100 днів

реформ» (11 червня – 21 вересня 1898 р.). За цей період імператор видав близько 60 указів, спрямованих на реалізацію теорії державного оновлення Кан Ювея. Найуспішнішою вважається реформа у галузі освіти.

Демократична інтелігенція Китаю підтримала Кан Ювея у питаннях оновлення освітньої системи. Конфуціанська система навчання та виховання на той час втратила підтримку більшості населення. Прогресивна частина інтелігенції була переконана, що використання іноземної науки є виправданим і не суперечить інтересам країни [7, С. 58]. Реформування освіти, запропоноване Кан Ювеєм, розпочалось із першого указу імператора про створення в Пекіні університету та перегляду системи шкільної освіти.

Однак реформаційний рух не вдалось завершити, як і втілити в життя більшість ідей Кан Ювея. Рух за оновлення зазнав поразки, головним чином, через переворот, очолюваний Цзісі і захоплення влади консерваторами. Імператриця відмінила практично усі розпочаті перетворення. Виняток становили лише розроблений Кан Ювеєм проєкт військової реформи та створення Пекінського університету. Міцність традицій у суспільній свідомості, відсутність надійної соціальної бази не дозволили завершити реформування китайської держави, проте створили надійне підґрунтя для подальшого оновлення та трансформації не лише державної ідеології Китаю, але й суспільства в цілому.

Список літератури

1. Кіктенко В. «Китайська мрія» як теорія нового етапу модернізації КНР. *Східний світ*. 2015. № 3 (88). С. 106-114.
2. Кіктенко В. Політичне конфуціанство. *Східний світ*. 2014. № 4. С. 5-18.
3. Сошніков А. Традиційні філософські вчення стародавнього Китаю та ідеологічна боротьба між ними у період Чунцю та Чжаньго. *Культурологічний альманах*. 2024. № 3. С.262-272.
4. Сухобокова О. Реформаторський рух у Китаї наприкінці XIX ст. Питання сходознавства в Україні: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Харків: Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, 2018. С. 184-186.
5. Fitzgerald C. China: a short cultural history. New York, 1972. 250 p.
6. Kaizuka S. Confucius: his life and thought. Translated by Geoffrey Bownas. New York: Dover publications, 2022. 192 p.
7. Козловський С. Присвоєння вчених ступенів у середньовічному Китаї епохи династії Тан (618–907 рр.). Китайська цивілізація: традиції та сучасність: матеріали XVII міжнародної наукової конференції (м. Київ, 14 грудня 2023 р.). Львів-Торунь: Liha-Pres, 2023. С. 57-59.
8. Конфуцій Лунь юй (Бесіди та судження) / пер. з кит Т. Рожко. Київ: Арій, 2022. 224 с.
9. Russell B. The Problem of China. London: G. Allen & Unwin, 1922. 270 p.
10. Кудря І. Практична філософія конфуціанства. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 2018. Вип. 22, том 1. С. 12-15.

АРХІВНА СПРАВА В УСРР (1920-1930-Х РР.)

Черняк Сергій Геннадійович

кандидат педагогічних наук, доцент,
старший науковий співробітник

Відділу інформації та використання документів,
Державний архів м. Києва

У 1920 – 1930-х роках мережа архівних установ України зазнала значних змін, відбулося одержавлення архівів, більшовизація архівних кадрів, посилювалася централізація управління архівною справою. Поступово відбувалася відмова від демократичних принципів управління архівами, архівні органи повністю інтегрувалися до тоталітарної системи управління суспільним життям [1, с. 367].

Практичні заходи щодо реформування архівної галузі, централізації та націоналізації архівної справи почали здійснюватися після остаточного встановлення в Україні радянської влади. Основи архівної політики радянського уряду було викладено у «Тимчасовому положенні про архівну справу», затвердженому РНК УСРР 20 квітня 1920 року. Всі архіви, в тому числі і приватні документальні зібрання, оголошувалися загальнонародним надбанням. Архіви ліквідованих установ, а також архівні документи діючих установ і організацій передавалися у повне розпорядження архівних секцій при губнаросвітах, встановлювалася відповідальність у законодавчому порядку за знищення і продаж архівів. Виконання цієї постанови уряду УСРР покладалося на Архівний відділ ВУКОПМИСу, реорганізований у квітні 1921 року у Головне архівне управління при Наркомосвіті УСРР (Головарх). У вересні 1921 року народний комісар освіти затвердив Положення про Головарх, його штати і колегію. До складу колегії Головарху увійшли М. Скрипник, Д. Багалій, В. Веретенников, М. Довнар-Запольський. Головарх здійснював загальне керівництво архівною справою в Україні, а на місцях створювалися губернські архівні управління (губархи) [2, с. 49].

Централізація передбачала концентрацію документів, логічним завершенням якої була загальнодержавна централізація зберігання і організація використання архівної інформації. У 1920 – 1930-х роках розгорнулася практична централізація документів в архівосховищах і організація центральних архівів республіки: Центрального архіву революції у Харкові (січень 1922 рік), Центрального історичного архіву ім. В. Антоновича у Києві (травень 1922 рік), Центрального архіву праці (1925 рік), Всеукраїнського центрального фотокіноархіву (1931 рік). Постановою РНК УСРР «Про охорону архівів» від 31 жовтня 1922 року оголошувалося створення єдиного Державного архівного фонду (ЄДАФ) [3, с. 67].

3 січня 1923 року Всеукраїнський Центральний Виконавчий Комітет (ВУЦВК) затвердив «Положення про Центральне архівне управління», за яким

Головарх при Наркомосі УСРР реорганізовано в Українське центральне архівне управління (Укрцентрархів) при ВУЦВК. Укрцентрархів здійснював загальне керівництво архівною справою в республіці. Місцевими органами Укрцентрархіву були губархіви при президіях губвиконкомів, при яких створювали губернські історичні архіви для зберігання, впорядкування і наукового розроблення місцевих архівних матеріалів [4, с. 150].

Перші підсумки розбудови мережі архівних установ України були підбиті I Всеукраїнською нарадою архівних працівників (Харків, грудень 1924 рік). Основним завданням центральних архівів у цей час залишалося збирання, зберігання й упорядкування документів, складання описів, оглядів фондів та показчиків [5, с. 105].

Наголосимо на тому, що популярні в 1920-х роках ідеї адміністрування, техніки управління, раціоналізації діловодства в наступних десятиріччях не тільки знайшли продовження, як-от становлення документознавства, але й переформатували осібне існування архівної освіти. Вона дедалі відчутніше узалежнювалася від діловодства та документознавства. Попри раціональність цих змін укажемо на неоднозначні наслідки: поступове стирання історичного компонента та посилення документально-комунікаційного, управлінського у змісті освіти. Треба також зважати на те, що державна архівна політика тих часів особливу увагу приділяла не історичним архівам, що зберігали «сліди» «клятого минулого», а відомчим чи поточному діловодству. Саме цей факт сприяв посиленню впливу дисциплін документально-комунікаційного циклу на зміст архівної освіти у СРСР і став підґрунтям для формування в перспективі симбіозу документознавство — архівознавство. Згодом розпочатий у 1920-х роках рух від теорії до практики завершився «технократизацією» змісту архівознавства, що виявилось у відмові від самого терміна та в підміні його на теорію та практику (техніку) архівної справи. Пропагована відомим істориком-марксистом М. Покровським ідея першочергового опікування архівами, пов'язаними з революційним минулим, а не тими, де потрібна праця палеографів, свідчила про ідеологічні кон'юнктурні установки, аби не зрадити «справу робітничого класу» й не піддаватися впливу переконань його опонентів на кшталт С. Рождественського про важливість для архівіста бути «вченим вищої кваліфікації, істориком-дослідником, археографом». І хоча згодом з'явилися інші діячі з подібними «прогресивними» намірами, утім цей факт був доволі симптоматичним, аби говорити про започаткування іншої тенденції в архівній освіті [6, с. 138, 141].

Партійно-державна диктатура в архівній галузі, яка опиралася на репресивний апарат НКВС, привела до повного одержавлення архівів. Партійно-урядові органи організовували кампанії по «чистці» архівів (так звані макулатурні кампанії) і архівних кадрів. Репресії 1920 — 1930-х років мали негативний вплив на розвиток українського архівознавства. Наступ партійної ідеології на українське архівознавство знайшов вияв у «нищівній критиці» науковців-архівістів на сторінках архівознавчих видань «Радянський архів» та «Архів Радянської України», звільненні з роботи досвідчених архівістів і заміні

їх членами партії, в арештах архівістів, починаючи з керівного складу. Ворожими марксистсько-ленінській ідеології було визнано погляди відомих українських теоретиків-архівістів В. Веретенникова, В. Романовського, В. Барвинського. У 1930-ті роки були заарештовані і перебували під слідством сотні архівістів, безпідставно звинувачених у зв'язках з білоемігрантськими, контрреволюційними військово-офіцерськими, націоналістичними організаціями, в тому числі В. Романовський, О. Грушевський, П. Федоренко та інші [5, с. 106].

Логічним завершенням курсу більшовиків на тотальну політизацію і одержавлення архівів стало підпорядкування архівної системи НКВС. У 1938 році уряд СРСР прийняв постанову передати управління архівами і мережу архівних установ НКВС СРСР. Центральне архівне управління СРСР було реорганізоване в Головне архівне управління НКВС СРСР, якому підпорядковано архівні установи союзних республік. З березня 1939 року відання архівними установами передавалося НКВС УСРР. Центральне архівне управління УСРР було перетворене на Архівний відділ НКВС УСРР (з червня 1941 року — Архівне управління НКВС УСРР). Центральні і обласні історичні архіви підпорядковувалися відповідно народному комісару внутрішніх справ УСРР та начальникам управлінь НКВС областей, міські і районні архіви — начальникам міських і районних відділів НКВС. Наслідком включення архівів у систему органів НКВС була сувора централізація і секретність. Засекреченими виявилися не тільки документи, які складали державну або військову таємницю, але й відомості про роботу самих архівів. Склалися секретні архівні путівники (під грифом «для службового користування»), секретні збірники документів [4, с. 152].

Отже, архівна справа в УСРР у 1920 – 1930-х роках пройшла шлях від створення національної системи державних архівів та наукового піднесення до повної централізації, ідеологізації та переходу під контроль органів державної безпеки (НКВС). Архіви перестали бути лише науково-історичними установами. Згорання українізації та початок сталінських репресій вдарили по українських архівістах та істориках, багатьох фахівців усунули з роботи, заарештували або знищили. Укрцентрархів позбавили самостійності в розвитку. Архівна справа була уніфікована із загальносоюзною системою СРСР.

Список літератури

1. Нариси історії архівної справи в Україні / За заг. ред. Ірини Матяш, Катерини Климової. Київ: Видавничий дім «КМ Академія», 2002. 612 с.
2. Архівознавство: Підручник / Редкол.: Я.С. Калакура (гол. ред.) та інші. Київ: Український державний науково-дослідний інститут архівної справи та документознавства, 1998. 316 с.
3. Архівознавство / За заг. ред. Ярослава Калакури та Ірини Матяш. Київ: Видавничий дім «КМ Академія», 2002. 356 с.
4. Олійник, С. В. Архівознавство. Конспект лекцій. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я. І., 2024. 192 с.

5. Олійник, С. В. Архівознавство. Конспект лекцій для студентів історичних факультетів вищих навчальних закладів України. Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори – 2006», 2014. 144 с.
6. Бездрабко, В. В. Архівна освіта в Україні: традиції й тенденції. Український історичний журнал. 2017. № 3. С. 129 – 147.

ANALYTICAL FRAMEWORK FOR SUBSTANTIATING MANAGEMENT DECISIONS AIMED AT INCREASING HOTEL YIELD

Kalaitan Tetyana,

PhD in Economics, Associate Professor, Department of Tourism Business and
Hospitality, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and
Biotechnologies Lviv, Ukraine

Danchevska Iryna

PhD in Economics, Associate Professor, Department of Tourism Business and
Hospitality, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and
Biotechnologies Lviv, Ukraine

The contemporary hotel market operates under conditions of high demand volatility and fierce competition. Within these realities, yield management has transitioned from a supportive tool to a strategic cornerstone for hotel survival. The growing strength of the short-term rental market intensifies competitive threats to the hotel sector. Such challenges place additional demands on the performance quality of revenue managers within hospitality enterprises, particularly regarding room yield management. Furthermore, the hotel market is characterised by the presence of powerful corporate chains, which further necessitates the implementation of efficient revenue management systems [1]. As of April 2026, the world's leading hotel and resort chain topped the market value rankings at approximately \$75.4 billion. Its main competitor secured second place with a market capitalisation of \$63.8 billion, with the remaining companies lagging significantly behind [2].

Foreign scholars distinguish between the concepts of 'revenue management' and 'yield management'. The former term is broader and is associated with the generation of revenue from the entire spectrum of services that can be provided in hotels and similar accommodation facilities. The term 'yield management' is narrower and refers specifically to revenue generation from the operation of hotel room stock. Yield management is applied in economic sectors that possess specific characteristics, namely: fixed capacities, the expansion of which is very costly; the service perishes over time; volatile demand; the feasibility of dynamic pricing; and a cost structure dominated by fixed costs. Foreign scientists define yield management as a set of strategies that enable service industries with limited capacities to generate optimal revenue from operations. The core concept of yield management lies in providing the right services to the right customer at the right time for a reasonable price. Accordingly, specific techniques are employed to manage these fixed capacities [1].

Consequently, hotel yield management involves utilizing a dynamic approach to pricing in order to optimise revenue. Given that hotels have limited capacities, it is crucial to maximise the revenue generated from each room sold. This strategy is based

on variable pricing that accounts for both future demand and historical data. The art of management lies in determining how best to balance prices and room occupancy, thereby influencing tourist booking behaviour. Executing the aforementioned actions requires the application of high-quality analytical tools [1].

In global practice, a number of indicators are used for the analytical evaluation of hotel yield (Fig. 1).

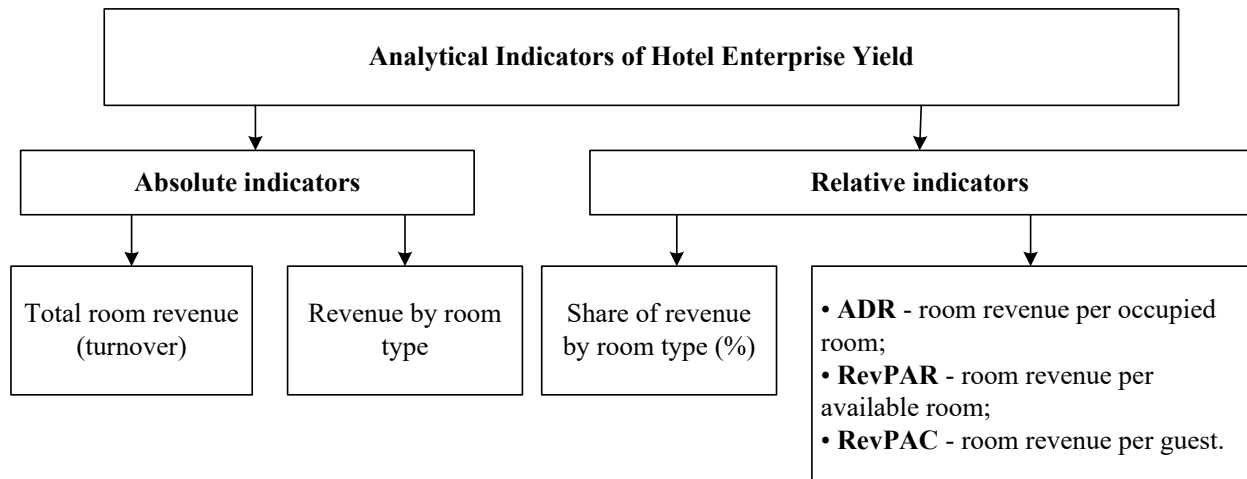


Figure 1. Analytical Indicators of Hotel Enterprise Yield

Source of the figure: [1].

Average Daily Rate (ADR) is the average revenue earned per occupied room per day. ADR helps to evaluate the effectiveness of pricing strategies, enhance revenue management, and serves as a benchmark for comparing a hotel's performance against its competitors.

Additionally, there is another variation of this metric: the Average Rate Index (ARI). ARI is utilised by hotel chains to compare the performance indicators of different properties within the group. ADR averages all active rates, which allows for the analysis of tariffs in the local market and the adaptation of room prices accordingly. This metric also indicates how optimal the occupancy level of the room fund is.

The next indicator is RevPAR (Revenue per Available Room), which represents the room revenue generated in relation to the total number of available rooms per day. RevPAR can be calculated for an individual hotel or a hotel chain. Analysing this metric is highly beneficial for identifying trends and evaluating the outcomes of managerial decisions. The study of this indicator's dynamics is conducted by comparing it with the value of the previous corresponding period [1].

RevPAR has traditionally been considered the primary metric for evaluating hotel performance. However, the modern trend in the development of revenue management systems is aimed towards the concept of Total Revenue Management (TRM). Contemporary systems strive to optimise revenue not only from room sales but from all profit-generating sources within the hotel: restaurants and bars, spa complexes,

conference halls, parking facilities, and ancillary services. The guest's overall lifetime value during their stay is assessed. The system may recommend lowering the room rate for a guest who is forecast to spend a significant amount in the restaurant or spa, which directly influences the corresponding TRevPAR (Total Revenue per Available Room) and GOPPAR (Gross Operating Profit per Available Room) values. TRevPAR represents the total revenue generated per available room over a specific period. GOPPAR denotes the gross operating profit per available room. Furthermore, revenue growth does not always equate to increased profitability due to the high cost of guest acquisition. The analytical department must also calculate the net revenue from each distribution channel (Net ADR), by deducting online booking system commissions, merchant acquiring fees, levies, and marketing expenses from the base rate.

Analytical metrics are an indispensable tool for contemporary room revenue management systems. The primary objective of such systems is to automate the data collection process and enable the agile management of room inventory sales. Utilising artificial intelligence algorithms and predictive analytics, the system processes data arrays in real time, including booking pace, lead time, competitors' pricing policies, and demand elasticity. The culmination of this analytical work is dynamic pricing, whereby the optimal room rates and tactical restrictions are automatically recalculated and distributed to sales channels multiple times a day.

The operations of modern revenue management systems are inextricably linked to both key analytical metrics and international accounting standards. On the one hand, revenue management systems are directly oriented towards maximising baseline hotel metrics: occupancy, average daily rate, and, consequently, revenue per available room. On the other hand, the evolution has led to a transition from managing room inventory exclusively to the concept of TRM. To evaluate a guest's overall lifetime value and maximise gross operating profit margins, access to transparent financial information across all hotel departments is required. It is precisely this need for flawless data structuring and a unified calculation methodology that connects the technological algorithms of revenue management systems with the necessity of applying management accounting standards, among which the USALI (Uniform System of Accounts for the Lodging Industry) system serves as the primary industry benchmark.

This standard was designed to make the process of analysing a hotel's financial success indicators as transparent and reliable as possible. The standard enables hoteliers to automate financial and management accounting, as well as to standardise accounting reporting and hotel financial metrics. In other words, USALI is a reporting framework used to account for hotel revenues and expenses, and to calculate key performance indicators. The implementation of this standard allows for the analysis of hotel performance outcomes and their comparison with the results of previous periods, as well as with industry benchmarks. Furthermore, USALI contains, among other things, a detailed description of which revenue and expense items can be utilised within the hospitality business [1].

The inaugural edition of USALI was published in 1926 by the Hotel Association of New York City. It represented the first successful organised effort to establish an industry standard for financial reporting and analysis within the hospitality sector [3].

Since then, this standard has undergone numerous revisions. Until 2026, the active version was the eleventh edition, which had been adopted in 2015. In 2024, the 12th Revised Edition was developed, and it came into effect on 1 January 2026.

The 12th Edition of the Uniform System of Accounts for the Lodging Industry (USALI) introduces substantial updates aimed at enhancing analytical transparency and financial management within the hospitality industry. This edition focuses on the detailing of revenue types and the classification of expenses, particularly within the rooms department, to reflect current industry practices and technological advancements. The main updates in this revised edition concerning the accounting and analytical framework of yield management are as follows. The 12th Revised Edition includes a dedicated section for reporting the revenues and expenses of all-inclusive hotels, which enables objective operational analysis. New expense categories related to marketing digitalisation have been added to the 12th Edition of the standard. This has been done in recognition of the fact that marketing methods within the hotel business have shifted significantly under the influence of technological advancements and enhanced data analytics. Advancements in hotel operations and data analytics have created a necessity for new measurements, metrics, and supplementary schedules. In this regard, the 12th Edition presents: (1) a supplementary schedule for tracking room revenue by individual segments; (2) a supplementary schedule for tracking room revenue by booking channels; and (3) additional labour-related metrics for the calculation and analysis of overtime labour, employee benefits, and hourly wage rates [4, 1]. Furthermore, given that consumers now also demand transparency regarding hotel sustainability practices and environmental impacts, the 12th Edition of the standard includes new metrics to track the performance of sustainability initiatives, specifically concerning the following expense categories: energy, water and waste, solid waste, and service fees.

High-quality analytical support is of paramount importance for making well-founded decisions within the scope of hotel room yield management. To render this process as transparent and reliable as possible, international practice utilises the uniform USALI standard (Uniform System of Accounts for the Lodging Industry), which enables hoteliers to automate financial and management accounting, as well as to standardise accounting reporting and hotel financial indicators. USALI is used to calculate key performance indicators for hotels, allowing for the analysis of financial performance outcomes and their comparison with the results of previous periods, as well as with industry benchmarks. Given the high level of the informal economy within the hospitality industry in Ukraine and, consequently, the significant competition in the temporary accommodation sector, we consider it expedient for domestic hoteliers to determine key performance indicators for room stock operation and to conduct a factor analysis of these metrics using traditional methods within their analytical workflows. Furthermore, it is advisable to employ a marginal approach during the analysis [5]. The results of such an analysis will enable hotel managers to make informed decisions aimed at increasing room yield.

References

1. Kalaitan, T., Batiuk, B., & Hrymak, O. (2025). Analitychne zabezpechennia upravlinnia dokhodnistiu hoteliv [Analytical support of hotel yield management]. *Development Service Industry Management*, 2, 64–72. [https://doi.org/10.31891/dsim-2025-10\(9\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2025-10(9)) (in Ukrainian).
2. Statista (2026). Leading hotel and resort companies worldwide as of April 2026, by market value. URL: <https://www.statista.com/statistics/1314352/largest-hotel-companies-market-value-worldwide/>
3. Uniform System of Accounts for the Lodging Industry (2026). Eleventh Revised Edition. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/8492/4404daadf6f05b1019f28859e80f191d77be.pdf>
4. CARMEN Hotel Financial Software (2023). 5 Key Enhancements in the USALI 12th Edition. 2025. URL: <https://www.carmensoftware.com/news-24/>
5. Kalaitan T. V. (2004). Oblik i analiz finansovykh rezultativ v upravlinni diialnistiu pidpriemstv hromadskoho kharchuvannia [Accounting and analysis of the financial results in the catering management] (PhD Thesis), Lviv : Lvivska komertsiiina akademiia. (in Ukrainian).

СИНХРОННИЙ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

Баглай О. П.

Аспірант

Український державний університет залізничного транспорту

Актуальність дослідження. Під час напівавтоматичного дугового зварювання металоконструкцій плавким електродом у захисному газі інформація про режим часто обмежується заданими або усередненими значеннями струму та напруги. Такі показники не відтворюють повністю короткочасних змін процесу. Для монтажного зварювання важливо також знати фактичний тепловий стан металу й умови поблизу пальника. Тому предметом удосконалення інформаційно-вимірювальної технології є узгоджене отримання цих даних і встановлення їхнього зв'язку з результатом контролю конкретного шва.

У попередній авторській публікації розглянуто інтегровану систему, що поєднує сенсорні канали, попередню обробку даних і алгоритмічне оцінювання стану зварювання [1]. Міжнародні дослідження також розвивають контроль якості MIG-зварювання на основі виробничих даних [2]. У цих тезах запропоновано методичне доповнення до такого підходу: одночасно контролювати часову узгодженість сигналів, їхню метрологічну якість та додаткову інформативність параметрів середовища.

Мета роботи. Метою є обґрунтування структури синхронного багатопараметричного контролю MAG-зварювання металоконструкцій, у якій електричні сигнали, температура металу та локальні параметри середовища об'єднуються в простежуваний запис одного зварного шва. Практичний об'єкт застосування — зварювання конструкційних сталей товщиною 5–10 мм у CO₂ у цехових і монтажних умовах. Запропонований підхід має забезпечити коректне порівняння базового електричного контролю з розширеною системою вимірювання.

Організація вимірювальних каналів. Електрична підсистема передбачає реєстрацію часових реалізацій струму та напруги ізольованими вимірювальними каналами. Температурна підсистема характеризує початковий і поточний тепловий стан металу з урахуванням місця встановлення та інерційності датчика. Підсистема середовища реєструє температуру повітря, відносну вологість, атмосферний тиск і локальну швидкість повітря. Витрату захисного газу та швидкість зварювання фіксують як технологічні величини, необхідні для інтерпретації сигналів.

Для кожного каналу необхідно визначити вимірювану величину, одиницю, робочий діапазон, період опитування та спосіб перевірки. Частоту дискретизації електричних каналів обирають відповідно до тривалості досліджуваних переходів дуги та смуги вимірювального тракту. Повільні канали середовища

можуть опитуватися рідше, однак їхні значення повинні мати часові мітки в узгодженій шкалі. Інтерпольовані значення позначають окремо, щоб відрізнити їх від безпосередніх вимірювань.

Синхронізацію доцільно реалізувати спільним тактовим джерелом для струму й напруги та прив'язкою інших каналів до того самого часу. До початку серії перевіряють часовий зсув і його стабільність. Допустиме неузгодження встановлюють за характерним часом події, яку потрібно розпізнавати. Самої наявності часових міток недостатньо: затримку сенсора, буферизацію та передавання даних потрібно врахувати в описі системи.

Метрологічне забезпечення. Калібрування, перевірку та валідацію обладнання для контролю змінних зварювального процесу слід узгоджувати з ISO 17662:2025 [3]. У запропонованій системі перевіряють повний шлях перетворення від первинного сенсора до цифрового значення. Окремо фіксують коефіцієнти перетворення, нульове зміщення, повторюваність і зміни характеристик за робочих умов. Вимоги до контролю самого зварного виробу визначають окремою процедурою.

Метрологічну основу інтерпретації результатів становить оцінювання невизначеності відповідно до підходів GUM [4]. Для кожного каналу складають бюджет невизначеності, а для похідної ознаки враховують модель її обчислення та залежність вхідних величин. Особливо важливо відокремити фізичну мінливість зварювання від нестабільності вимірювального тракту. Наприклад, зміна температури може впливати як на об'єкт контролю, так і на характеристику сенсора; ці механізми потребують окремого оцінювання.

Обробка даних і цифровий паспорт шва. Кожному шву присвоюють унікальний ідентифікатор. До нього прив'язують сирі сигнали, параметри матеріалу та з'єднання, технологічний режим, умови середовища, ідентифікатори сенсорів і результати перевірки каналів. Після завершення зварювання до запису додають результати контролю якості. Сукупність цих відомостей утворює цифровий паспорт, який дозволяє повторити обробку й перевірити походження аналітичного висновку.

Попередня обробка включає перевірку пропусків, насичення вимірювальних каналів, часової послідовності та фізично можливих значень. Різкі зміни струму й напруги не видаляють автоматично: вони можуть характеризувати реальну нестабільність процесу. Запис виключають або позначають як недостовірний лише за встановленими ознаками збою. Сирі дані зберігають незмінними, а параметри фільтрації, сегментації та версію алгоритму фіксують у паспорті.

Узгоджені часові вікна використовують для визначення середнього рівня, стандартного відхилення, тривалості відхилень і взаємозв'язку електричних сигналів. Температуру металу та умови середовища приєднують до відповідних вікон як окремі ознаки. Географічні координати застосовують для ідентифікації місця виконання робіт. Фізичну інтерпретацію будують на виміряних умовах, оскільки координати самі по собі не описують стан газового захисту або тепловий стан металу.

Перевірка додаткової інформативності. Експериментальне оцінювання пропонується виконувати шляхом порівняння трьох конфігурацій: контроль лише за струмом і напругою; додавання температури металу та технологічних величин; включення локальних параметрів середовища. Для всіх конфігурацій використовують ті самі шви, однаковий спосіб розмітки якості та узгоджену процедуру навчання й перевірки. Таке порівняння дозволяє визначити внесок додаткових каналів без змішування ефекту вимірювання зі зміною складу вибірки.

Референтну оцінку якості отримують за результатами контролю з'єднань. Рівень приймання недосконалостей обирають відповідно до вимог виробу; ISO 5817:2023 визначає рівні якості B, C і D для зварних з'єднань у межах своєї сфери застосування [5]. Метод контролю має відповідати виду недосконалості: геометричні вимірювання й огляд поверхні не можуть самотійно підтвердити відсутність внутрішніх дефектів. Рішення та спосіб його отримання заносять до паспорта шва.

Навчальну й тестову вибірки розділяють за незалежними швами або серіями. Часові вікна одного шва не розподіляють між цими вибірками, щоб уникнути витоку інформації. Доцільно також перевірити модель на серії іншого дня або іншого оператора. Результат порівняння характеризують частотою пропуску дефектних з'єднань, хибних попереджень, F1 та довірчими інтервалами. Підвищення показників має відтворюватися на незалежних спостереженнях.

Висновки. Запропоновано методичну структуру синхронного контролю МАГ-зварювання, яка поєднує багатоканальне вимірювання з оцінюванням невизначеності й простежуваністю даних. Основний результат полягає у визначенні порядку формування цифрового паспорта шва та порівняння інформаційної цінності додаткових каналів. Кількісне підвищення достовірності й зменшення дефектності є предметом подальшої натурної перевірки. Практичне застосування підходу передбачає документування умов зварювання та інформаційну підтримку контролю якості під час виготовлення й монтажу металоконструкцій.

Список літератури

1. Баглай О. П., Тимофєєва Л. А. Удосконалення інформаційно вимірювальних технологій при зварюванні та монтажу металевих конструкцій. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2025. Т. 2, № 2(93). С. 18–25. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2025.2.2.2.
2. Luttmer M., Weigold M., Thaler H., Dongus J., Hopf A. Towards data-driven quality monitoring for advanced metal inert gas welding processes in body-in-white. Journal of Manufacturing Systems. 2024. Vol. 77. P. 875–891. DOI: 10.1016/j.jmsy.2024.10.013.
3. ISO 17662:2025. Welding — Calibration, verification and validation of equipment used for welding, including ancillary activities. Geneva: ISO, 2025. URL: <https://www.iso.org/standard/83737.html>.

4. JCGM GUM-1:2023. Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 1: Introduction. JCGM, 2023. DOI: 10.59161/JCGMGUM-1-2023.
5. ISO 5817:2023. Welding — Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) — Quality levels for imperfections. Geneva: ISO, 2023. URL: <https://www.iso.org/standard/80209.html>.

УРАХУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ ПІД ЧАС ЛАЗЕРНОГО КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРІЇ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ПРИ МОНТАЖІ

Баглай О. П.

Аспірант

Український державний університет залізничного транспорту

Актуальність дослідження. Геометричний контроль під час монтажу металоконструкцій має встановлювати відповідність розмірів і положення елементів проєктним вимогам. Повторні вимірювання на відкритому майданчику можуть відрізнятися через зміну температури металу та стану вимірювального середовища. Такі відмінності потребують фізичної інтерпретації: частина відхилення може відображати оборотне температурне розширення, а частина — похибку приладу або фактичну зміну форми конструкції. Без документування умов вимірювання ці внески складно розділити.

NIST розглядає температурне розширення вимірюваного об'єкта та показник заломлення повітря як суттєві джерела невизначеності високоточних вимірювань довжини [1]. Для монтажного контролю значущість кожного внеску необхідно оцінювати з урахуванням довжини елемента, допуску та характеристик конкретного приладу. У цих тезах запропоновано методичний підхід до прив'язки геометричних вимірювань до температурних даних і приведення результатів до визначених умов порівняння.

Мета роботи. Метою є обґрунтування процедури врахування температурних впливів під час лазерного контролю лінійних розмірів металоконструкцій при монтажі. Процедура охоплює реєстрацію температури металу, опис вимірювального тракту, розрахунок температурної поправки та оцінювання її невизначеності. Результатом роботи є структура такої процедури й розрахунковий приклад; кількісне поліпшення точності на монтажному об'єкті має встановлюватися експериментально.

Розмежування температурних впливів. Нагрівання вільного однорідного сталевго елемента змінює його довжину. Одночасно температура, тиск і вологість повітря впливають на умови поширення лазерного випромінювання. Окремий внесок можуть давати зміщення опорних точок, нагрівання приладу та зміна положення мішені. Тому компенсацію впливу середовища на вимірювальний тракт і приведення розміру металевго елемента до опорної температури необхідно виконувати як різні операції.

Температуру металу не слід автоматично прирівнювати до температури повітря. Під сонячним випромінюванням, після зварювання або за нерівномірного охолодження поверхня елемента може мати температурний градієнт. Запропонована процедура передбачає контактні вимірювання у кількох характерних точках із фіксацією часу та місця контакту. Якщо застосовують

інфрачервоний датчик, додатково враховують стан поверхні та випромінювальну здатність. Вибір методу залежить від доступності елемента й необхідної невизначеності.

Модель температурної поправки. Для однорідного елемента, який вільно розширюється та має приблизно рівномірну температуру, використовують лінійну модель [2]:

$$\Delta L = \alpha L_0 (T_m - T_0) \quad (1)$$

де ΔL — зміна довжини; α — коефіцієнт лінійного температурного розширення матеріалу; L_0 — довжина за опорної температури T_0 ; T_m — температура металу. Коефіцієнт α установлюють для матеріалу й робочого температурного інтервалу. Використання довідкового значення потребує врахування його невизначеності.

Якщо L_m є виміряною довжиною після внесення обґрунтованих інструментальних поправок і поправок на стан повітря, її приводять до опорної температури за виразом:

$$L_0 = \frac{L_m}{1 + \alpha (T_m - T_0)} \quad (2)$$

ISO 1:2022 визначає поняття опорної температури для геометричних і розмірних характеристик [3]. Умови порівняння монтажної конструкції узгоджують з проектом і процедурою контролю. У прикладі прийнято $T_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; це умова розрахунку, а не вимога до температури експлуатації.

Розрахунковий приклад. Для ілюстрації прийнято вільний сталевий елемент завдовжки 8 м та умовне значення $\alpha = 12 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$. За рівномірного нагрівання з 20 до 40 $^{\circ}\text{C}$ розрахункове подовження становить 1,92 мм. Отже, результат повторного контролю може змінитися на величину міліметрового порядку без залишкової деформації. Приклад розрахунковий; натурні вимірювання не наведено.

Таблиця 1 – Розрахункове температурне подовження вільного елемента

Довжина, м	$\Delta T = 10\text{ K}$ ΔL , мм	$\Delta T = 20\text{ K}$ ΔL , мм	$\Delta T = 30\text{ K}$ ΔL , мм
6	0,72	1,44	2,16
8	0,96	1,92	2,88
12	1,44	2,88	4,32

Розрахунок таблиці виконано автором за формулою (1) за прийнятого $\alpha = 12 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$. Значення характеризують вільне подовження й не є поправками для будь-якої змонтованої рами. Закріплення, неоднорідний нагрів і температурні напруження можуть змінити форму та характер переміщень. У цих випадках необхідна модель конструкції або повторний контроль за узгодженого теплового стану.

Процедура монтажного контролю. Перед серією визначають контрольовану величину, систему координат, опорні точки й умови порівняння. Для вимірювання відстаней і координат застосовують придатний лазерний далекомір, електронний тахеометр або іншу перевірену систему. Побудовник лазерних площин сам по собі не забезпечує вимірювання всіх лінійних розмірів. Якщо використовують наземний лазерний сканер, його польову повторюваність можна перевіряти за процедурами ISO 17123-9:2018 [4]; сферу цього стандарту не поширюють автоматично на інші прилади.

Під час вимірювання фіксують показ приладу, температуру металу в контрольних точках, параметри повітря, положення мішені та час. Повторні спостереження виконують за однакової схеми встановлення, контролюючи стабільність опорних точок. Результати переводять до визначених умов лише тоді, коли виконуються припущення моделі. У протоколі зберігають вихідне значення, кожен внесений поправку, приведений результат та підставу для використання моделі.

Для прямокутної рами контролюють не тільки різницю діагоналей, а й довжини сторін, положення вузлів і площинність. Однакова зміна обох діагоналей за рівномірного нагрівання може бути сумісною зі збереженням форми. Водночас рівність діагоналей сама по собі не доводить відсутності просторової деформації. Температурна поправка для довжини окремого елемента не замінює аналізу всієї геометрії рами.

Оцінювання невизначеності. Оцінювання виконують на основі моделі вимірювання відповідно до JCGM GUM-6:2020 [5]. До бюджету включають невизначеність показу приладу, положення мішені, відтворення опорних точок, температури металу й коефіцієнта розширення. Після введення поправки залишається невизначеність її значення. Для нерівномірного нагрівання окремо оцінюють придатність прийнятої температури та самої моделі. Рішення про відповідність ухвалюють за заздалегідь установленим правилом з урахуванням допуску й невизначеності.

Висновки. Запропоновано процедуру, що пов'язує лазерний геометричний контроль із вимірюванням температури металу та документованим приведенням розмірів до опорних умов. Розрахунковий приклад показує можливе подовження вільного восьмиметрового елемента на 1,92 мм за зміни температури на 20 К при прийнятому коефіцієнті розширення. Практичний результат полягає у визначенні умов застосування поправки та складу протоколу контролю. Подальша перевірка має встановити повторюваність приведених результатів і межі застосовності підходу на реальних монтажних конструкціях.

Список літератури

1. National Institute of Standards and Technology. SI Length and Traceability. URL: <https://www.nist.gov/programs-projects/si-length-and-traceability> (дата звернення: 13.10.2026).

2. Doiron T. Uncertainties Related to Thermal Expansion in Dimensional Metrology. NCSLI MEASURE Paper 011-2006. 2006. 13 p. URL: <https://emtoolbox.nist.gov/Publications/NCSLIMeasure011-2006.pdf>.
3. ISO 1:2022. Geometrical product specifications (GPS) — Standard reference temperature for the specification of geometrical and dimensional properties. Geneva: ISO, 2022. URL: <https://www.iso.org/standard/80702.html>.
4. ISO 17123-9:2018. Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 9: Terrestrial laser scanners. Geneva: ISO, 2018. URL: <https://www.iso.org/standard/68382.html>.
5. JCGM GUM-6:2020. Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 6: Developing and using measurement models. JCGM, 2020. DOI: 10.59161/JCGMGUM-6-2020.

QUORUM RESILIENCE OF COLLECTIVE DNN INFERENCE IN UAV SWARM MESH NETWORKS UNDER NODE LOSS AND FRAME ERRORS: AN ANALYTICAL EXTENSION OF THE SWARMNS MODEL

Kasianchuk Artem,

postgraduate student

Educational and Scientific Institute of Physical,

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 2 Kotsyubynskoho St.,

Chernivtsi 58012, Ukraine

Lastivka Halyna,

Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor at the Department of

Radio Engineering and Information Security

Educational and Scientific Institute of Physical,

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 2 Kotsyubynskoho St.,

Chernivtsi 58012, Ukraine

Abstract. Collective object recognition in a UAV swarm can be organized as distributed DNN inference in which worker nodes transmit quantized intermediate activations over an IEEE 802.11s mesh and an aggregator forms a decision once a quorum of q out of n contributions has arrived. We extend a previously published single-hop link-layer model to the multi-hop case with two disturbance factors: the fraction ρ of worker nodes lost (destroyed, out of range or jammed) and the per-frame success probability p_f . The resulting closed-form quorum probability shows that the number of link-layer frames per tensor is the dominant lever of resilience: at two hops, 20 % node loss and $p_f = 0.9995$, the quorum probability for INT8 activations falls to 0.43 (0.18 with UDP/IP encapsulation), whereas 0.8-bit adaptive quantization keeps it at 0.96. We formulate a rate-adaptation policy hypothesis and a falsifiable emulation plan. No experimental results are claimed.

1. Introduction

Distributed inference over a swarm of small UAVs is attractive for tasks such as surface landmine detection, where onboard compute is scarce and links are unreliable [1]-[3]. In the split-computing paradigm [4], [5], each worker executes the first layers of a detector and forwards an intermediate activation tensor; a designated aggregator completes the network or fuses partial results. Prior work on collaborative UAV inference focuses mainly on latency and energy [6]-[8]; resilience to the loss of contributors and to frame-level degradation caused by jamming is treated, if at all, as a secondary metric. In [9] we proposed SwarmNS-FEP, an overlay format that encapsulates fragments of quantized activations directly into 802.11s link-layer frames, and derived analytical expressions for traffic volume, delivery time and the probability that a tensor arrives intact over a single hop. The present work extends that model in

three directions: (i) multi-hop delivery, (ii) an explicit fraction of lost workers, and (iii) a sweep of the frame success probability as a proxy for jamming intensity. The goal is to quantify how the quorum probability — the probability that at least q of n worker contributions reach the aggregator — depends on the encoding choices that the swarm can control at run time.

2. Model

Let a worker produce a tensor of N elements quantized to b bits per element, so the payload is $S(b) = Nb/8$ bytes. With a per-frame payload of P bytes and per-frame header overhead H , the tensor is carried by $N_f(b) = \lceil S(b)/P \rceil$ frames [9]. Assuming independent frame errors with success probability p_f on every hop and no link-layer retransmission (a conservative lower bound), the probability that the whole tensor arrives intact after h hops is:

$$P_t(b, h) = p_f^{N_f(b)h}. \quad (1)$$

Let $\rho \in [0, 1]$ be the fraction of the n workers that do not participate at all (destroyed, out of range, or jammed at the receiver). A given worker therefore contributes a usable tensor with probability:

$$\pi(b, h, \rho) = (1 - \rho) P_t(b, h), \quad (2)$$

and, treating contributions as independent, the quorum probability is binomial:

$$P_q(b, h, \rho) = \sum_{m=q}^n \binom{n}{m} \pi^m (1 - \pi)^{n-m}. \quad (3)$$

Equations (1)-(3) make the two levers explicit. The encoding lever acts through N_f : fewer frames per tensor raise P_t exponentially. The encapsulation lever acts through P and H : carrying fragments in L2 frames (SwarmNS-FEP, $P = 2280$ B, $H = 58$ B) instead of UDP/IP datagrams ($P = 1448$ B, $H = 94$ B) reduces N_f by about 36 % for the same payload [9]. Node loss ρ enters linearly in (2) and cannot be compensated by encoding; it can only be absorbed by the quorum margin $n - q$.

3. Numerical Results

Parameters follow [9]: $N = 256 \times 80 \times 80 = 1\,638\,400$, $n = 6$, $p_f = 0.9995$ unless stated otherwise. Table 1 reports P_q for $q = 3$ and $q = 4$ across hops and node-loss fractions for the two encodings that bracket the practical range: INT8 ($N_f = 719$ frames in L2, 1132 in UDP/IP) and 0.8-bit adaptive quantization after Cohen et al. [10], [11] ($N_f = 72$ and 114). Fig. 1 shows the full dependence on ρ at $h = 2$.

Table 1.
Quorum probability P_q ($n = 6$) from (1)-(3), $p_f = 0.9995$

Encoding	h	P_t	$\rho = 0,$ $q = 3$	$\rho = 0.2$, $q = 3$	$\rho = 0.3,$ $q = 3$	$\rho = 0.2,$ $q = 4$
INT8, UDP/IP (L2–L7)	1	0.568	0.773	0.567	0.450	0.262
INT8, L2 (SwarmNS)	1	0.698	0.928	0.758	0.635	0.459

INT8, UDP/IP (L2–L7)	2	0.322	0.298	0.182	0.133	0.042
INT8, L2 (SwarmNS)	2	0.487	0.632	0.434	0.335	0.165
0.8 bit, UDP/IP (L2–L7)	2	0.892	0.998	0.940	0.853	0.769
0.8 bit, L2 (SwarmNS)	2	0.931	1.000	0.959	0.884	0.822
0.8 bit, L2 (SwarmNS)	3	0.898	0.999	0.943	0.858	0.777

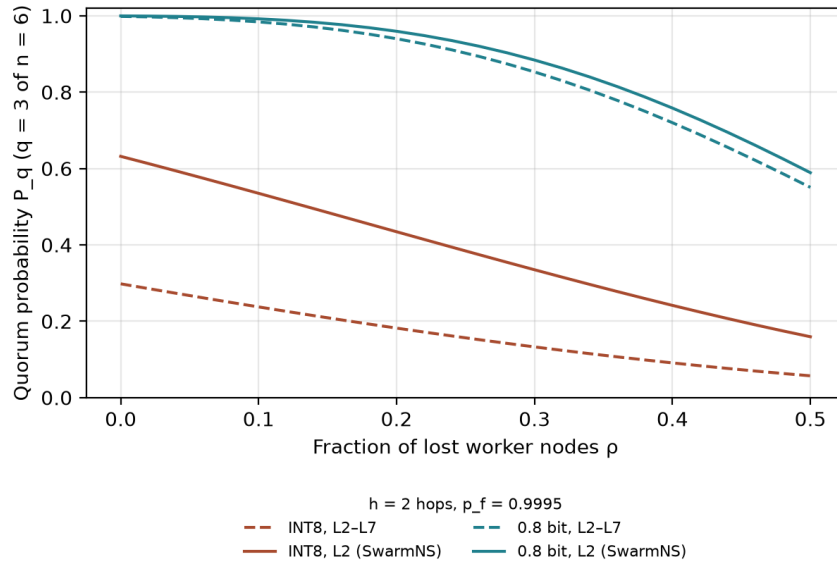


Fig. 1. Quorum probability P_q ($q = 3$ of $n = 6$) versus fraction of lost workers ρ at $h = 2$ hops, $p_f = 0.9995$, for two quantization schemes and two encapsulations

Source of the illustration: created by the author.

Two observations follow. First, the encapsulation gain is real but bounded: at $h = 2$ and $\rho = 0.2$ the L2 overlay lifts P_q for INT8 from 0.18 to 0.43, which is still below any operationally acceptable level. Second, the quantization gain is decisive: 0.8-bit activations keep $P_q \geq 0.94$ under the same conditions and remain at 0.86 even with 30 % of workers lost and three hops. In other words, under frame-loss conditions the swarm cannot buy resilience with encapsulation alone; it must reduce the number of frames per tensor.

Table 2 isolates the jamming dimension by lowering p_f at $h = 1$, $\rho = 0.2$. INT8 collapses once p_f drops below about 0.999 (a frame error rate of 0.1 %), whereas the 0.8-bit encoding keeps a majority quorum ($q = 3$) with probability 0.76 even at a 0.5 % frame error rate.

Table 2.

Effect of frame success probability p_f (proxy for jamming), $h = 1$, $\rho = 0.2$, $n = 6$

p_f	P_t INT8	$P_q(q = 3)$ INT8	P_t 0.8 bit	$P_q(q = 3)$ 0.8 bit
0.9995	0.698	0.758	0.965	0.973
0.999	0.487	0.434	0.930	0.959
0.998	0.237	0.087	0.866	0.924
0.995	0.027	0.000	0.697	0.757

4. Policy Hypothesis and Validation Plan

The results motivate a run-time adaptation rule that we state as a hypothesis, not a result. Let the aggregator estimate $\hat{p}_f$ from acknowledged beacons and $\hat{\rho}$ from the neighbour table of the mesh routing protocol. A *quorum-preserving rate adaptation* policy selects the largest bit-width b such that $P_q(b, \hat{h}, \hat{\rho}) \geq P_q^{\min}$ for a target such as $P_q^{\min} = 0.9$, and lowers the quorum q only when no admissible b exists. The hypothesis to be tested is that, under 30 % worker loss, this policy retains at least 75 % of the fault-free detection accuracy, whereas a fixed INT8 configuration retains less than 40 %. These figures are hypothesised thresholds, not measurements.

Validation is planned on a reproducible emulation testbed: Mininet-WiFi [12] with mac80211_hwsim radios, BATMAN-adv routing, tcnetem for loss injection, ONNX-split YOLO-class detectors and the SULAND v2 landmine dataset [13]. Experiment E3 removes 10 %, 20 % and 30 % of workers, cuts edges, and injects frame errors at the levels of Table II; each cell is run with five random seeds, reported with 95 % confidence intervals and paired tests against a fixed-INT8 baseline. The hypothesis is rejected if the adaptive policy does not outperform the baseline by a statistically significant margin at 30 % loss.

5. Limitations

The model assumes independent, identically distributed frame errors and independent worker failures; correlated jamming that affects all links simultaneously is not captured by (1)–(3). MAC-layer retransmissions and frame aggregation (A-MSDU/A-MPDU) are ignored, so (1) is a lower bound. The accuracy of 0.8-bit activations is taken from [10], [11] for other datasets and has not been measured on landmine imagery. The model does not claim a new MAC protocol; SwarmNS-FEP is an overlay over standard 802.11s frames [14]. Finally, the quorum criterion counts contributions, not their spatial diversity, which matters for collaborative perception [15], [16].

6. Conclusion

We have extended the SwarmNS link-layer model to multi-hop delivery with node loss and frame errors and derived a closed-form quorum probability. Within the stated assumptions, the number of frames per tensor governs resilience: under two hops and 20 % node loss, 0.8-bit activations preserve a majority quorum with probability 0.96 whereas INT8 drops to 0.43. This motivates a quorum-preserving rate-adaptation

policy, formulated here as a testable hypothesis whose emulation-based evaluation is the next step.

References

1. I. Bekmezci, O. K. Sahingoz, and Ş. Temel, “Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): A survey,” *Ad Hoc Networks*, vol. 11, no. 3, pp. 1254–1270, 2013, doi: 10.1016/j.adhoc.2012.12.004.
2. M. A. Lopez, M. Baddeley, W. T. Lunardi, A. Pandey, and J.-P. Giacalone, “Towards secure wireless mesh networks for UAV swarm connectivity: Current threats, research, and opportunities,” *arXiv:2108.13154*, 2021, doi: 10.48550/arXiv.2108.13154.
3. J. Pojda, A. Wolff, M. Sbeiti, and C. Wietfeld, “Performance analysis of mesh routing protocols for UAV swarming applications,” in *Proc. ISWCS*, 2011, pp. 317–321, doi: 10.1109/ISWCS.2011.6125375.
4. S. Teerapittayanon, B. McDanel, and H. T. Kung, “Distributed deep neural networks over the cloud, the edge and end devices,” in *Proc. IEEE ICDCS*, 2017, pp. 328–339, doi: 10.1109/ICDCS.2017.226.
5. Y. Matsubara, M. Levorato, and F. Restuccia, “Split computing and early exiting for deep learning applications: Survey and research challenges,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 55, no. 5, art. 90, 2022, doi: 10.1145/3527155.
6. M. Dhuheir, E. Baccour, A. Erbad, S. S. Al-Obaidi, and M. Hamdi, “Deep reinforcement learning for trajectory path planning and distributed inference in resource-constrained UAV swarms,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, pp. 8185–8201, 2023, doi: 10.1109/JIOT.2022.3231341.
7. M. Dhuheir, A. Erbad, E. Baccour, and M. Hamdi, “Multi-agent meta reinforcement learning for reliable and low-latency distributed inference in resource-constrained UAV swarms,” *IEEE Access*, vol. 13, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3572036.
8. Y. Qu et al., “Elastic collaborative edge intelligence for UAV swarm: Architecture, challenges, and opportunities,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 62, no. 1, pp. 62–68, 2024, doi: 10.1109/MCOM.002.2300129.
9. A. Kasianchuk and H. Lastivka, “A link-layer model of a UAV swarm mesh network with encapsulation of intermediate deep neural network activations: Analytical evaluation of latency and traffic volume,” 2026, manuscript submitted for publication.
10. R. A. Cohen, H. Choi, and I. V. Bajić, “Lightweight compression of neural network feature tensors for collaborative intelligence,” in *Proc. IEEE ICME*, 2020, doi: 10.1109/ICME46284.2020.9102797.
11. R. A. Cohen, H. Choi, and I. V. Bajić, “Lightweight compression of intermediate neural network features for collaborative intelligence,” *IEEE Open J. Circuits Syst.*, vol. 2, pp. 350–362, 2021, doi: 10.1109/OJCAS.2021.3072884.

12. R. R. Fontes, S. Afzal, S. H. B. Brito, M. A. S. Santos, and C. E. Rothenberg, “Mininet-WiFi: Emulating software-defined wireless networks,” in Proc. 11th Int. Conf. Network and Service Management (CNSM), 2015, doi: 10.1109/CNSM.2015.7367387.
13. S. Lekhak, P. R. Pulakurthi, L. Joshi, R. Bhatta, and E. J. Ientilucci, “SULAND v2: A refined RGB dataset and deep learning object detection benchmark for UAV/UGV-based surface landmine detection under domain shift,” arXiv:2607.28996, 2026, doi: 10.48550/arXiv.2607.28996.
14. G. R. Hiertz et al., “IEEE 802.11s: The WLAN mesh standard,” IEEE Wireless Commun., vol. 17, no. 1, pp. 104–111, 2010, doi: 10.1109/MWC.2010.5416357.
15. Y. Hu, S. Fang, Z. Lei, Y. Zhong, and S. Chen, “Where2comm: Communication-efficient collaborative perception via spatial confidence maps,” in Proc. NeurIPS, 2022. [Online]. Available: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2022/hash/1f5c5cd01b864d53cc5fa0a3472e152e-Abstract-Conference.html
16. Y.-C. Liu, J. Tian, N. Glaser, and Z. Kira, “When2com: Multi-agent perception via communication graph grouping,” in Proc. IEEE/CVF CVPR, 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2006.00176>.

ARCHITECTURE OF AN INFORMATION-BASED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SHIP NAVIGATORS CONSIDERING HUMAN FACTOR INFLUENCE

Mamenko Pavlo

PhD, Associate Professor, Department of Navigation and Ship Handling

Ben Andrii

Doctor of Technical Sciences, Professor
Kherson State Maritime Academy

Research relevance. Increasing shipping traffic density, the integration of electronic navigation equipment, and the growing complexity of vessel collision-avoidance situations necessitate the development of intelligent decision support systems (DSS). Even with ECDIS, Radar/ARPA, AIS and GNSS available, the navigator remains central to ship control. Decision quality is affected by workload, time pressure, fatigue, situational awareness, trust in automation, and data ambiguity. The regulatory framework includes Rules 5, 6, 7, 8 and 19 of COLREGs, which require proper lookout, assessment of collision risk and timely action [1, 5–8].

Research objective. To substantiate a multi-layer architecture of an information-based DSS for ship navigators that integrates heterogeneous navigation data, risk assessment, operator ergonomic characteristics, and explainable recommendations for safe manoeuvring. The proposed architecture is a conceptual model requiring further experimental validation.

System architecture. Six functionally interconnected layers are proposed. The first collects information from GNSS, Radar/ARPA, AIS, gyrocompass, speed log, echo sounder, ECDIS, and meteorological sources. The second provides data quality control: time synchronisation, completeness checks, inconsistency detection, error estimation, and independent position verification. The third develops a situational model covering relative motion, CPA/TCPA, waterway restrictions, UKC, collision-avoidance rules, and trajectory prediction. The fourth assesses navigational risk with consideration of uncertainty and operator condition. The fifth generates, verifies, and ranks course/speed alteration alternatives. The sixth is the human–machine interface, which provides explanations, confidence levels, and warnings, and enables confirmation of decisions by the navigator [7, 8].

Consideration of the human factor. The ergonomic module should be based on workload W , time constraints T , uncertainty U , situational awareness S , and trust in automation A . These indicators may be determined using short questionnaires, expert assessments, interaction logs, and simulator observations. They should be used only as supplementary estimates with known uncertainty, not as automatic judgements of a navigator's professional fitness. Under increased workload, the interface suppresses

secondary notifications, highlights critical threats, and requires explicit confirmation of key actions [5–8].

Mathematical justification of the model. For preliminary ranking of manoeuvre alternatives m , a generalised criterion is proposed:

$$J(m) = \alpha R_{nav}(m) + \beta H(m) + \gamma C(m) + \delta D(m) \rightarrow \min,$$

Where:

R_{nav} is the normalised navigational risk; H is the ergonomic workload assessment; C is the manoeuvre cost; D is the forecast uncertainty indicator; $\alpha, \beta, \gamma, \delta \geq 0$ are weighting coefficients whose sum equals one.

The weights are determined by expert assessment and refined using simulator trial results. Admissible manoeuvres are constrained by COLREGs, safe water depths, ship characteristics, and the prevailing navigational situation.

Mamdani-type fuzzy inference is proposed to describe fuzzy linguistic characteristics (“low”, “moderate”, “high” workload; “sufficient”, “critical” time). The resulting risk index does not replace the legal and professional assessment of a manoeuvre’s compliance with COLREGs.

Operational logic of the navigator’s decision support system (DSS).

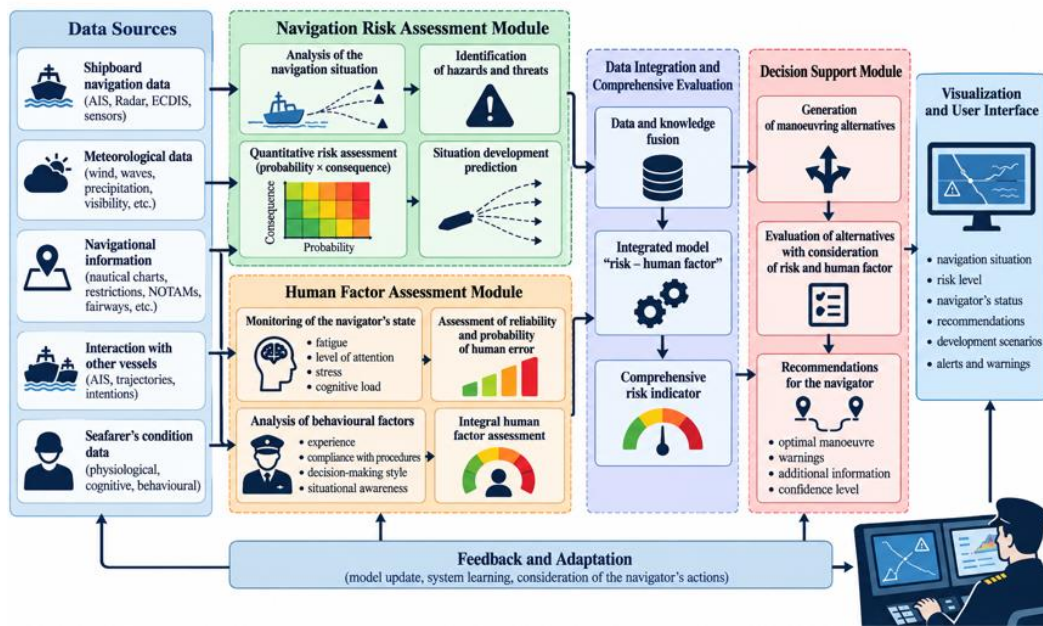


Figure 1. Structural and functional diagram of the navigator’s DSS with integrated assessment of navigational risk and human factor influence.

Source of the figure: developed by the author based on [1–3]

The key feature of the proposed DSS is the transition from conventional navigational hazard assessment, primarily based on the kinematic characteristics of vessel encounters, to comprehensive risk assessment that accounts for the ergonomic characteristics of the navigator’s activities [7, 8].

Practical implementation and validation. The prototype should be integrated with a ship navigation simulator and tested in crossing, overtaking, restricted visibility, high traffic density, and GNSS spoofing/jamming scenarios. To compare operation “without

DSS” and “with DSS”, the proposed measures include threat recognition time, minimum CPA, proportion of decisions compliant with regulations, false warning frequency, subjective workload, and stability of situational awareness. Given cyber risks, data redundancy, integrity monitoring, and safe functional degradation are required in accordance with IMO approaches [2, 3, 6–8].

Scientific novelty. The novelty lies in the conceptual integration of navigational situation assessment, a fuzzy ergonomic model of the navigator’s condition, and explainable multicriteria manoeuvre selection within a single decision support cycle. Unlike purely technical CPA/TCPA processing, the proposed approach adapts the presentation of recommendations to cognitive workload without removing the navigator from the decision-making and responsibility loop [5–8].

Conclusions. An intelligent decision support system considering human factor influence is proposed. It integrates fuzzy assessments of the navigator’s cognitive and behavioral characteristics with navigational situation parameters to substantiate safe collision-avoidance manoeuvres. Expected benefits include greater transparency of recommendations, detection of inconsistent navigational data, and reduced information overload. Decision effectiveness, reliability, and safety must be confirmed through comparative simulator studies.

References

1. International Maritime Organization. Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREGs). IMO.
2. International Maritime Organization. Resolution MSC.428(98). Maritime Cyber Risk Management in Safety Management Systems. 2017.
3. International Maritime Organization. Maritime cyber risk: Guidelines on maritime cyber risk management. IMO.
4. International Maritime Organization. ISM Code: International Safety Management Code with guidelines for its implementation. 2018 Edition. IMO. DOI: 10.62454/KD117E.
5. Reva O., Kamyshyn V., Mamenko P., Kyrychenko K., Saganovska L. Human Factor and Decision Making: A Concept of Shipping Safety. In: TRANSBALTICA XVI: Transportation Science and Technology. Springer, 2026. DOI: 10.1007/978-3-032-18771-0_59.
6. Nosov P. S., Ben A. P., Mateychuk V. N., Safonov M. S. Identification of “Human Error” Negative Manifestation in Maritime Transport. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2018. No. 4. P. 204–213. DOI: 10.15588/1607-3274-2018-4-20.
7. Nosov P. S., Ben A. P., Safonova A. F., Palamarchuk I. V. Approaches Going to Determination Periods of the Human Factor of Navigators During Supernumerary Situations. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2019. No. 2. P. 140–150. DOI: 10.15588/1607-3274-2019-2-15.
8. Nosov P. S., Zinchenko S. M., Popovych I. S., Ben A. P., Nahrybelnyi Y. A., Mateichuk V. M. Diagnostic System of Perception of Navigation Danger When Implementation Complicated Maneuvers. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2020. No. 1. P. 146–161. DOI: 10.15588/1607-3274-2020-1-15.

ПРОЄКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПІДБОРУ ТА ФОРМУВАННЯ МУЗИЧНИХ ПЛЕЙЛИСТІВ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ЗОВНІШНІХ МУЗИЧНИХ ПЛАТФОРМ

Задвірний Владислав Ярославович,
магістрант

Національний університет “Львівська політехніка” Львів, Україна

Басюк Тарас Михайлович

Кандидат технічних наук, доцент

Національний університет “Львівська політехніка” Львів, Україна

Музику сьогодні слухають переважно через стрімінгові сервіси, які дають доступ до мільйонів композицій. Така кількість дає свободу вибору, але водночас ускладнює його, тому сервіси дедалі частіше пропонують добірки, що формуються автоматично. Потреби користувачів при цьому різні. Слухачеві потрібен швидкий плейлист під настрій, а діджею потрібно, щоб сусідні треки збігалися за темпом і тональністю, інакше перехід між ними буде різким. Для формування рекомендацій описано три способи: контентний, колаборативний і гібридний [1]. Дослідники також наголошують, що результат залежить від типу користувача та контексту прослуховування [2].

Аналіз п'яти наявних рішень показав, що одні орієнтовані на діджеїв, інші на масову аудиторію. Жодне не поєднує точний підбір за темпом (BPM) і тональністю з роботою кількох платформ одночасно. Є й технічна перешкода: з листопада 2024 року одна з провідних платформ закрила для нових застосунків доступ до технічних характеристик треків [3], а інша таких даних розробникам не надавала. Тому темп і тональність система отримує зі стороннього сервісу аналізу [4] та зберігає у власній базі, щоб не запитувати їх повторно.

Тип системи обрано методом аналізу ієрархій [5]. З чотирьох порівняних варіантів найвищий результат, 0,46, отримала інтелектуальна рекомендаційна система, тоді як система підтримки прийняття рішень набрала 0,27. Швидкодією вона поступається, але виграє за точністю й функціональністю, які для рекомендацій важливіші. Сформульовано 29 вимог, 18 функціональних і 11 нефункціональних, та визначено чотири підсистеми: користувачів, фільтрації, плейлистів та інтеграції.

Сценарії роботи з системою подано у вигляді діаграми варіантів використання (рис. 1). Користувач, який входить у систему, може бути слухачем або діджеєм, і обидві ролі успадковують його загальні можливості. До них належать вхід, вибір жанру й рівня популярності та отримання плейлиста. Якщо авторизація не вдалася, користувач бачить повідомлення про помилку. Якщо треків за критеріями не знайдено, система також повідомляє про це. Готовий

плейлист можна зберегти. Діджей має додаткові можливості: обирає тональність і жанр для вечірки, задає діапазон BPM і отримує рекомендацію щодо порядку міксування. Ця рекомендація передбачає перевірку гармонічної сумісності треків та експорт сету. Окремо на діаграмі показано зовнішню платформу, яка надає актуальні дані про треки, а інтеграцію з нею налаштовують окремою дією.

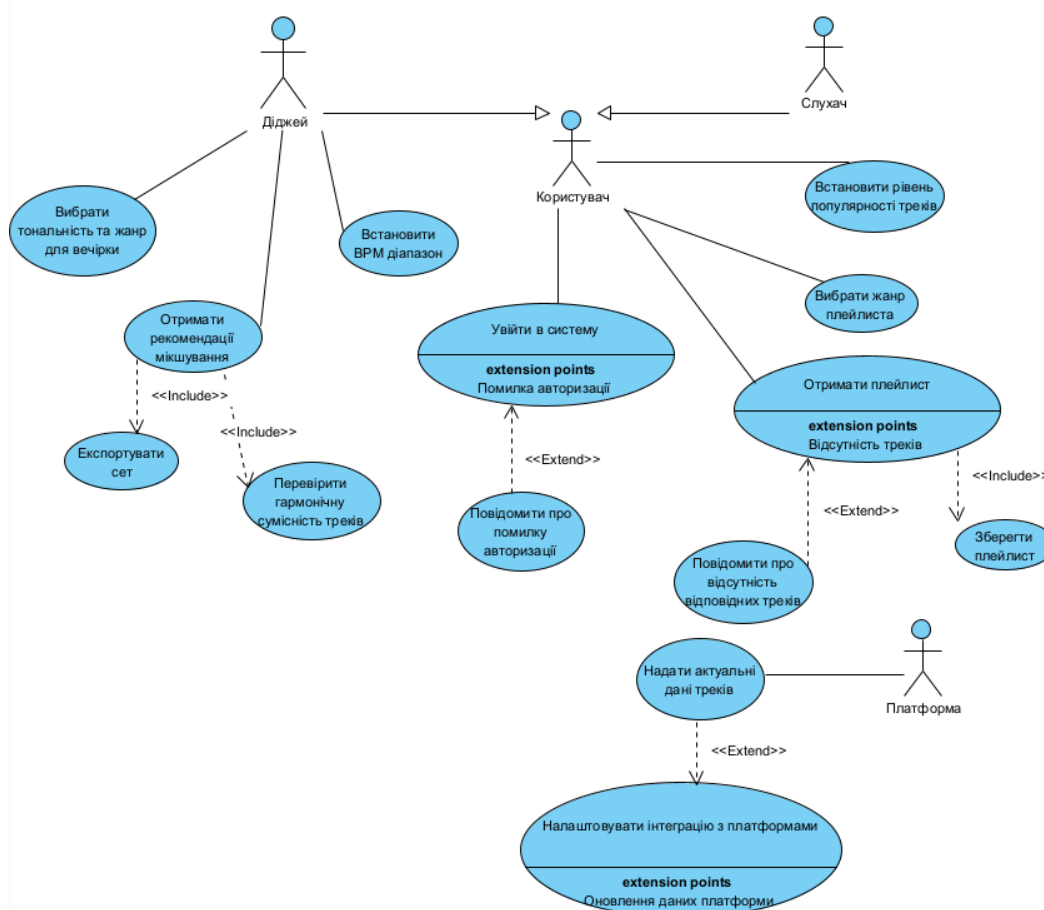


Рис. 1. Діаграма варіантів використання

Джерело рисунка: розроблено автором.

Проект виконується за каскадною моделлю і планується за стандартом PMBoK [6]. Структуру робіт розбито на п'ять фаз: підготовчу, проектування, розробку, тестування, впровадження та завершення. За нею в засобі календарного планування побудовано графік з 01.06 по 29.07.2026 для команди з шести осіб. Складено також плани керування змінами, комунікаціями, закупівлями, якістю, ризиками та ресурсами. Із восьми виявлених ризиків найвищу оцінку, 16, має збій інтеграції із зовнішніми сервісами.

Хід виконання записувався в системі відстеження завдань. Під час реалізації до вимог внесено дві зміни: BPM і тональність почали надходити із сервісу аналізу, а отримані характеристики треків стали зберігатися в базі. Через це робота «Реалізація основних функцій» тривала на 2 дні довше, до плану додано три роботи, а завершення проекту перенесено з 29.07 на 05.08.2026. Ризики

переоцінено, до реєстру додано залежність від сервісу аналізу. Дані зберігаються в реляційній базі даних із п'яти таблиць.

Результат перевірено на клікабельному прототипі «РИТМ», створеному в графічному редакторі. Із 29 вимог він повністю підтверджує 13 і частково 2. Решта 14 стосуються серверної частини, зокрема інтеграції, безпеки та швидкодії, тому в прототипі їх показати неможливо. Проектну документацію разом із прототипом можна використати як основу технічного завдання для подальшої реалізації системи.

Список літератури

1. Ricci F., Rokach L., Shapira B. (eds.). Recommender Systems Handbook. 2nd ed. New York : Springer, 2015. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7637-6>
2. Schedl M., Zamani H., Chen C.-W., Deldjoo Y., Elahi M. Current challenges and visions in music recommender systems research. International Journal of Multimedia Information Retrieval. 2018. Vol. 7, no. 2. P. 95 to 116.
3. Spotify for Developers. Introducing some changes to our Web API. 27.11.2024. URL: <https://developer.spotify.com/blog/2024-11-27-changes-to-the-web-api> (дата звернення: 10.09.2026).
4. Soundcharts. Audio Features API. URL: <https://soundcharts.com/audio-features-api> (дата звернення: 11.09.2026).
5. Saaty T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences. 2008. Vol. 1, no. 1. P. 83 to 98. URL: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
6. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). 6th ed. Newtown Square : Project Management Institute, 2017.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ НАДАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ТА ПІДБОРУ КОСМЕТОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ

Михасюк Марія Іванівна

магістрантка

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Басюк Тарас Михайлович

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

У сучасному світі догляд за шкірою та волоссям дедалі частіше розглядають не лише як питання естетики, а як основну складову збереження здоров'я. Ринок косметичних засобів пропонує десятки тисяч продуктів із різним складом і призначенням, проте значна частина споживачів підходить до питання вибору засобів не свідомо, здійснюючи вибір, орієнтуючись на рекламу, популярність бренду, відгуки в соціальних мережах чи поради знайомих. При цьому під час підбору засобів зазвичай не враховуються індивідуальні характеристики людини: тип і чутливість шкіри, наявні алергічні реакції, стан волосся та супутні проблеми. Один і той самий засіб може бути ефективним для одного користувача, але спричинити подразнення або загострення проблеми в іншого. Наслідками такого підходу стають неефективний догляд, ризик небажаних реакцій і необґрунтовані фінансові витрати.

Найнадійнішим способом підібрати догляд залишається традиційна консультація дерматолога чи трихолога, однак доступ до таких фахівців часто буває ускладнений: у малих населених пунктах їх може не бути, у великих містах можуть бути довгі черги до спеціалістів, а для людей, які перебувають за кордоном, звернення до лікаря ускладнюють мовний бар'єр і вартість послуг. Відповіддю на ці обмеження стала теледерматологія – це напрям телемедицини, у якому стан шкіри оцінюють дистанційно на основі фотографій та опису симптомів. Попит на такі послуги швидко зростає: світовий ринок теледерматології, який у 2025 р. аналітики оцінювали приблизно у 18 млрд дол. США, за прогнозами, до 2030 р. перевищить 41 млрд дол. [1].

Додатковим чинником розвитку напряму є прогрес у галузі штучного інтелекту (ШІ). Ще у 2017 р. було показано, що нейронна мережа, навчена на понад 129 тис. клінічних зображень, розпізнає шкірні новоутворення не гірше за групу сертифікованих дерматологів [2]. Це робить можливим попередній автоматизований аналіз шкіри навіть за фото. Водночас автоматизований аналіз сам по собі не розв'язує проблему користувача повністю: окрім висновку про стан шкіри, йому потрібні рекомендації щодо конкретних засобів, які відповідають його особливостям, а також можливість отримати думку фахівця.

Крім того, застосування ІІІ у сфері здоров'я потребує людського нагляду за результатами роботи алгоритмів, що закріплено в Регламенті ЄС 2024/1689 щодо штучного інтелекту [3], а обробка фотографій і медичних даних користувачів має відповідати вимогам законодавства про захист персональних даних [4].

Відтак актуальним є розроблення інформаційної системи для надання рекомендацій та підбору косметологічних засобів, яка поєднує ІІІ-аналіз стану шкіри й волосся, персоналізований підбір засобів і онлайн-консультації лікарів у межах однієї платформи. Важливою особливістю такої системи є те, що рекомендації, сформовані алгоритмом, мають консультативний характер і можуть бути перевірені та скориговані лікарем, що в разі підвищує рівень довіри користувачів і знижує ризик помилкових порад.

Розроблювана система на основі анкетних даних, фотографій і, за результатами медичних аналізів формує персоналізований план догляду, перевіряє сумісність засобів з індивідуальними особливостями людини та забезпечує запис на онлайн-консультацію з дерматологом або трихологом і її оплату. Каталог засобів підтримується в актуальному стані завдяки взаємодії з виробниками та маркетплейсами, а достовірність інформації про продукти контролює модератор.

Тип інформаційної системи визначено за допомогою методу аналізу ієрархій [5]. Як альтернативи розглядалися веб-орієнтована, мобільна, десктопна та хмарна ІС, а оцінювання виконувалося за шістьма критеріями: захищеністю, надійністю, швидкодією, ефективністю, зручністю та точністю. Оскільки система опрацьовує конфіденційну медичну інформацію, найвагомішими виявилися захищеність (вага 0,318) і надійність (0,225). Відношення узгодженості для матриці попарних порівнянь критеріїв становить 0,012, що не перевищує допустимого значення 0,1. Підсумкові пріоритети альтернатив подано в табл. 1.

Таблиця 1 Результуючі пріоритети альтернатив за методом аналізу ієрархій

Тип інформаційної системи	Результуючий пріоритет
Хмарна ІС	0,419
Веб-орієнтована ІС	0,245
Десктопна ІС	0,170
Мобільна ІС	0,166

Найвищий пріоритет отримала хмарна інформаційна система, яка забезпечує масштабованість, централізоване зберігання й захист даних та доступ до сервісу з різних пристроїв. Для проєктування й супроводу розробки застосовано низку програмних інструментів. UML-моделі системи [6] створено в Enterprise Architect; попереднє моделювання допомогло ще до написання коду погодити вимоги та архітектуру. Інтерфейс мобільного застосунку спершу опрацьовано у вигляді макетів у Figma, де зручно разом редагувати дизайн і перевіряти сценарії роботи користувача. Завдання команди плануються й відстежуються в Jira,

документація проєкту зберігається в Confluence, код пишеться у Visual Studio Code, а його версії та спільна розробка підтримуються через GitHub.

Функціональні вимоги до системи відображено на діаграмі варіантів використання (рис. 1). Із системою взаємодіють шість акторів: користувач, лікар, модератор, медичний заклад, платіжна система та виробник/маркетплейс. Кожен, хто працює із сервісом напряду, спершу проходить авторизацію, завдяки чому кожна роль отримує лише власний набір прав.

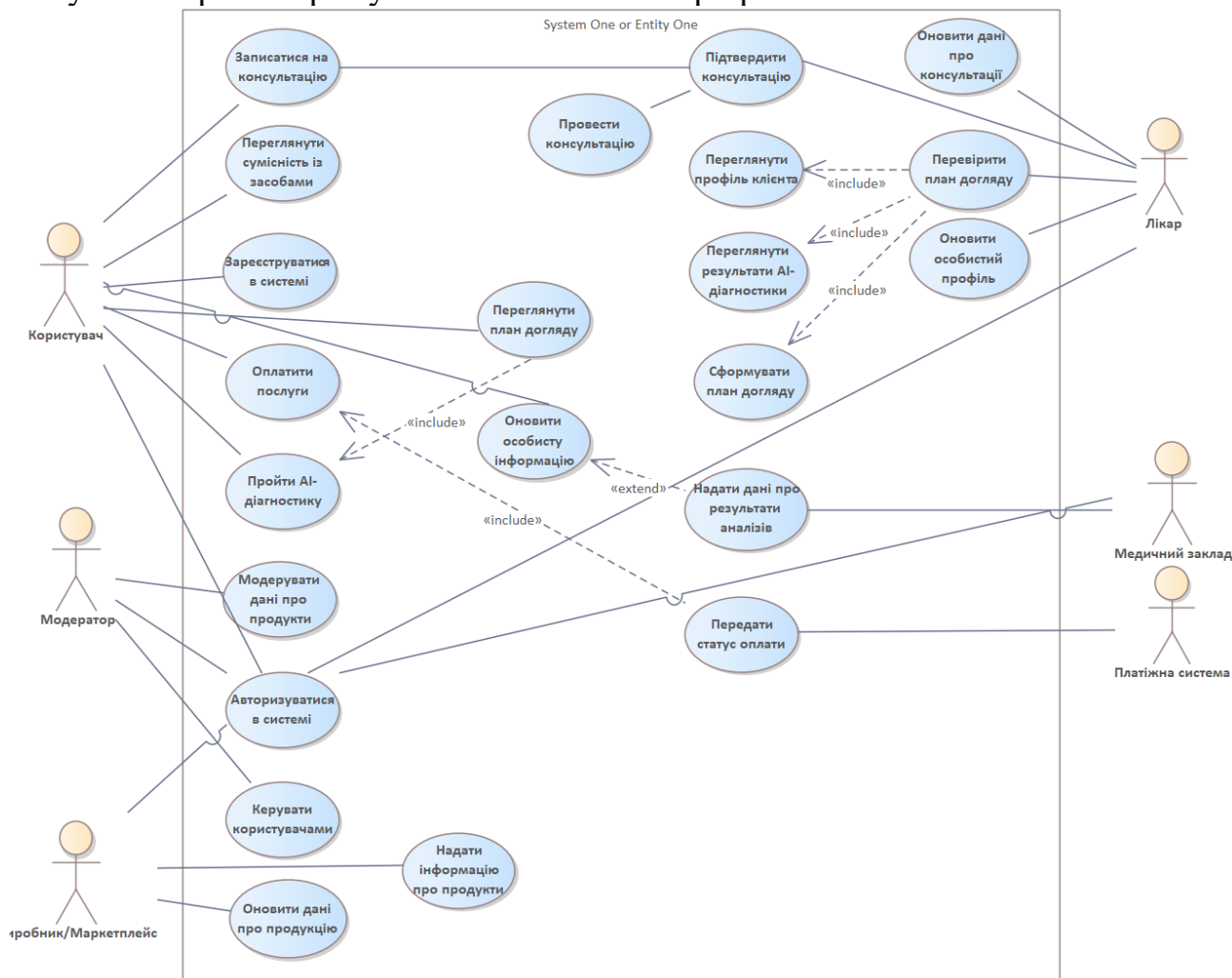


*Рис. 1. Діаграма варіантів використання
Джерело рисунка: розроблено авторами*

Центральною фігурою діаграми є користувач. Зареєструвавшись, він створює профіль, де зазначає тип шкіри й волосся, алергії та бажаний результат догляду; ці відомості можна змінювати будь-коли. Після цього користувач завантажує фото шкіри чи волосся для ШІ-діагностики, а згодом переглядає власний план догляду та перевіряє, чи підходять йому обрані засоби. Між переглядом плану і діагностикою встановлено зв'язок «include»: без результатів аналізу план просто не може бути сформований. Для отримання професійної думки користувач записується до лікаря й оплачує консультацію, а підтвердження оплати надходить від платіжної системи.

Лікар приймає запити на консультації, проводить їх і вносить відомості про результати, а також підтримує актуальність власного профілю. Головний його

сценарій: «Перевірити план догляду». Через зв'язки «include» він поєднує три обов'язкові дії: ознайомлення з профілем клієнта, аналіз результатів ШІ-діагностики та складання плану догляду. Таким чином, остаточні рекомендації лікар надає лише після вивчення даних пацієнта й висновків алгоритму, за потреби доповнюючи або повністю переглядаючи їх.

Модератор відповідає за якість даних у системі: він модерує інформацію про продукти та керує обліковими записами користувачів. Виробник/маркетплейс надає й оновлює відомості про продукцію, що забезпечує актуальність каталогу засобів. Медичний заклад передає результати аналізів користувача; цей варіант пов'язаний з оновленням особистої інформації зв'язком «extend», оскільки виконується лише за наявності відповідних даних і доповнює профіль користувача. Платіжна система підтверджує проведення оплати.

Таким чином, діаграма варіантів використання демонструє повний цикл роботи з системою, від реєстрації та ШІ-діагностики до отримання персоналізованого плану догляду, підтвердженого лікарем. На основі спроектованої моделі розроблено MVP-версію мобільного застосунку, тестування якої підтвердило коректність основного функціоналу. Поєднання автоматизованого аналізу з фаховою консультацією дає змогу підвищити якість і безпечність рекомендацій, а хмарна архітектура створює основу для подальшого масштабування системи та її інтеграції з медичними закладами й торговими платформами.

Список літератури

1. Teledermatology Market Size & Trends. Grand View Research. URL: <https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/teledermatology-market-size/global> (дата звернення: 13.10.2026).
2. Esteva A., Kuprel B., Novoa R. A. et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017. Vol. 542, no. 7639. P. 115–118. URL: <https://doi.org/10.1038/nature21056>
3. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). *Official Journal of the European Union*. 2024. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>
4. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 (General Data Protection Regulation). *Official Journal of the European Union*. 2016. L 119. P. 1–88. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>
5. Saaty T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York : McGraw-Hill, 1980.
6. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. *The Unified Modeling Language User Guide*. 2nd ed. Boston : Addison-Wesley, 2005.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ СПРАВНОСТІ ЦИЛІНДРОВИХ МЕХАНІЗМІВ ЗАМКІВ

Корня Андрій Васильович

головний судовий експерт, сектор трасологічних досліджень та обліку, відділ
криміналістичних видів досліджень,
Одеський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр, Міністерство
внутрішніх справ

Одним із напрямків експертно-криміналістичної діяльності є всебічне дослідження способів, методів, особливостей та обставин злочинного проникнення всередину замкненого середовища (території, приміщення, шафи, і т.п.). Місце проникнення може містити великий пласт інформації про умови та обставини дій злочинця.

Здебільшого замкнені середовища, що піддаються кримінальному посяганню, мають невільний вхід та обладнані дверима (воротами, хвіртками, ставнями, ролетами, і т.п.) з різноманітними замикаючими пристроями, у тому числі - замками [1], які безпосередньо піддаються прямому злочинному впливу, та у процесі вчинення правопорушення, усуваються в якості перешкоди.

За загальноприйнятим поняттям **замок** - це виріб, що: слугує для запирання і відпирання дверей та інших захисних конструкцій; відповідає визначеним охоронним властивостям; є невід'ємним елементом захисної конструкції [2].

Існують замки з різноманітними механізмами замикання, такі як: циліндровий, сувальдний, пружинний і т.п.. Серед перелічених доволі розповсюджені у побуті замки урізного, прирізного (накладного) або навісного типу, з циліндровими механізмами замикання, які обладнані елементами секретності у вигляді пар циліндричних штифтів (пінів). Відповідно, через значну розповсюдженість замки з циліндровими механізмами замикання, обладнані штифтами (пінами), часто піддаються кримінальному впливу та систематично направляються на експертизу (дослідження).

Одним з вирішуваних питань під час проведення досліджень замків з циліндровим механізмом замикання є - «Чи справний або роботоздатний (працездатний) механізм замка?», що є логічним та важливим для встановлення дій особи, що посягає на порушення прав іншої особи, в процесі здійснення правопорушення.

При вирішенні цих питань важливим є розуміння справності та роботоздатності (працездатності), і відмінностей між даними поняттями. Отже, поняттями, що застосовуються до механізмів загалом, і зафіксовані у діючих ДСТУ, є наступні: працездатність – це стан об'єкта, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції; справність – це стан об'єкта, за яким він здатний виконувати усі задані функції [4].

У більш звуженому сенсі, тобто відносно формулювання понять справності та роботоздатності (працездатності) саме замків, зазначено наступне.

Роботоздатним (працездатним) визнається замок, який відмикається і замикається штатним ключем;

Справним визнається замок при одночасній наявності наступних умов:

- замок відмикається і замикається штатним ключем;
- містить усі конструктивні елементи механізму;
- не має ознак (дефектів та пошкоджень), які негативно впливають на функцію відмикання і замикання;
- не має ознак (дефектів та пошкоджень), які знижують стійкість до відмикання сторонніми предметами [2].

З урахуванням вказаних умов формуються висновки, варіанти яких наведені нижче:

- якщо всі деталі замикаючого механізму справні, але в силу деяких обставин (наприклад, сильно забруднені, заіржавіли) вільно не переміщуються, для достатності замикання і відмикання, тоді замок вважається нероботоздатним (непрацездатним) і несправним;

- якщо дефекти (наприклад, невелика вм'ятість корпусу замка, погнутість дужки, нестійкість стійки для ключа) не впливають на роботу механізму, його замикання та відмикання, замок вважається роботоздатним (працездатним) і справним;

- можливість замикання та відмикання, при одночасній наявності дефектів, які негативно впливають на надійність роботи механізму, і певною мірою полегшують відмикання його стороннім предметом, є підставою для визнання замка роботоздатним (працездатним), проте - несправним [3].

Порівнюючи два поняття (механізму - загалом та механічного виробу - замка) можна визначити, що відмикання та замикання це основна ("потрібна") функція замка, а додатковою ("заданою") його функцією є наприклад: стійкість до відмикання сторонніми предметами, складовою якої серед іншого є секретність.

При цьому, **секретність замка** це властивість замка, що визначається кількістю можливих варіантів секрету в конкретній моделі замка, кожен з яких відповідає лише конкретному ключу [2].

Крім того, замки можуть мати додаткові характеристики та можливості (наприклад: підсвічування окремих деталей, додатковий захист, посилена міцність, кодування, декоративна функція, і т.д.), які в процесі висвітлення даної теми до уваги не беруться.

У процесі досліджень циліндрових механізмів замків, трапляються випадки нижченаведеного прикладу дослідження, під час якого аналіз об'єктів проводився з урахуванням інформації, зазначеної вище.

Замок надійшов на дослідження у роботоздатному (працездатному) стані, замикається та відмикається без затримок та недоліків, містить усі конструктивні елементи, які задовільно взаємодіють між собою. Однак, при розбиранні та огляді циліндрового механізму замка встановлено, що на внутрішніх поверхнях його корпусу (патрону), на отворах каналів для штифтів (по колу поверхні патронів) є кільцеві пошкодження зі слідами у вигляді потертостей та борозен глибиною 0.1 - 0.5 мм (Рис. 1, 2, 3).

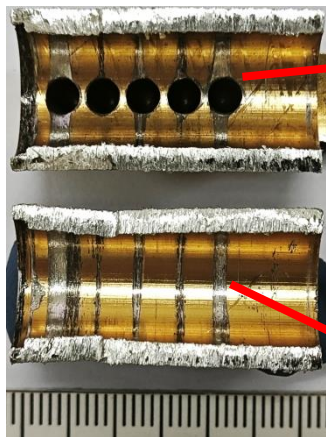


Рис. 1 поверхні патрону

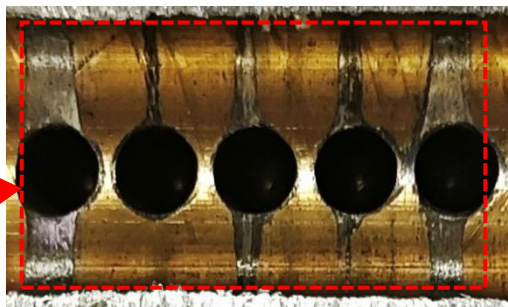


Рис. 2 Пошкодження на верхній поверхні

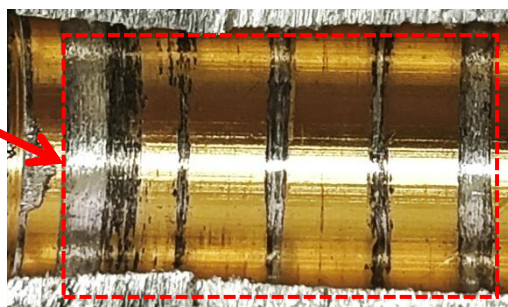


Рис. 3 Пошкодження на нижній поверхні

Джерело рисунків: розробка автора

В процесі дослідження циліндрового механізму вказаного замка стало зрозуміло, що корпус (патрон) та штифти циліндрового механізму виготовлені з відмінних металів (сплавів), які в свою чергу мають різні загальні та якісні характеристики, такі, як наприклад: колір або реакція на магнітне поле постійного магніту. При цьому, метал (сплав) корпусу (патрону) м'якший за метал (сплав) штифтів. Тому, у результаті довготривалої механічної взаємодії вказаних деталей штифти поступово стерли метал патрону, що свідчить про експлуатаційний характер утворення даних пошкоджень.

На основі зазначених даних було зроблено припущення, що наявність таких пошкоджень не впливає на ступінь точності суміщення корпусу (патрону) з циліндром, але при провертанні циліндру в патроні може формувати збільшений зазор (люфт) сумісності між нижніми торцями робочих штифтів і внутрішньою поверхнею корпусів (патронів) механізму замка. При цьому, наявність фаски на торцях штифтів може забезпечувати кожному робочому штифту вільний рух в межах утвореної похибки при утиканні штифта в межі отвору корпусу, призначеного для опорного штифта його пари.

В процесі подальшого вивчення даного випадку експертом було встановлено, що вимоги до замків серед іншого перелічені у стандартах якості, інструкціях з експлуатації, паспортах виробів та у іншій технічній документації виробників. Ознайомлюючись з інформацією, зазначеною у джерелах технічної документації різних виробників було встановлено, що такі показники, як кількість комбінацій, сумарні розміри штифтів циліндра і корпусу, пружини в стиснутому стані і

заглушки, кількість комплектів штифтів, наявність фаски (закруглень торців) штифтів, ступінь точності з'єднання корпусу з циліндром, мають певні межі, які регулюються відносно від класу замка, і впливають на рівень його секретності.

Розглядаючи вищенаведений приклад наявності та характеру експлуатаційних пошкоджень на механізмі замка у автора виникло припущення про те, що даний замок можливо визнати несправним, у зв'язку з тим, що наявність кільцевих пошкоджень зі слідами зносу на внутрішніх поверхнях корпусів (патронів) циліндрового механізму замка теоретично зменшує кількість комбінацій, і як наслідок - знижує стійкість замка до відмикання сторонніми предметами (наприклад підібраними ключами, які мають незначні відмінності від штатного).

Проте, в процесі подальшого вивчення даного питання було встановлено, що вимоги, які наведені у документах, що регулюють стандартизацію замків передбачають проведення випробувань, що не охоплюються методикою трасологічного дослідження замків, а мають здійснюватися на основі спеціально розроблених процедур із застосуванням відповідних методів, засобів вимірювальної техніки, випробувального обладнання, використанням додаткових зразків, тощо [2]. Тобто, в процесі дослідження в рамках судової трасологічної експертизи у експерта відсутня необхідність у застосуванні вимірювальних засобів та обладнання для підтвердження припущення про зменшення комбінацій секретності замка, а проведення таких випробувань виходить за межі його компетенції.

У свою чергу, формування висновку на основі суб'єктивних внутрішніх переконань та припущень, не підтверджених об'єктивними факторами, експертом не допускається.

Тому, з огляду на те, що експериментально встановити фактичний рівень секретності досліджуваного замка, та підтвердити припущення про зниження його секретності за обставин, наявних в наведеному прикладі, у рамках методики трасологічного дослідження неможливо, а також, приймаючи до уваги, що комбінація секретності механізму замка відповідала призначеному для даного замка ключу, результатом наявних допустимих досліджень можливий єдиний правильний висновок про те, що досліджуваний замок є роботоздатним (працездатним) і справним.

Список літератури

1. The 12th International scientific and practical conference “New integrations of modern education in universities” (December 05 - 08, 2023) Amsterdam, Netherlands. International Science Group. 2023. 384 p / Корня А.В. - «Попередня зміна конструкції замка, як один із способів злочинного проникнення» (ст.127);
2. Трасологічне дослідження замків і їхніх механізмів : метод. рек. / уклад.: К.І. Єщенко, С.А. Степура. Київ : ДНДЕКЦ МВС України, 2024. 102 с.;

3. Методика трасологічного дослідження замків. Експертна спеціальність 4.2 «Дослідження знарядь, агрегатів, інструментів і залишених ними слідів, ідентифікація цілого за частинами» / [укл. Коструб А.М., Грищенко О.В., Щирба Д.Є., Іваник С.І., Чашницька Т.Г.]. – К. : ДНДЕКЦ МВС України, 2015. – 41 с. : іл.;
4. ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення».

ВІСЬКОВА СЛУЖБА, ЯК СПОСІБ НАБУТТЯ ГРОМАДЯНСТВА

Пєсцов Р.Г.

кандидат юридичних наук, доцент
Український державний університет імені Михайла Драгоманова

Досліджуючи інститут громадянства науковці звертають увагу на проблеми змісту громадянства та принципам і підставам набуття громадянства. Однією із підстав набуття громадянства є набуття громадянства за особливі заслуги перед державою, або, іншими словами, - дарування громадянства главою держави. Варто зазначити, що дарування громадянства є спрощеним способом набуття громадянства, оскільки не передбачає вимог, які передбачені в загальній процедурі набуття громадянства (знання мови, проживання на території держави протягом певного часу, наявність доходів для проживання) [1, с. 133 -134].

Інститут дарування громадянства відомий ще з часів Римської імперії. Даний інститут був важливим способом забезпечення стабільного розвитку імперії. Римляни вибирали тих, кого хотіли ввести у свою общину, розкладаючи керівну еліту союзників, котрим римське громадянство надавалося як певного роду компенсація за надані послуги [2, 189]. Дарування громадянства здійснювалося в основному за військову службу. Чоловікам з провінційних регіонів Римської імперії військова служба в римських легіонах давала підстави набуття повних прав римського громадянства [2, 188].

В період феодалізму поняття громадянство тимчасово було замінено на васальну вірність. Однак, починаючи із XVI ст. Із початком формування регулярних армій практика отримання громадянства / підданства відновилася. Так, наприклад військова служба в іноземних полках Франції, Іспанії в період XVI - XVIII ст.ст. давала право на земельні наділи та автоматичну натуралізацію підданого . Під час війни за незалежність США континентальний конгрес активно залучав іноземних добровольців, надаючи їм американське громадянство (для прикладу можна вказати Тадеуша Костюшко, Фрідріха фон Штобена). Під час громадянської війни в США було вперше прийнято Закон про прискорену натуралізацію [3]. Згідно цього закону іноземні солдати Союзу отримували громадянство за спрощеною процедурою.

В сучасному світі військова служба, як підстава набуття громадянства залишається у Франції. Військова служба у Французькому Іноземному Легіоні сформувала унікальну концепцію “француз по пролитій крові”. Так, в статтях 21-14-1 і 21-19 Цивільного кодексу Франції зазначено, що іноземець, який служить у Французькому Іноземному Легіоні і отримав поранення під час бойових дій, за пропозицією Міністра оборони може отримати французьке громадянство. В разі його смерті право на отримання громадянства зберігається за його неповнолітніми дітьми [4].

З метою забезпечення Збройних Сил висококваліфікованими спеціалістами (медичні працівники та перекладачі) в США розроблено ряд програм, які дозволяли залучати іноземців до військової служби з подальшим отримання громадянства США за спрощеною процедурою (INA/MAVNI (2008 - 2016р.р.) [5; 6].

В Україні відповідно до Закону 4502-IX іноземці, які проходять військову службу за контрактом у Збройних Силах України не менше 3-х років мають право отримати громадянство України [7]. Варто зазначити, що законодавство країн, які регламентують набуття іноземцями громадянства через військову службу у Збройних Силах відповідної держави, розглядає даний правовий інститут як дарування державою громадянства іноземному громадянину за його особливі заслуги перед державою. Тому доцільно було у вітчизняному законодавстві детально визначити в Законі окремим розділом види особових заслуг перед державою, за які іноземні громадяни можуть отримати громадянство України, а також більш детальніше регламентувати процедуру дарування громадянства іноземним громадянам за несення ними військової служби, взявши за взірць законодавство Франції.

Список літератури

1 Песцов Р.Г., Войтюк Д., Бвлюцька К. Почесне дарування громадянства за особливі заслуги перед державою. The 2nd International scientific and practical conference “Innovations in education: prospects and challenges of today” (January 16 - 19, 2024) Sofia, Bulgaria. International Science Group. 2024. 389 p. URL.: <https://tgv.kname.edu.ua>

2 О. Петrenchко. Принципат та інститут Римського громадянства. URL.: 172144-Текст статті-380133-1-10-20190701 (1).pdf

3 United States Naturalization Law of March 26, 1790)United States Naturalization Law of March 26, 1790). URL.: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-1/pdf/STATUTE-1-Pg103.pdf>

4 Code civil. URL.: <https://codes.droit.org/PDF/Code%20civil.pdf#:~:text=Code%20civil%20%28Mise%20à%20jour%20du%202026-06-27%29%20Code,articles%20et%20éléments%20abrogés%20ne%20sont%20pas%20inclus.>

5 INA. URL.: <https://www.uscis.gov/policy-manual/volume-12-part-i-chapter-3>

6 Армія США запрошує: українцям можуть надати громадянство за 10 тижнів. URL.: https://www.ukrinform.ua/rubric-diaspora/1832092-armiya_ssha_zaproshue__ukraiintsyam_mogut_nadati_gromadyanstvo_za_10_tigniv_2039703.html

7 “Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення реалізації права на набуття та збереження громадянства України”: Закон України. № 4502-IX від 18.06.2025р. URL.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4502-20#Text>

IMPROVING THE MANAGEMENT OF ENTERPRISE DEVELOPMENT POTENTIAL COMPONENTS IN THE CONTEXT OF CONTEMPORARY CHALLENGES AND TRANSFORMATION

Grybyk Igor

PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Organisational Management,
Lviv Polytechnic National University

Andrusyk Nazarii

student of MEOA-21 group,
Department of Organisational Management,
Lviv Polytechnic National University

The current stage of economic development is characterized by increasing uncertainty, accelerating technological change, the transformation of global supply chains, intensifying competition, and growing demands for greater resource-use efficiency. Under these conditions, traditional approaches to enterprise management, which focus primarily on achieving short-term operational targets and maximizing short-term financial results, need to be reconsidered. The ability of an enterprise to maintain resilience in times of crisis, respond promptly to changes in the market environment, adopt new technologies, and create the conditions for long-term development is becoming increasingly important. Therefore, managing the components of an enterprise's development potential should be viewed as a strategic process aimed not only at ensuring the efficient use of existing resources but also at creating new opportunities for growth.

For Ukrainian enterprises, the relevance of this issue has been heightened by the consequences of the full-scale war, damage to production facilities and energy infrastructure, logistical constraints, labour shortages, limited access to financing, and economic instability. At the same time, the business sector has demonstrated its capacity to adapt, revise business models, and explore new areas of activity. According to the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Ukraine's economic recovery requires increased private investment, higher productivity, export development, stronger competition, and improved access to financial resources for enterprises [1]. Consequently, one of the key challenges facing modern management is to transform existing potential into an effective instrument for adaptation, recovery, and further development.

Under current conditions, an enterprise's development potential cannot be equated solely with the aggregate of its material, financial, and human resources. Rather, it should be understood as a dynamic system of resources, competencies, organisational capabilities, and capacities for transformation that enables an enterprise to achieve its

strategic objectives, overcome crisis-related constraints, and capitalise on promising market opportunities. This approach is based on the understanding that competitiveness is determined not only by the volume of available resources but also by how they are combined, organised, and utilised. J. Barney emphasises the importance of strategically valuable resources in establishing sustainable competitive advantages [2], while the dynamic capabilities framework developed by D. Teece, G. Pisano, and A. Shuen highlights an enterprise's ability to renew its resources and competencies in response to changes in the external environment [3].

One of the main characteristics of the contemporary business environment is the changing relationship between efficiency and resilience. In a stable environment, managerial decisions often focus on minimising costs, optimising inventory levels, and maximising the utilisation of production capacity. However, in the context of war-related risks, supply disruptions, energy constraints, and demand volatility, excessive optimisation can create additional vulnerabilities. For example, maintaining minimal stocks of critical materials, relying on a single supplier, or using only one distribution channel can increase an enterprise's exposure to disruption. Accordingly, modern development potential management must combine economic efficiency with the establishment of reserves, supply diversification, the development of alternative sales channels, and business continuity planning.

Under these conditions, financial potential becomes particularly important, as financial resources enable enterprises to sustain their operations, restore damaged assets, modernise production facilities, and implement innovations. The main priorities for strengthening financial potential include improving cash flow management, optimising the capital structure, increasing asset turnover, controlling accounts receivable, and establishing well-grounded investment priorities. Given limited access to financing, enterprises need to assess expected investment returns more carefully, weigh potential outcomes against associated risks, and determine the order in which projects should be implemented. Another promising direction is the diversification of funding sources, including the use of banking instruments, leasing, grant programmes, partnership financing, and available business support schemes.

At the same time, financial resilience should not be achieved solely through cost-cutting measures. Excessive reductions in investment in personnel, technology, equipment, and research may undermine productivity and lead to a loss of competitive position in the future. The management challenge, therefore, lies in determining the optimal balance between current operational needs, financial security reserves, and investment in development. Priority should be given to measures that simultaneously reduce critical risks and generate long-term economic benefits.

Undergoing contemporary transformations, an enterprise's production and technical potential needs to be redirected from simply expanding production capacity towards enhancing production flexibility, technological advancement, and resource efficiency. Rising energy costs, restricted access to certain resources, and the need to adapt rapidly to changing demand have increased the importance of implementing energy-efficient technologies, automating operations, upgrading equipment, and optimising production processes. At the same time, modernisation should be based on

a comprehensive assessment of costs, potential productivity gains, reductions in losses, and the impact on product quality.

One promising direction is the development of flexible manufacturing systems, which enable enterprises to adjust their product range, output volumes, and technological parameters more rapidly in response to market demand. It is also important to assess the extent to which production depends on critical equipment, energy supplies, and external suppliers. In this context, the development of production potential should encompass not only technical re-equipment but also improvements in maintenance practices, repair scheduling, material flow management, and the development of contingency operating scenarios.

A particular emphasis in modern development potential management should be placed on human capital. Shortages of skilled workers, population migration, changes in employment patterns, and the rapid evolution of professional competencies are intensifying competition for personnel. Consequently, human resource policies must extend beyond traditional recruitment practices to include systematic competency development, retraining, the retention of key specialists, and the creation of opportunities for professional advancement. Developing skills in the use of digital tools, analytical systems, automated processes, and emerging technologies is becoming particularly important.

The prospects for developing human resource potential are also associated with the introduction of flexible work arrangements, improvements in employee motivation systems, and enhanced internal communication. An effective human resource management system should align employees' interests with enterprise objectives, ensure transparent performance evaluation, and provide opportunities for professional development. At the same time, it is important to foster an organisational culture that encourages initiative, accountability, knowledge sharing, and employee participation in the improvement of work processes.

Digitalisation of management is becoming a decisive driver of enterprise transformation. The use of integrated information systems, business intelligence tools, cloud technologies, automation, and artificial intelligence creates opportunities for faster information processing, more accurate forecasting, improved cost control, and enhanced customer interaction. In its materials on business digitalisation, the European Commission identifies the adoption of artificial intelligence, the use of cloud services and data analytics, the development of digital skills, and stronger cybersecurity as important priorities [4]. This indicates that digital development should be regarded not as an isolated technical project but as a cross-cutting driver of efficiency improvements across all components of an enterprise's potential.

At the same time, digital transformation cannot be reduced to purchasing software or automating individual operations. It involves redesigning business processes, improving data management systems, training employees, and fostering a culture of decision-making based on reliable information. The effectiveness of digital investments depends on clearly identifying the problems to be addressed, the expected outcomes, and the criteria for evaluating performance. It is also necessary to take into

account the risks associated with cyber threats, data loss, technological dependence, and insufficient compatibility between information systems.

Under current conditions, innovation potential is becoming particularly important, as it enables enterprises not only to improve their existing operations but also to create new sources of competitive advantage. Innovation may involve products, technologies, work organisation, logistics, business models, and methods of interacting with consumers. One promising direction is the development of partnerships with research institutions, higher education institutions, technology companies, and other participants in the innovation ecosystem. Such cooperation facilitates knowledge exchange, access to new technologies, and a reduction in the costs of developing innovative solutions independently.

To use innovation potential effectively, enterprises need to adopt a systematic approach to project management, covering the entire process from problem identification and idea generation to the assessment of commercial viability, testing, and scaling up successful solutions. It is advisable to foster a culture of experimentation in which new products or processes are initially tested on a limited scale, while further investment depends on the results obtained. This approach helps reduce risks, avoid unjustified expenditure, and allocate resources to innovations with genuine economic prospects.

Another important area of development is strengthening enterprises' environmental and resource responsibility. Rising energy and material costs, increasingly stringent environmental requirements, and the growing emphasis on sustainable practices in European markets create favourable conditions for improving energy efficiency, reusing materials, reducing waste, and enhancing environmental management. For enterprises seeking to enter international markets or expand cooperation with European partners, compliance with quality requirements, product traceability, business process transparency, and effective risk management are becoming increasingly important.

Integration into the European economic area opens up opportunities to expand sales markets, attract investment, develop partnerships, and introduce modern management practices. At the same time, it raises expectations regarding product quality, productivity, compliance with technical standards, operational transparency, and competitiveness. Therefore, preparing to operate in international markets should involve not only marketing and promotion but also systematic improvements in production, logistics, financial management, employee competencies, and internal control.

In this context, one promising direction is the transition from a development model based primarily on the utilisation of existing resources to one focused on increasing productivity, technological upgrading, and value creation. A World Bank study on the development of more productive firms in Ukraine emphasises the importance of competition, the entry of new businesses, innovation, and more efficient resource allocation in achieving dynamic economic growth. For enterprises, this means regularly reviewing their product portfolios, technologies, sales channels, and organisational models, abandoning inefficient practices, and directing resources towards activities with greater development potential.

Improving the management of the components of an enterprise's development potential requires a comprehensive assessment of its current condition and the identification of transformation priorities. To this end, it is advisable to use a system of indicators covering financial stability, liquidity, profitability, labour productivity, fixed asset utilisation efficiency, asset turnover, innovation activity, the level of digitalisation, and employee development. At the same time, quantitative indicators should be complemented by a qualitative analysis of management processes, readiness for change, organisational culture, and the enterprise's ability to respond to external threats.

It is important to ensure that the assessment of development potential does not become a formal exercise in accumulating indicators. Its primary purpose is to identify constraints, uncover untapped opportunities, and support well-founded managerial decisions. On this basis, an enterprise can develop a development programme specifying objectives, responsible personnel, resource allocation, implementation deadlines, key performance indicators, and monitoring mechanisms. Regular evaluation of results makes it possible to adjust measures in response to changes in the external environment and avoid inefficient resource utilisation.

Thus, the contemporary conditions in which enterprises operate necessitate a reassessment of existing approaches to managing development potential. The main priorities should include ensuring resilience and adaptability, strengthening financial capacity, upgrading technology, developing human capital, advancing digital transformation, intensifying innovation, improving resource efficiency, and expanding international cooperation. The effectiveness of management, however, is determined not by maximising any individual component but by the enterprise's ability to ensure their coordinated interaction in accordance with its strategic objectives.

The future development of enterprises is associated with the adoption of flexible organisational models, increased productivity, entry into new markets, implementation of digital solutions, and the creation of innovative products and services. For Ukrainian businesses, additional opportunities arise from participation in economic recovery, deeper integration with the European market, the development of industrial cooperation, and attracting investment in modernisation. Realising these opportunities requires strategic vision, effective resource management, and a willingness to continuously upgrade competencies.

References

1. OECD. *OECD Economic Surveys: Ukraine 2025*. Paris: OECD Publishing, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1787/940cee85-en>.
2. Barney J. B. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*. 1991. Vol. 17, No. 1. P. 99–120. DOI: <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>.
3. Teece D. J., Pisano G., Shuen A. Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*. 1997. Vol. 18, No. 7. P. 509–533. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7)

4. European Commission. *Digital Decade 2025: Digitalisation of Business in the EU Member States*. 2025. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-decade-2025-digitalisation-business-eu-member-states>.

ВІДТВОРЮВАНИЙ АЛГОРИТМ ПЕРЕВІРКИ КУТІВ ТРИКУТНИКА

Гора Єлизавета Олександрівна

учениця 10 класу

Комунальний заклад «Харківський ліцей № 153 Харківської міської ради»,

Харків, Україна

ORCID: 0009-0004-6249-1762

Чиновата Зоя Анатоліївна

викладачка, наукова керівниця

Комунальний заклад «Харківський ліцей № 153 Харківської міської ради»,

Харків, Україна

Для трикутника зі сторонами 7, 4, 4 кут проти сторони 7 становить приблизно $122,09^\circ$. Обернений синус дає $57,91^\circ$, хоча синуси цих кутів однакові. Повторне обчислення з більшою точністю збереже неправильний вибір. Тому програмна перевірка має контролювати і допустимість сторін, і спосіб відновлення кута.

Мета тез: описати алгоритм і перевірити його на всіх цілих трійках сторін від 1 до 9. Теорема косинусів визначає опорний кут, а формули Мольвейде дають знакову піврізницю двох інших [1, 2]. Реалізація використовує стандартну бібліотеку Python. Похибки обчислень у такому середовищі пояснюються в [3].

Для сторін a, b, c спершу перевіряється їхня додатність і три строгі нерівності трикутника. Дані, які не проходять цей етап, відхиляються до обчислення обернених тригонометричних функцій. Таке правило запобігає ситуації, коли програмна корекція аргументу приховує геометрично неправильний набір сторін. Вироджені випадки також не включаються в допустиму область.

Після перевірки даних кут C визначається за теоремою косинусів. Далі сума і різниця перших двох сторін використовуються для обчислення косинуса та синуса піврізниці кутів. Отриману пару можна розглядати як координати точки на одиничному колі. Знак вертикальної координати визначає, який із двох кутів більший.

Кут піврізниці обчислюється функцією atan2 із явно зазначеним порядком аргументів. Після цього два шукані кути відновлюються з відомої суми та знакової різниці. Якщо перші дві сторони переставити місцями, горизонтальна координата не зміниться, вертикальна змінить знак, а відповідні кути поміняються місцями. Ця властивість є окремою перевіркою реалізації.

Після перестановки сторін можна перевірити програму без нового еталонного алгоритму. Для 7–4–4 і 4–7–4 знайдені перші два кути повинні мінятися місцями. Для однакових перших сторін вони мають збігатися. Ці властивості перевірено в усіх відповідних рядках даних.

У таблиці зберігаються сторони, кут C , еталонні й відновлені кути та найбільша різниця між ними. Поле `naive_wrong` позначає неправильний вибір

оберненого синуса. За кожним рядком можна повторити обчислення та з'ясувати, на якому етапі виникла розбіжність.

Перебрано всі 729 впорядкованих трійок цілих сторін від 1 до 9. Строгі нерівності виконуються для 369 трійок; решта 360 відхиляється на вході. Перестановки враховано окремо, тому що назва кута визначається протилежною стороною. Дані є повним перебором заданого діапазону.

Для всіх 369 трикутників відновлені кути узгодилися з теоремою косинусів. Різниця була меншою за одну десятимільярдну градуса. Найбільше відхилення отримано для 8–9–2. Якщо залишити головне значення оберненого синуса без вибору кута, неправильний перший кут виникає у 53 рядках.

Поділ за типом першого кута пояснює всі 53 помилки. У таблиці 314 гострих, 2 прямих і 53 тупих перших кутів. Варіант з одним оберненим синусом правильно обробив гострі й прямі кути та помилився на кожному тупому. Це перевірено за цілими сторонами: квадрат першої сторони порівнюється із сумою квадратів двох інших.

Для повторення потрібно запуснути `check_examples.py`. Він створює `angle_recovery.csv` із 369 допустимими трійками. Скрипт `verify_angle_properties.py` додатково групує рядки за типом першого кута й перевіряє перестановку сторін. Обидві програми читаються як звичайний текст і працюють зі стандартною бібліотекою Python.

Окремо перевірено 61 рядок із рівними першими сторонами: відновлені кути збіглися. Зіставлення кожного рядка з переставленими першими сторонами також дало збіг відповідних кутів. Так перевірено знак різниці та відповідність позначень у реалізації.

У функції Python кути передаються в радіанах, а в CSV записуються в градусах. Переведення одиниць виконується в заданих кроках алгоритму. Під час перенесення розрахунку в Excel ці кроки потрібно зберегти: формула з градусами в радіанній функції дасть іншу відповідь.

Отримано програму з перевіркою входу та таблицею всіх результатів заданого перебору. Вона виявляє порушення нерівностей і помилки вибору кута. Навчальні завдання зі знаковою піврізницею становлять окремий матеріал; тут розглядається контроль числової реалізації.

Перевірка охоплює цілі сторони від 1 до 9 й одну реалізацію математичних функцій. Для майже вироджених трикутників та неточно виміряних сторін потрібно окремо дослідити чутливість. Теорема косинусів і схема Мольвейде використовують спільне програмне середовище, тому при перенесенні реалізації корисно повторити перебір.

У заданому переборі алгоритм правильно відновив кути всіх 369 трикутників. Усі 53 помилки спрощеного варіанта пов'язані з тупим першим кутом. Перевірки рівних сторін і перестановок дали додатковий контроль знака. Повна таблиця дозволяє знайти й повторити кожний із цих випадків.

Список літератури

1. Corral, M. (n.d.). *Elementary Trigonometry*. Mathematics LibreTexts. [https://math.libretexts.org/Bookshelves/Precalculus/Elementary_Trigonometry_\(Corral\)/03:_Identities/3.04:_Other_Identities](https://math.libretexts.org/Bookshelves/Precalculus/Elementary_Trigonometry_(Corral)/03:_Identities/3.04:_Other_Identities)
2. Karjanto, N. (2011). Mollweide's formula in teaching trigonometry. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 30, 70–74. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrr008>
3. Goldberg, D. (1991). What Every Computer Scientist Should Know About Floating-Point Arithmetic. *ACM Computing Surveys*, 23(1), 5–48. <https://doi.org/10.1145/103162.103163>

ГЕОМЕТРИЧНЕ ПОЯСНЕННЯ ФОРМУЛ МОЛЬВЕЙДЕ У НАВЧАЛЬНОМУ ДОСЛІДЖЕННІ ТРИКУТНИКА

Гора Єлизавета Олександрівна

учениця 10 класу

Комунальний заклад «Харківський ліцей № 153 Харківської міської ради»,
Харків, Україна

У формулах Мольвейде поєднано половини кутів, суму та різницю сторін. Алгебраїчне доведення через теорему синусів наведено у [1, 2]. Геометрична побудова дозволяє пояснити походження кожної з цих величин. Мета роботи: зіставити елементи побудови з формулами та скласти шість завдань для послідовного розбору доведення. Методи дослідження: геометрична побудова, тригонометричні перетворення та перевірка числових прикладів.

Нехай a, b, c — сторони невиродженого трикутника, протилежні кутам A, B, C . Усі кути додатні та $A + B + C = 180^\circ$. Формули Мольвейде мають вигляд (1) і (2). Відомі співвідношення наведено з явними умовами, бо вони визначають допустимість подальшого ділення [1, 2].

$$\frac{(a+b)}{c} = \frac{\cos\left(\frac{(A-B)}{2}\right)}{\sin\left(\frac{C}{2}\right)} \quad (1)$$

$$\frac{(a-b)}{c} = \frac{\sin\left(\frac{(A-B)}{2}\right)}{\cos\left(\frac{C}{2}\right)} \quad (2)$$

У геометричній побудові Shene [3] коло з центром C і радіусом $CA = b$ перетинає пряму CB у D та E . Точка D лежить на промені CB , E — на протилежному. Отже, $CD = CE = b$, а DE — діаметр. Кут DAE прямий. Рівнобедрені трикутники CAD і CAE дають кути при A відповідно $90^\circ - C/2$ та $C/2$. На рис. 1 показано випадок більшої сторони a .

За $a > b$ маємо порядок C, D, B , відрізки $BD = a - b$ і $BE = a + b$. Кут $BAD = A - (90^\circ - C/2) = (A - B)/2 = d$. Нехай P і Q — основи перпендикулярів із B на прямі AD та AE . Відстань $BP = e$ можна виразити через прямокутні трикутники BDP і BAP ; відстань $BQ = f$ — через BEQ і BAQ . Отримуємо (3) і (4).

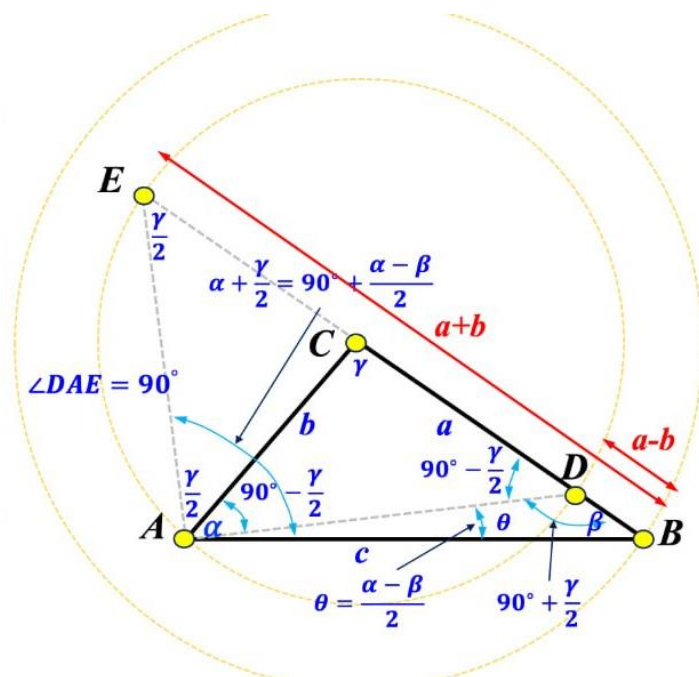


Рис. 1. Допоміжна побудова для випадку $a > b$
Джерело рисунка: Shene [3]. Позначення α, β, γ відповідають A, B, C .

$$e = (a - b) \cos\left(\frac{C}{2}\right) = c \sin d \quad (3)$$

$$f = (a + b) \sin\left(\frac{C}{2}\right) = c \cos d \quad (4)$$

Поділивши (3) на добуток опорної сторони й косинуса половини кута, отримуємо (2); поділивши (4) на добуток опорної сторони й синуса половини кута, отримуємо (1). Для невиродженого трикутника ці дільники додатні. Отже, обидві тотожності отримано без застосування теореми синусів.

За $a < b$ точка D лежить за B і $BD = b - a$. Невід'ємна відстань e дорівнює $(b - a) \cos(C/2) = c \sin((B - A)/2)$. Змінивши знак обох частин, повертаємося до (2). Для суми використовується парність косинуса. За $a = b$ допоміжний відрізок BD нульовий; рівність (2) означає $\theta = 0$, тоді як (1) зберігає зміст. Формули пояснено геометрично, а не підтверджено точністю вимірювання рисунка.

Навчальні завдання. Числові значення перевірено за теоремою синусів [4]. Кожне завдання вимагає назвати геометричну підставу переходу, а не лише обчислити число.

1. Побудова. Для $A = 70^\circ$, $B = 40^\circ$, $C = 70^\circ$ та $c = 10$ маємо $a = 10$, $b \approx 6,840403$. Потрібно пояснити, чому точка D лежить між C та B , а точка E належить протилежному променю.

2. Половини кутів. Для того самого трикутника кути CAD , CAE і BAD дорівнюють відповідно 55° , 35° і 15° . Їх слід отримати з рівності радіусів і суми кутів трикутника, а потім записати загальні вирази.

3. Дві відстані. Опустивши перпендикуляри з B на прямі AD та AE , потрібно назвати по два прямокутні трикутники для кожної відстані й отримати (3), (4). У кожному виразі слід указати гіпотенузу та відповідний кут.

4. Знак різниці. Після переставлення кутів 70° і 40° маємо $a \approx 6,840403$, $b = 10$. Потрібно пояснити від'ємність різниці сторін і синуса піврізниці кутів. Геометрична відстань при цьому залишається невід'ємною.

5. Рівні сторони. Для рівностороннього трикутника зі стороною 10 точка D збігається з B, а формула різниці дає $\theta = 0$. Потрібно розрізнити виродження допоміжного трикутника та невиродженість початкового.

6. Масштаб. Якщо всі сторони збільшити з 10 до 20, обидві рівності збережуться. Однак умова $c = 10$ уже порушена. Потрібно пояснити, чому співвідношення сторін не визначають заданої опорної довжини.

Результат дослідження. Послідовність завдань охоплює побудову кола, обчислення кутів, два вирази відстаней, знак різниці, рівні сторони та перевірку масштабу. Геометричне доведення показує походження суми й різниці сторін; алгебраїчне дає незалежний спосіб перевірити перетворення. Числові приклади ілюструють загальні рівності, але не замінюють їхнього доведення.

Запропоновані завдання математично розібрано, але їхню навчальну ефективність ще не перевірено на учнівських відповідях. Така перевірка потребує окремого педагогічного дослідження.

Список літератури

1. Corral M. Trigonometry. Schoolcraft College, 2009. § 3.4. URL: <https://mecmath.net/trig/Trigonometry.pdf>.
2. Karjanto N. Mollweide's formula in teaching trigonometry. Teaching Mathematics and its Applications. 2011. Vol. 30. P. 70–74. DOI: <https://doi.org/10.1093/teamat/hrr008>.
3. Shene C. K. Mollweide's Formulas. Michigan Technological University. URL: <https://pages.mtu.edu/~shene/VIDEOS/GEOMETRY/GEO-HTML/Tri-Proofs/Mollweide-1.html>.
4. Abramson J. Precalculus 2e. OpenStax, Rice University, 2021. § 8.1. URL: <https://openstax.org/books/precalculus-2e/pages/8-1-non-right-triangles-law-of-sines>.

ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ОПЕРАТОРЛАРДЫҢ БІР КЛАСЫНЫҢ РЕЗОЛЬВЕНТАСЫ ТУРАЛЫ

Молшылықова Арайлым Өрісбекқызы

М.Х.Дулати атындағы Тараз Университетінің 7M01501 “Математика
педагогтарын даярлау” білім беру бағдарламасының магистранты,
Қазақстан Республикасы, Тараз қ.

Баяндиев Ерік Нұрланұлы

М.Х.Дулати атындағы Тараз Университетінің “Математика” кафедрасының
қауымдастырылған профессор м.а., PhD доктор, Қазақстан Республикасы,
Тараз қ.

Аннотация: Бұл мақалада гильберт кеңістігінде анықталған дифференциалдық операторлардың белгілі бір класының резольвентасының құрылымы зерттеледі. Резольвента ядросының қасиеттері, оның компакттілігі және спектральді талдаудағы қолданыстары қарастырылады. Оператордың спектрі мен оған сәйкес меншікті функциялардың жүйесі талданады.

$L_2(a, b)$ скалярлық көбейтіндісі мен нормасы бар сепарабельді гильберт кеңістігі болсын:

$$\langle f, g \rangle = \int_a^b f(x) \overline{g(x)} dx, \quad \|f\| = \sqrt{\langle f, f \rangle} \quad (1.1)$$

Анықтама 1.1 $L_2(a, b)$ сепарабельді гильберт кеңістігін қарастырайық. Осы кеңістікте келесі түрдегі сызықтық дифференциал өрнегі анықталған L операторы берілсін:

$$L(y) = -y'' + q(x)y(x), \quad x \in (a, b) \quad (1.2)$$

мұндағы потенциал функциясы $q(x)$ үшін мынадай шарт орындалады $q(x) \in L_\infty(a, b)$ яғни, $q(x)$ шенелген үзіліссіз функция.

Анықтама 1.2 L операторының анықталу облысы $D(L)$ ретінде келесі шарттарды қанағаттандыратын $y(x) \in L_2(a, b)$ функциялар жиынтығы алынады:

1. $y(x)$ және оның бірінші туындысы $y'(x)$ аралықта абсолютті үзіліссіз;
2. Екінші туындысы $y''(x) \in L_2(a, b)$;
3. Біртекті шекаралық шарттарды қанағаттандырады:

$$\alpha_1 y(a) + \beta_1 y'(a) = 0, \quad \alpha_2 y(b) + \beta_2 y'(b) = 0$$

мұндағы $|\alpha_1| + |\beta_1| > 0$ және $|\alpha_2| + |\beta_2| > 0$.

Спектральді теорияда резольвента ұғымы келесідей енгізіледі.

Анықтама 1.3 $\lambda \in \mathbb{C}$ комплексті параметрі үшін $(L - \lambda I)$ операторының кері операторының резольвента деп аталады және ол төмендегідей белгіленеді:

$$R_\lambda = (L - \lambda I)^{-1} \quad (1.3)$$

Егер λ мәні үшін $(L - \lambda I)^{-1}$, кері операторы бар және ол $L_2(a, b)$ кеңістігінде шенелген сызықтық оператор болса, онда λ саны резольвента жиынына $\rho(L)$ тиісті болады.

Теорема 1.1 Егер $\lambda \in \rho(L)$ болса, онда кез келген $f(x) \in L_2(a, b)$ үшін $(L - \lambda I)u = f(x)$ теңдеуінің шешімі интегралдық оператор арқылы өрнектеледі:

$$R_\lambda f(x) = \int_a^b G(x, s; \lambda) f(s) ds \quad (1.4)$$

мұндағы $G(x, s; \lambda)$ – параметрге тәуелді Грин функциясы (резольвента ядросы).

Егер $u(x, \lambda)$ және $v(x, \lambda)$ сәйкесінше сол және оң жақ шекаралық шарттарды қанағаттандыратын біртекті теңдеудің сызықтық тәуелсіз шешімдері болса, онда Грин функциясы төмендегідей тұрғызылады:

$$G(x, s; \lambda) = \frac{1}{W(\lambda)} \begin{cases} u(x, \lambda)v(s, \lambda), & a \leq x \leq s \leq b \\ u(s, \lambda)v(x, \lambda), & a \leq s \leq x \leq b \end{cases} \quad (1.5)$$

мұндағы $W(\lambda) = u(x, \lambda)v'(x, \lambda) - u'(x, \lambda)v(x, \lambda)$ – шешімдердің Вронскианы ($W(\lambda) \neq 0$, өйткені $\lambda \in \rho(L)$).

Лемма 1.1 Егер потенциал функциясы $q(x) \in L_\infty(a, b)$ және интервал шектеулі $-\infty < a < b < \infty$ болса, онда кез келген $\lambda \in \rho(L)$ үшін Грин функциясы $G(x, s; \lambda)$ екі айнымалы бойынша квадратымен интегралданатын функция болады, яғни:

$$\int_a^b \int_a^b |G(x, s; \lambda)|^2 dx ds < \infty \quad (1.6)$$

Лемманың дәлелденуі:

Шешімдер $u(x, \lambda)$ және $v(x, \lambda)$ параметрінің мәндерінде $[a, b]$ кесіндісінде үзіліссіз функциялар болғандықтан, олар осы кесіндіде шенелген, яғни $|u(x, \lambda)| \leq M_1$, $|v(x, \lambda)| \leq M_2$ болатындай $M_1, M_2 > 0$ тұрақтылары табылады. Онда Грин функциясының модулінің квадраты үшін мына бағалау орындалады:

$$\frac{1}{|W(\lambda)|^2} \left(\int_a^b \int_a^b |G(x, s; \lambda)|^2 dx ds + \int_a^b \int_a^s |u(s, \lambda)|^2 |v(x, \lambda)|^2 dx ds \right) \quad (1.7)$$

Бұл интеграл шектеулі облыста интегралданатын үзіліссіз функцияның интегралы болғандықтан, оның мәні ақырлы санға тең болады. Лемма дәлелденді.

Оператор теориясында интегралдық ядросы квадратымен интегралданатын оператор арнайы класқа жатады.

Анықтама 1.4 $L_2(a, b)$ Гильберт кеңістігіндегі K сызықтық интегралдық операторы

$$Kf(x) = \int_a^b K(x, s)f(s)ds \quad (1.8)$$

және оның ядросы $\int_a^b \int_a^b |K(x, s)|^2 dx ds < \infty$ шарттарын қанағаттандырса, ол Гильберт-Шмидт операторы деп аталады. Белгілі функционалдық анализ теоремасы бойынша, әрбір Гильберт-Шмидт операторы - компактiлі оператор болып табылады.

Теорема 1.2 Егер интервал шектеулі $-\infty < a < b < \infty$ және потенциал $q(x) \in L_\infty(a, b)$ шенелген функция болса, онда қарастырылып отырған дифференциал операторының $R_\lambda = (L - \lambda I)^{-1}$ резольвентасы (кері операторы) $L_2(a, b)$ кеңістігінде компактiлі оператор болады.

Теорема дәлелдеуі:

1. Кері оператор R_λ ядросы $G(x, s; \lambda)$ болатын интегралдық оператор түрінде өрнектеледі:

$$R_\lambda f(x) = \int_a^b G(x, s; \lambda)f(s)ds$$

2. Лемма 1.1 тұжырымы бойынша, осы интегралдық оператордың ядросы үшін төмендегі шарт қатаң түрде орындалады:

$$\int_a^b \int_a^b |G(x, s; \lambda)|^2 dx ds < \infty$$

3. Гильберт-Шмидт операторларының анықтамасына сәйкес, ядросы квадратымен интегралданатын бұл оператор Гильберт-Шмидт класына тиісті болады.

4. Функционалдық анализдің классикалық тұжырымы бойынша, кез келген Гильберт-Шмидт операторы шенелген жиындарды жинақты (компактілі) жиынға бейнелейді, яғни ол компактiлі оператор болып табылады.

5. Олай болса, L дифференциал операторының резольвентасы (кері операторы) R_λ толық үзіліссіз (компактілі) оператор шығады.

Теорема толығымен дәлелденді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Абдикаликова З.Т., Ибатов А. Функционалдық анализ. - Алматы: CyberSmith, 2021. -232 б.
2. Рудин У. Функционалдық анализ. — Нью-Йорк: Макгроу-Хилл, 1991. — 424 б.
3. Өтелбаев М. О. Оценка спектра оператора Шредингера. — Алма-Ата: Ғылым, 1979. — 120 б.
4. Қалменов Т. Ш. Дисперсиялық есептер және дифференциалдық операторлар спектрі. — Алматы: Ғылым, 1998.
5. Иосида К. Функционалдық анализ. — Берлин, Нью-Йорк: Шпрингер, 1980. — 501 б.
6. Қалменов Т. Ш. Дифференциалдық теңдеулердің шекаралық есептері. — Алматы: Қазақ университеті, 2010. — 380 б.

CHARACTERISTICS OF THE EPIDEMIC PROCESS OF INFECTIOUS DISEASES DURING NATURAL DISASTERS AND MILITARY CONFLICTS

Baieva Olena,
DSc, Full Professor
PHEE «Kyiv Medical University»

Batushkin Valerii,
MD, Full Professor
PHEE «Kyiv Medical University»

Puzanova Olha,
MD, Full Professor
PHEE «Kyiv Medical University»

Tymchyk Olesia,
PhD, Associate Professor
Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University

At the current stage of the biosphere's development, there is a persistent trend toward the exponential growth in the frequency and destructive power of natural disasters. According to data from international monitoring institutions, the European region exhibits high vulnerability to hydrological and geodynamic risks, predominantly large-scale floods and earthquakes. Beyond direct material damage and loss of life, these natural disasters entail serious secondary medical and environmental consequences, most notably epidemic outbreaks of infectious diseases [1; 2].

The mechanism behind the formation of epidemic foci in natural disaster zones is complex and determined by a combination of interrelated factors:

□ Climate and globalization vectors: Global warming and changes in atmospheric circulation patterns are altering the distribution ranges of disease vectors (such as **Anopheles** or **Culex** mosquitoes), creating conditions for the emergence of arboviral infections and malaria in Europe. Globalization, in turn, facilitates the rapid transboundary spread of pathogens.

□ Agricultural factor (Intensive agriculture): The disruption of natural ecosystems caused by the excessive expansion of agricultural land and the use of chemicals destroys natural barriers. This leads to increased human contact with wildlife, thereby fostering the spread of zoonotic infections.

□ Socio-demographic disruptions: Sanitary and hygienic conditions deteriorate critically in areas affected by flooding or seismic destruction. The destruction of water supply and sanitation infrastructure, forced population displacement, and

overcrowding in temporary shelters create ideal conditions for the rapid spread of acute intestinal infections (cholera, dysentery, hepatitis A) and respiratory diseases.

The modern climate paradigm acts as a powerful modulator of the epidemic process, directly influencing the dynamics and nosological structure of infectious disease incidence. The most pronounced correlation is observed within clusters of foodborne, waterborne, and vector-borne infections. Despite the consolidation of international efforts, the complete elimination of these macro-ecological triggers remains unattainable at present [3].

In this context, extreme hydrological events—specifically torrential rains and floods—exert a destructive impact on the interface between the hydrosphere and adjacent ecosystems. This leads to large-scale anthropogenic and organic contamination of open water bodies and groundwater sources used for centralized water supply. Concurrently, secondary exogenous risk factors associated with hydrological disasters are primarily socio-environmental in nature. These include a critical decline in hygiene standards, the malfunction of sewage treatment facilities, nutritional deprivation (malnutrition), and high population density in evacuation areas. Unlike global climate changes, these factors are manageable (modifiable), which justifies the need to develop and implement targeted sanitary-epidemiological and engineering-technical interventions to fully address them [4].

The escalation of natural disasters inevitably triggers large-scale migration, forcing affected populations to evacuate to temporary settlement sites. Living conditions in temporary accommodation centers and transit camps are characterized by critically high levels of overcrowding and limited access to skilled medical care—factors that act as powerful drivers for the intensification of epidemic processes. Recent retrospective studies make it possible to identify key exogenous factors that synergistically increase the incidence of infectious diseases among displaced persons. The first group comprises immediate living conditions—specifically, overcrowded housing units and inadequate ventilation—which lead to the contamination of indoor air and the rapid spread of pathogens transmitted via aerosols. A second critical factor is the pre-existing state of the healthcare system, particularly the population's routine vaccination coverage prior to the disaster, which determines the level of herd immunity. A third aspect involves nutritional factors—general malnutrition (caloric and nutrient deficiencies) and poor food hygiene—which compromise the non-specific immune resistance of the evacuees [5]. The combination of sanitary and utility-related conditions—including a shortage of safe drinking water and the destruction of wastewater systems—directly facilitates the fecal-oral transmission of infections. Furthermore, prolonged exposure to an altered environment acts as a significant ecological factor; areas of stagnant water and the encroachment of wild animals or rodents from their natural habitats create conditions for the emergence of new foci of zoonotic and vector-borne diseases [6].

The epidemiological disruption caused by natural disasters shows a clear inverse relationship with the macroeconomic indicators of the affected region. In low- and middle-income countries, baseline rates of infectious disease morbidity and mortality are inherently higher due to chronic underfunding of healthcare infrastructure and low

standards of living. Empirical data from international studies clearly confirm this link. Specifically, an analysis of the aftermath of destructive cyclones and hydrological disasters in Fiji revealed outbreaks of leptospirosis, with case rates in communities with high poverty indices being twice as high as those in economically stable areas [7]. A similar pattern was observed during seasonal floods in the People's Republic of China, where the incidence curve for infectious diarrhea (of both waterborne and foodborne origin) rose sharply specifically in administrative regions with poor economic status[8]. Furthermore, the Zika virus epidemic confirmed following the earthquake in Ecuador demonstrated a phenomenon of mutual exacerbation (synergism): adverse social conditions not only compound the consequences of a natural disaster but also undergo progressive deterioration under its impact[9]. A natural disaster acts as a destructive economic shock that devalues local resources; however, in areas with initially low economic potential, the consequences become cumulative. This leads to severe dysfunction in utility infrastructure and public health systems, doubling the overall burden of infectious disease and making the rapid containment of epidemic outbreaks impossible.

Minimizing the risk of large-scale epidemics in temporary accommodation centers requires the implementation of standardized medical triage algorithms directly at the point of intake for the evacuated population. In this context, traditional trauma-oriented triage systems must be adapted to meet infection control objectives. The primary goal of epidemiological triage is the early detection of individuals exhibiting prodromal or manifest signs of infectious diseases (fever, diarrheal syndrome, exanthema, respiratory symptoms) and their immediate isolation from the general flow of displaced persons. Triage zones must operate on a unidirectional flow principle to prevent cross-infection.

Concurrently with triage, a comprehensive set of anti-epidemic measures within temporary accommodation centers should be implemented across three strategic areas:

- Targeting the source of infection: Establishing local temporary isolation units for patients suspected of having acute intestinal infections or respiratory infections pending their transfer to specialized medical facilities.

- Interrupting transmission pathways: Implementing rigorous sanitary oversight of water supply and food service facilities (using exclusively bottled or treated water and ensuring proper thermal processing of food). It is mandatory to equip the Temporary Transit Center (TTC) with a sufficient number of mobile sanitary facilities in accordance with current international standards (Sphere standards) and to set up hand disinfection stations.

- Increasing the resilience of the susceptible population: Implementation of emergency vaccination programs. Depending on the region's epidemiological profile and the nature of the disaster (e.g., during floods), priority tasks include immunization against hepatitis A and typhoid fever, as well as catch-up vaccination against measles, diphtheria, and tetanus for individuals with unknown immune status.

In the modern global security architecture, armed conflicts and military hostilities act as the most aggressive anthropogenic determinants, radically destabilizing epidemic stability and destroying existing systems for the biological protection of the

population. This issue is currently of paramount medical and social importance due to the changing nature of warfare, the high-intensity use of conventional weaponry, and the involvement of civilian infrastructure in the impact zone.

The destructive impact of military actions on the epidemic situation is complex and multi-layered, manifesting through a system of interconnected factors:

□ Collapse of medical and critical infrastructure: The direct destruction or critical damage to hospital facilities, pharmacy networks, pharmaceutical supply chains, and energy and water supply systems deprives the population of access to basic medical care. The dysfunction of sanitary-epidemiological monitoring makes it impossible to timely verify initial cases of infectious diseases, thereby transforming isolated sporadic cases into large-scale epidemic outbreaks.

□ Migration crises and humanitarian pressure: The mass and uncontrolled movement of internally displaced persons (IDPs) and refugees leads to the formation of areas with extremely high population density at transit hubs and temporary accommodation centers. This is accompanied by a severe lack of sanitation and hygiene, the destruction of decentralized wastewater systems, and nutritional deprivation.

Military invasion has particularly catastrophic consequences for low- and middle-income regions, where the infectious disease landscape and population mortality patterns were already burdened by a high prevalence of endemic diseases prior to the conflict's escalation. In countries with vulnerable economies, the leading causes of death remain acute infectious diarrheal diseases, respiratory conditions, malaria, and chronic infections such as tuberculosis and HIV/AIDS.

Armed conflicts act as a powerful trigger that exponentially increases the burden of these diseases, leading to dramatic medical and demographic consequences. The collapse of tuberculosis and antiretroviral treatment services results in the interruption of specific treatment regimens (such as DOTS and ART); this not only sharply increases mortality rates but also drives the selection and cross-border spread of microbial strains exhibiting multidrug and extensively drug-resistant profiles. Simultaneously, the migration of populations from malaria-endemic zones or areas with low routine vaccination coverage creates conditions for the spread of pathogens into regions previously free of them, thereby posing long-term threats to the international public health system.

In the modern global security architecture, armed conflicts act as the most aggressive anthropogenic determinants radically destabilizing the epidemiological well-being of a territory [11]. Full-scale military aggression against Ukraine has demonstrated that the destruction of critical infrastructure and civilian facilities creates unprecedented challenges for the healthcare system, transforming internal environmental and epidemiological interfaces.

The destructive impact of hostilities on the infectious disease landscape in Ukraine manifests through a system of interconnected, cascading factors:

□ Collapse of hospital and utility infrastructure and monitoring systems: Hundreds of verified attacks on medical facilities, the disruption of supply chains for specific pharmaceutical products, and the dysfunction of local Centers for Disease

Control and Prevention (CDCPs) in frontline and temporarily occupied territories have significantly restricted the population's access to timely diagnostics and vaccination [12].

□ Migration crises and humanitarian strain: The internal displacement of millions of people and prolonged stays in conditions of extreme overcrowding (e.g., in bomb shelters or transit hubs) led to a critical decline in hygiene standards, triggering outbreaks of infections transmitted via droplet and fecal-oral routes—specifically measles, pertussis, rotavirus infection, and hepatitis A [13].

□ Disruption of chronic disease control programs: The risk of interrupting anti-tuberculosis and antiretroviral therapies (due to active hostilities and forced migration) created threats of surging tuberculosis and HIV/AIDS epidemics. While the situation was stabilized by scaling up active case-finding programs among key populations and internally displaced persons (IDPs), the risk of the selection and cross-border spread of multidrug-resistant microbial strains remains high [12].

A distinct challenge arising during the war has been the rapid rise in the incidence of zoonotic and vector-borne infections. Hostilities have triggered the chaotic migration of wild animals—particularly foxes and wolves—and a sharp increase in the stray animal population in frontline areas, exponentially raising the risk of rabies transmission. Concurrently, the destruction of ecosystems and the proliferation of abandoned fields and areas of stagnant water have led to an abnormal surge in rodent and insect vector populations. Consequently, Ukraine has recorded more than a threefold increase in leptospirosis cases, alongside outbreaks of vector-borne diseases such as West Nile fever and Lyme disease [14]. The Ukrainian experience demonstrates that high-intensity armed conflict fundamentally reshapes the country's epidemiological landscape, necessitating flexible, proactive, and digitized rapid-response systems to address biological threats.

Thus, at the current stage of the biosphere's development, a persistent destructive trend is observed: the exponential growth in the frequency and scale of natural disasters—primarily major floods and seismic activity—which act as primary catalysts for epidemic complications in the European macro-region. A cascading pattern in the formation of epidemic hotspots has been identified: anthropogenically driven climate change, globalization processes, and the intensification of the agricultural sector synergistically transform ecological interfaces. These factors prolong the seasonal activity and expand the geographic ranges of vectors for transmissible infections, while also stimulating the proliferation of thermophilic pathogens in aquatic ecosystems.

Ukraine's unique and tragic experience amidst full-scale military aggression has demonstrated that modern, high-intensity armed conflicts completely reshape the epidemiological landscape of a territory. The destruction of hospital and utility infrastructure, the 2023 destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant—resulting in massive ecocide across the Lower Dnieper basin—and the forced, chaotic migration of human populations and animals have created unprecedented biological threats. This resulted in a sharp increase in the risk of spreading acute intestinal infections (particularly cholera), a threefold rise in the incidence of leptospirosis, outbreaks of arboviral and vector-borne diseases (West Nile fever, Lyme disease), and

the threat of the emergence of multidrug-resistant microbial strains due to the interruption of tuberculosis and HIV/AIDS treatment.

References

1. Flooding. Health impacts. European Climate and Health Observatory. 2024. URL: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/observatory/topics/health-impacts/flooding> (date of inquiry: 13.10.2026)
2. Semenza, Jan & Paz, Shlomit. Climate change and infectious disease in Europe: Impact, projection and adaptation. The Lancet Regional Health - Europe. 2021. 9. 100230. URL: <https://10.1016/j.lanepe.2021.100230>
3. WHO regional office for Europe. Public health consequences of floods. World Health Organization. 2021. URL: https://www.who.int/europe/health-topics/floods#tab=tab_1 (date of inquiry: 13.10.2026).
4. Semenza, J. C., Herbst, S., Rechenburg, A., Suk, J. E., Höser, C., Schreiber, C., & Kistemann, T. (2012). Climate Change Impact Assessment of Food- and Waterborne Diseases. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(8), 857–890. <https://doi.org/10.1080/10643389.2010.534706>
5. Suk J.E., Vaughan E.C., Cook R.G., Semenza J.C. Natural disasters and infectious disease in Europe: a literature review to identify cascading risk pathways. *Eur J Public Health*. 2020 Oct 1;30(5):P:928-935. doi: <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz111>
6. Leslie J.F., Ezekiel C.N., Wagner M, Elliott C, McNerney O, Uyttendaele M, Yongning W, Wang S, Okoth S, Lindsay J, Rawn DFK, Chan SH, Zhang K, Lattanzio VMT, Wu F, Bandyopadhyay R, Dupouy E, Wearne S, Godefroy S, Suman M and Krska R (2025) A FoodSafeR perspective on emerging food safety hazards and associated risks. *Front. Sustain. Food Syst.* 2025. 9:1646792. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1646792>
7. Lau CL, Watson CH, Lowry JH, David MC, Craig SB, Wynwood SJ, Kama M, Nilles EJ. Human Leptospirosis Infection in Fiji: An Eco-epidemiological Approach to Identifying Risk Factors and Environmental Drivers for Transmission. *PLoS Negl Trop Dis*. 2016 28;0(1): e0004405. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004405>.
8. Liao, Wenmin & Wu, Jiabing & Yang, Lianping & Benmarhnia, Tarik & Liang, Xin-Zhong & Murtugudde, Raghu & Sapkota, Amir & Ma, Wenjun & Zhong, Shuang & Huang, Cunrui. Detecting the net effect of flooding on infectious diarrheal disease in Anhui Province, China: a quasi-experimental study. *Environmental Research Letters*. 2020. 15. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abccf5>.
9. Pacheco Barzallo D, Pacheco Barzallo A, Narvaez E. The 2016 Earthquake in Ecuador: Zika Outbreak After a Natural Disaster. *Health Secur*. 2018 Mar/Apr;16(2):127-134. <https://doi.org/10.1089/hs.2017.0099>
10. Marou V, Vardavas CI, Aslanoglou K, Nikitara K, Plyta Z, Leonardi-Bee J, Atkins K, Condell O, Lamb F, Suk JE. The impact of conflict on infectious disease: a systematic literature review. *Confl Health*. 2024/ Apr 8;18(1):27. <https://doi.org/10.1186/s13031-023-00568-z>

11. Caliman-Sturdza, O. A., Gheorghita, R., Terteliu Baitan, M., & Filip, R. (2025). Infectious Diseases in the Context of the War in Ukraine: Refugee Health Implications in Romania. *Healthcare* (Basel, Switzerland), 13(21), 2732. <https://doi.org/10.3390/healthcare13212732>
12. Monakova, O.S. & Zakharchenko, V.S. & Kharkivska, D.O.. (2024). The risk of spreading infectious diseases as a result of the war in Ukraine from 2014 to the present. *Karazin Journal of Immunology*. 2024. P. 98-108. <https://doi.org/10.26565/3083-5615-2024-13-10>
13. European Centre for Disease Prevention and Control. ECDC country review of surveillance of communicable diseases in Ukraine. 2026 Stockholm: ECDC; 2026. <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Country%20report%20-%20Ukraine%202026.pdf>
14. WHO European Region. Ukraine: 2026 Summer risk assessment. World Health Organization. 2026. URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams>

THE ROLE OF ULTRASOUND GUIDANCE IN THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF ADHESIVE CAPSULITIS

Gai Leonid

PhD in Medical Sciences, Assistant Professor
Department of Traumatology, Orthopedics, and Military Field Surgery
Odessa National Medical University

Relevance. Adhesive capsulitis (AC) is characterized by pain and a progressive reduction in the range of motion (ROM) in the shoulder joint due to excessive proliferation of scar tissue in the joint region. The pathology occurs in 5% of the general population. The common practice of performing blind (palpation-guided) intra-articular injection (IAI) of glucocorticosteroids and lidocaine into the shoulder joint is frequently associated with low target accuracy and a high risk of damage to adjacent anatomical structures. This can provoke severe iatrogenic complications and reduce the overall therapeutic efficacy of the treatment.

Objective. To improve diagnostic efficiency and enhance the safety of intra-articular injection into the shoulder joint in patients with AC.

Materials and Methods. The research and development of the intra-articular injection technique into the shoulder joint for AC is being conducted as part of scientific research at the Department of Traumatology, Orthopedics, and Military Field Surgery of ONMedU under the supervision of PhD Leonid Gai. The study included 10 patients: 8 females (mean age: 56.5 years) and 2 males (mean age: 58 years). At the diagnostic stage, all patients underwent ultrasound (US) examination. The diagnosis of AC was verified based on patient complaints and specific sonographic markers of shoulder joint capsule fibrosis, taking into account patient age and the stage of disease progression. Prior to administering the IAI of betamethasone with lidocaine into the affected joint, two parameters were measured in all patients: shoulder joint range of motion (using a goniometer) and pain intensity assessed via the Visual Analog Scale (VAS). The mean abduction angle was $87^{\circ} \pm 5^{\circ}$, while the mean pain intensity on the VAS during movement was 7.5 points.

Results. Patient condition was evaluated following US-guided IAI of the medications. The mean shoulder abduction angle increased to $105^{\circ} \pm 5.7^{\circ}$. The VAS pain score 5 minutes post-injection was 2.5 points. Patients reported no systemic adverse complaints (dizziness, weakness, syncope, sensation of warmth) or signs of axillary nerve injury in the initial minutes following the procedure. Re-evaluation of the patients' condition was performed at 5 days. The mean shoulder abduction decreased to $95^{\circ} \pm 7^{\circ}$, and the mean VAS score was 4.5 points, which was attributed to the cessation of the local anesthetic action. No signs of infectious complications were recorded. Subsequent evaluations were conducted at 2 weeks ($120^{\circ} \pm 4.2^{\circ}$ and 3.5 points) and at 1 month. The control evaluation at 1 month demonstrated an 82%

increase in range of motion ($155^{\circ} \pm 5.5^{\circ}$). The VAS score was 2.5 points. No signs of delayed iatrogenic complications of the procedure were observed.

Conclusions. In conclusion, given the relevance of the problem, the application of ultrasound at the diagnostic stage allowed for precise verification of the AC diagnosis and ensured accurate target alignment during IAI. The procedure was performed via the rotator interval directly into the shoulder joint cavity, sparing adjacent anatomical structures and maximizing the therapeutic efficacy of the administered drugs. Consequently, no post-procedural complications were recorded in any of the patients, either immediately following administration or throughout the entire follow-up period.

References

1. Страфун С. С., Сергиенко Р. А. Адгезивный капсулит плечевого сустава. — *Київ, 2010. — 120 с. [1]*
2. Bilateral magnetic resonance imaging findings in individuals with unilateral shoulder pain // *J. Shoulder Elbow Surg.* — 2019. — Vol. 28, № 9. — P. 1699–1706. [1]
3. Uhm KE, Chang MC. Comparison of Effectiveness of Intraarticular Hyaluronate and Corticosteroid injections in Adhesive Capsulitis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Physician.* 2024 Sep;27(7):387-400. PMID: 39353107.
4. Mohamad, A.A., Mohamad, N. & Md Yusoff, B.A.H. A modified Yoong ultrasound guided injection for hydrodilatation of subacromial subdeltoid bursa at the rotator interval for frozen phase of adhesive capsulitis. *Sci Rep* 16, 8881 (2026). <https://doi.org/10.1038/s41598-026-41184-0>
5. Rockwood Ch.A., Masten F.A. Rockwood and Maston's The Shoulder, 5th Edition. Elsevier. 2016 1304 h.
6. Ammerman BM, Dennis ER, Ling D, Hannafin JA. Ultrasound-Guided Glenohumeral Corticosteroid Injection for the Treatment of Adhesive Capsulitis of the Shoulder: The Role of Clinical Stage in Response to Treatment. *Sports Health.* 2024 May-Jun;16(3):333-339. doi: 10.1177/19417381231168799. Epub 2023 Apr 25. PMID: 37097090; PMCID: PMC11025513.
7. Mullen JP, Hauer TM, Lau EN, Lin A. Adhesive Capsulitis of the Shoulder. *Arthroscopy.* 2025 Jul;41(7):2176-2178. doi: 10.1016/j.arthro.2025.03.027. PMID: 40545326.
8. Xiao RC, Walley KC, DeAngelis JP, Ramappa AJ. Corticosteroid Injections for Adhesive Capsulitis: A Review. *Clin J Sport Med.* 2017 May;27(3):308-320. doi: 10.1097/JSM.0000000000000358. PMID: 27434188.
9. Wang JC, Hsu PC, Wang KA, Wu WT, Chang KV. Comparative Effectiveness of Corticosteroid Dosages for Ultrasound-Guided Glenohumeral Joint Hydrodilatation in Adhesive Capsulitis: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2023 May;104(5):745-752. doi: 10.1016/j.apmr.2022.11.007. Epub 2022 Dec 12. PMID: 36521580.
10. Gebellí-Jové JT, Buñuel-Viñau A, Canela-Capdevila M, Camps J, Sabench F, Iftimie-Iftimie P. A prospective, randomized, blinded study on the efficacy of using corticosteroids in hydrodilatation as a treatment for adhesive capsulitis of the

shoulder. Shoulder Elbow. 2025 Jul;17(3):274-281. doi: 10.1177/17585732241239030. Epub 2024 Mar 20. PMID: 39552668; PMCID: PMC11565509.

11. Mannan M, Shah SMA, Ahmad Z, Tayyab M, Karim F, Akram MZ, Shan RR. Corticosteroid Injections for Pain Relief and Range of Motion in Adhesive Capsulitis. Cureus. 2025 Aug 19;17(8):e90535. doi: 10.7759/cureus.90535. PMID: 40978863; PMCID: PMC12446736.

12. Hill JL. Evidence for Combining Conservative Treatments for Adhesive Capsulitis. Ochsner J. 2024 Spring;24(1):47-52. doi: 10.31486/toj.23.0128. PMID: 38510216; PMCID: PMC10949050.

DILATION AND NARROWING OF THE AORTA IN A TRANSLATIONAL-ROTATIONAL BLOOD FLOW MODEL: WALL SHEAR, ROTATION AND THE ROLE OF WALL ACTIVITY

Kostyshyn Oleksandr,

Student of the Department of Biomedical Engineering,
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Rudnikov Yevgenii

Candidate of ph.-math. sci.
Department of Molecular Physics,
Taras Shevchenko national university of Kyiv;
Department of Biomedical Engineering
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Nastenko Ievgen A.

Ph.D., Candidate of technical sciences, Sci.Dr. of biological sciences, Professor,
Professor of National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute”, Ukraine

Relevance

Dilation of the ascending aorta and narrowing of the aorta are lesions in which the wall load and the flow structure change simultaneously. In patients with a bicuspid aortic valve, abnormal helical flow in the ascending aorta accompanied its dilation, and the authors regard the flow pattern as one of the main contributors to dilation [1]. Wall shear stress is the main mechanical stimulus of the endothelium: plaques form where it is low and oscillates in direction [2], and shear stress below 0.4 Pa is characteristic of atherosclerosis-prone regions [3].

Unresolved issue: wall tone is regulated by flow through the endothelium and nitric oxide [4]; however, the activity of the human aortic wall is difficult to assess by direct measurements, so it is unknown how it alters the signs of dilation and narrowing and whether the degree of the lesion can be determined without knowing it.

Practical value: quantitative benchmarks of the changes in aortic dilation and narrowing, after validation against clinical data, may serve as a basis for diagnosis, prevention and treatment planning.

Aim of the Work

The aim of the work is to study the changes in wall load, wall shear, flow regime and blood rotation in aortic dilation and narrowing, to assess the role of wall activity in these changes and to determine the conditions for diagnosing the degree of the lesion.

Research Tasks

To achieve the stated aim, the following tasks must be addressed:

1. Specify the lumen lesion by a continuous factor and describe wall shear by models of three levels.
2. Investigate how dilation and narrowing change blood rotation relative to translational motion.
3. Determine the degree of dilation at which wall shear reaches the atherogenic level.
4. Assess the effect of wall activity on circumferential stress and pressure drop.
5. Determine the degree of narrowing at which the flow reaches the turbulent level, and the applicability limit of the model.
6. Compare how dilation and narrowing of the aorta change the effect of wall activity on wall shear stress, and determine the conditions for diagnosing the degree of dilation and the degree of narrowing.

Scientific Novelty

Dilation of the ascending aorta and narrowing of the isthmus were investigated by means of biophysical modeling in a model of translational–rotational blood flow through the whole aorta with an active wall. The lesion is specified by a continuous factor, which yields the dependence of all quantities on the degree of the lesion and on wall activity.

It is shown that dilation and narrowing change the same quantities in opposite directions, and the effect of wall activity on wall shear decreases almost twofold in dilation of the ascending aorta, whereas in narrowing of the isthmus it remains almost unchanged.

Methods and Materials Used

The calculations were performed for the aorta from the valve to 409.5 mm with translational motion of the core, torsion of the core and rolling of the near-wall ring, and with wall activity a from 0 to 0.30, the fraction of the active contribution of the smooth muscle apparatus. The lesion changes the lumen diameter d according to the profile

$$m(x) = 1 + (m - 1) \exp\left(-\frac{(x - x_0)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

where m is the lesion factor at the center of the focus x_0 : $m > 1$ corresponds to dilation of the ascending aorta ($x_0 = 60$ mm, $\sigma = 30$ mm), and $m < 1$ to narrowing of the isthmus ($x_0 = 90$ mm, $\sigma = 12$ mm). We assume that the blood flow rate is constant, so the velocity changes in inverse proportion to the lumen area, and the angular velocities change according to conservation of angular momentum:

$$d_m = m(x) d, \quad v_m = \frac{v}{m^2(x)}, \quad \Omega_m = \frac{\Omega}{m^2(x)}. \quad (2)$$

The wall thickness within the focus is constant: no significant correlation between medial thickness and diameter was found in ascending aortic aneurysms [5]; wall stretch within the dilated segment is reduced to 0.331 of normal according to measurements in aneurysms [6]. In narrowing, the pressure downstream of the narrowest site decreases by the pressure drop calculated from the simplified Bernoulli equation without pressure recovery:

$$\Delta p(t, x) = \max_{x' \leq x} \max (1/2 \rho (v_m^2(t, x') - v^2(t, x')), 0); \quad (3)$$

the model limit is the smallest factor at which the pressure in the narrowing and downstream remains positive: $m^* = 0.439$ for a passive wall and 0.457 at $a = 0.30$.

The axial wall shear stress τ_w consists of the friction of the pulsatile flow τ_{tr} and the rolling stress of the near-wall ring $\tau_{rz} = \sqrt{2} \tau_{r\theta}$, where $\tau_{r\theta}$ is the torsional stress at the wall. The time-averaged wall shear stress and the oscillatory shear index are determined from it [2]:

$$\text{TAWSS} = \frac{1}{T} \int_0^T |\tau_w| dt, \quad \text{OSI} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\left| \int_0^T \tau_w dt \right|}{\int_0^T |\tau_w| dt} \right). \quad (4)$$

The coarse model (level 1) is quasi-steady, with the parabolic Poiseuille profile and a viscous torsion scale:

$$\tau_w^{(1)} = \frac{4\mu Q}{\pi R^3} + \sqrt{2} \tau_{r\theta}^{(1)}, \quad \tau_{r\theta}^{(1)} = 2C \frac{\mu |v|}{d}, \quad (5)$$

where Q is the flow rate; $R = d/2$; μ is the viscosity; $C = 7.858$ is the coefficient of the near-wall torsion gradient. The refined model (level 2) takes the friction from the Womersley solution [7]:

$$\tau_{tr}(t) = \text{Re} \sum_{n \geq 0} \frac{\mu \hat{Q}_n}{\pi \bar{R}^3} \Phi(\alpha_n) e^{in\omega t}, \quad \alpha_n = \bar{R} \sqrt{\frac{n\omega}{\nu}}, \quad (6)$$

$$\Phi(\alpha) = \frac{L^2 F_{10}}{2(F_{10} - 1)}, \quad F_{10} = \frac{2J_1(L)}{L J_0(L)}, \quad L = \alpha i^{3/2}, \quad (7)$$

where Re denotes the real part; $\hat{Q}_n$ is the complex amplitude of the flow rate harmonic; $\bar{R}$ is the mean lumen radius; $\nu = \mu/\rho$; J_0, J_1 are Bessel functions; $\tau_w^{(2)} = \tau_{tr} + \sqrt{2} \tau_{r\theta}^{(2)}$ with a power-law torsion model. The mathematical model (level 3) is the cycle mean of the Fourier representation of the full calculation:

$$\text{TAWSS}^{(3)}(x, a) = \sum_{j=0}^3 (c_j + a d_j) x^j. \quad (8)$$

The maximum TAWSS error at the five reference cross-sections is 62.7% at level 1, 16.8% at level 2 and 0.85% at level 3. The quasi-steady model underestimates TAWSS by a factor of 1.4–2.7 and does not reproduce reverse shear, which in pulsatile flow arises during flow deceleration. The results of the calculations for dilation of the ascending aorta and narrowing of the isthmus are shown in Figs. 1 and 2.

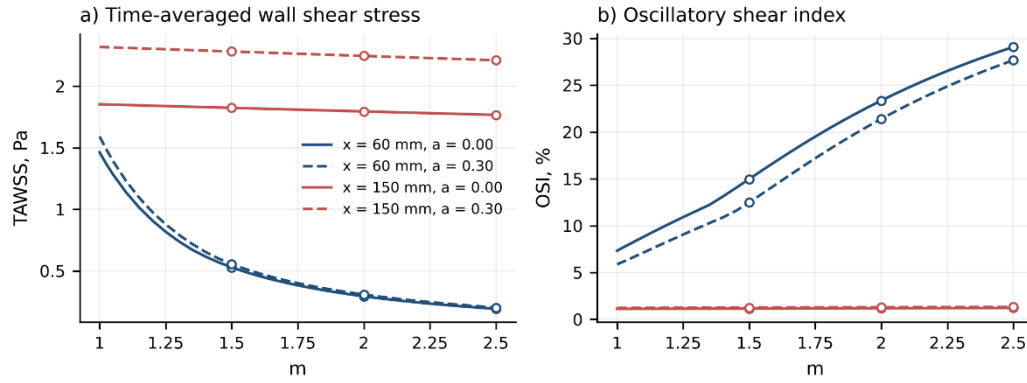


Fig. 1. Dilation of the ascending aorta: time-averaged wall shear stress (a) and oscillatory shear index (b) in the focus (60 mm) and downstream (150 mm) versus the factor m at $a = 0$ and $a = 0.30$.

Source of the figure: author's development

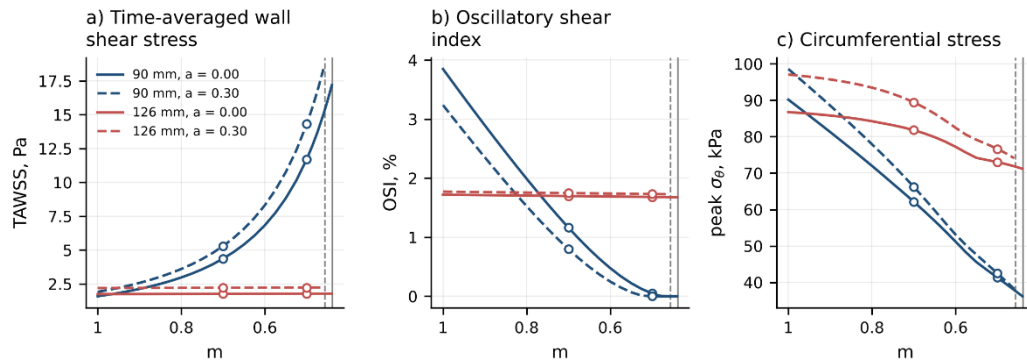


Fig. 2. Narrowing of the isthmus: time-averaged wall shear stress (a), oscillatory shear index (b) and peak circumferential stress (c) in the narrowing (90 mm) and downstream (126 mm) versus the factor m at $a = 0$ and $a = 0.30$; vertical lines indicate the model limit

Source of the figure: author's development

Dilation of the ascending aorta. As can be seen from Fig. 1, the time-averaged wall shear stress in the focus decreases from 1.46 to 0.29 Pa at $m = 2$ and falls below 0.4 Pa at $m > 1.71$, while the oscillatory shear index increases from 7.3 to 23.4%; downstream of the focus, both quantities remain almost unchanged. This means that dilation creates a local zone of low and oscillating shear, which is associated with atherogenesis [2]. The peak circumferential stress in the focus increases almost linearly with the factor, from 100.2 kPa under normal conditions to 174.3 kPa at $m = 2$. The rotational energy fraction increases from 0.102 to 0.380, although the angular velocity of torsion decreases fourfold.

Narrowing of the isthmus. The maximum pressure drop (3) over the cycle is 11.9 mmHg at $m = 0.7$ and 56.2 mmHg at $m = 0.5$. It follows from Fig. 2 that the time-averaged wall shear stress in the narrowing increases approximately as $1/m^3$, from 1.59 to 11.7 Pa at $m = 0.5$, the oscillatory shear index decreases almost to zero, and the circumferential stress decreases from 90.2 to 41.3 kPa. The peak Reynolds number $Re = \rho|v|d/\mu$ increases from 6865 to 13,730 and exceeds 10,000, the level at which turbulent flow was observed in the human ascending aorta [8], at $m < 0.69$. The

rotational energy fraction decreases from 0.083 to 0.021, although the angular velocity of torsion increases fourfold.

Joint effect of the lesion and wall activity. The lesion determines the values of the quantities, and wall activity modulates them. In twofold dilation, activity changes the circumferential stress by only 4.3%, whereas in twofold narrowing it raises the pressure drop from 56.2 to 70.9 mmHg, i.e., by 26%; with an active wall, the peak Reynolds number exceeds 10,000 already at $m < 0.78$. The effect of activity ($a = 0.30$ compared with a passive wall) on the time-averaged wall shear stress under normal conditions is 8.8% in the ascending aorta and 20.6% in the isthmus; in twofold dilation it decreases to 4.8%, while in twofold narrowing it amounts to 22.1%.

Conclusions

1. The lumen lesion is specified by a continuous factor, and wall shear is described at three levels with maximum TAWSS errors of 62.7, 16.8 and 0.85%.

2. It is shown that in twofold dilation of the ascending aorta the rotational energy fraction increases from 0.102 to 0.380, whereas in twofold narrowing of the isthmus it decreases from 0.083 to 0.021.

3. It has been established that the time-averaged wall shear stress in the dilated segment falls below the atherogenic level of 0.4 Pa already at 1.71-fold dilation.

4. Wall activity changes the circumferential stress in twofold dilation by only 4.3%, whereas in twofold narrowing it raises the pressure drop by 26%.

5. The peak Reynolds number in the narrowing exceeds 10,000 at $m < 0.69$ for a passive wall and at $m < 0.78$ for an active wall; the model limit is 0.439 and 0.457, respectively.

6. In dilation of the ascending aorta, the effect of wall activity on wall shear stress decreases almost twofold, whereas in narrowing of the aortic isthmus it remains almost unchanged. This is of diagnostic significance: the degree of dilation can be determined from routine non-invasive measurements, whereas the degree of narrowing can be determined only together with wall activity.

References

1. Bissell M. M., Hess A. T., Biasioli L. et al. Aortic dilation in bicuspid aortic valve disease: flow pattern is a major contributor and differs with valve fusion type. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2013. Vol. 6, No. 4. P. 499–507. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.113.000528.

2. Ku D. N., Giddens D. P., Zarins C. K., Glagov S. Pulsatile flow and atherosclerosis in the human carotid bifurcation. Positive correlation between plaque location and low oscillating shear stress. *Arteriosclerosis*. 1985. Vol. 5, No. 3. P. 293–302. DOI: 10.1161/01.ATV.5.3.293.

3. Malek A. M., Alper S. L., Izumo S. Hemodynamic shear stress and its role in atherosclerosis. *JAMA*. 1999. Vol. 282, No. 21. P. 2035–2042. DOI: 10.1001/jama.282.21.2035.

4. Joannides R., Haefeli W. E., Linder L. et al. Nitric oxide is responsible for flow-dependent dilatation of human peripheral conduit arteries in vivo. *Circulation*. 1995. Vol. 91, No. 5. P. 1314–1319. DOI: 10.1161/01.CIR.91.5.1314.
5. Van Puyvelde J., Verbeken E., Verbrugghe P. et al. Aortic wall thickness in patients with ascending aortic aneurysm versus acute aortic dissection. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2016. Vol. 49, No. 3. P. 756–762. DOI: 10.1093/ejcts/ezv197.
6. Dong H., Haraldsson H., Leach J. et al. In vivo quantification of ascending thoracic aortic aneurysm wall stretch using MRI: relationship to repair threshold diameter and ex vivo wall failure behavior. *Journal of Biomechanical Engineering*. 2024. Vol. 146, No. 12. Art. 121009. DOI: 10.1115/1.4066430.
7. Womersley J. R. Method for the calculation of velocity, rate of flow and viscous drag in arteries when the pressure gradient is known. *The Journal of Physiology*. 1955. Vol. 127, No. 3. P. 553–563. DOI: 10.1113/jphysiol.1955.sp005276.
8. Stein P. D., Sabbah H. N. Turbulent blood flow in the ascending aorta of humans with normal and diseased aortic valves. *Circulation Research*. 1976. Vol. 39, No. 1. P. 58–65. DOI: 10.1161/01.RES.39.1.58.

NEGATIVE PRESSURE WOUND THERAPY IN OPEN EXTREMITY FRACTURES: CONFLICTING EVIDENCE AND CLINICAL IMPLICATIONS

Kurafieieva Olha,

Medical student

Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

Vesnin Volodymyr

PhD, Associate Professor

Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

Keywords: open fractures, negative pressure wound therapy, NPWT, surgical site infection, temporary wound management.

Background: Open extremity fractures are associated with substantial soft-tissue damage and an increased risk of infection. Negative pressure wound therapy (NPWT) is used for temporary wound management before definitive closure. However, evidence regarding its effectiveness remains conflicting: some small studies suggest a reduction in infection rates, whereas large randomized controlled trials have not demonstrated a consistent clinical benefit [1-3].

Aim: To evaluate the evidence regarding the clinical effectiveness, safety, and cost-effectiveness of NPWT in open extremity fractures and to identify potential explanations for discrepancies between study findings.

Materials and Methods: A comparative literature review was conducted, focusing on the WOLFF randomized controlled trial [1], the Cochrane systematic review of NPWT for open traumatic wounds [2], American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) clinical practice guidelines on the prevention of surgical site infections after major extremity trauma [3], an international expert review on soft-tissue management in fracture-related infection [4], a review of NPWT for open extremity wounds [5], and a 2025 systematic review and meta-analysis of NPWT for closed surgical incisions in orthopedic trauma [6]. The analysis focused on infection rates, functional outcomes, certainty of evidence, cost-effectiveness, and clinical indications.

Results: In the WOLFF trial, which included 460 patients with severe open fractures of the lower limb, NPWT did not significantly improve functional outcomes at 12 months: the mean Disability Rating Index scores were 45.5 in the NPWT group and 42.4 in the standard dressing group. The rates of deep surgical site infection were also similar, at 7.1% and 8.1%, respectively [1].

The Cochrane review found no conclusive evidence that NPWT reduces infection risk in open traumatic wounds. The pooled risk ratio was 0.48 (95% confidence interval [CI], 0.20–1.13), with very low-certainty evidence for infection outcomes. The economic evaluation also did not support routine NPWT use for open fractures [2]. Consistently, the AAOS guideline found no established advantage of NPWT over

sealed dressings in reducing wound complications or amputation rates in open fractures [3].

In contrast, a 2025 meta-analysis reported lower rates of surgical site infection and wound dehiscence with NPWT applied to closed surgical incisions in orthopedic trauma [6]. These findings cannot be directly extrapolated to open fractures because the wound characteristics and complication risks differ. International expert recommendations emphasize appropriate soft-tissue management and timely definitive wound closure, with NPWT serving as a temporary measure when immediate closure is not feasible [4, 5].

Conclusion: The main issue in the use of NPWT for open fractures is not simply inconsistency in study findings, but the limits of their clinical applicability. Evidence from a large randomized trial, the Cochrane review, and AAOS guidance does not support routine NPWT as a universal method for preventing infection or improving functional outcomes in open fractures. Its clinical role is better defined as temporary wound management in selected situations before definitive closure, provided that it does not delay necessary surgical treatment. Further research should identify wound characteristics and treatment protocols associated with additional benefit and evaluate their effects on closure timing, complications, and healthcare costs.

References

1. Costa ML, Achten J, Bruce J, et al. Effect of Negative Pressure Wound Therapy vs Standard Wound Management on 12-Month Disability Among Adults With Severe Open Fracture of the Lower Limb: The WOLFF Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2018;319(22):2280–2288. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.6452>
2. Iheozor-Ejiofor Z, Newton K, Dumville JC, et al. Negative pressure wound therapy for open traumatic wounds. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018;7:CD012522. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012522.pub2>
3. American Academy of Orthopaedic Surgeons. *Prevention of Surgical Site Infections After Major Extremity Trauma: Evidence-Based Clinical Practice Guideline*. 2022. <https://www.aaos.org/globalassets/quality-and-practice-resources/dod/ssitrauma/ssitraumacpg.pdf>
4. Marais LC, Hungerer S, Eckardt H, et al. Key aspects of soft tissue management in fracture-related infection: recommendations from an international expert group. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2024;144(1):259–268. doi:10.1007/s00402-023-05073-9
5. Van Rysselberghe NL, Gonzalez CA, Calderon C, et al. Negative Pressure Wound Therapy for Extremity Open Wound Management: A Review of the Literature. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2022;36(Suppl 4):S6–S11. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000002430>
6. Zhang J, Xu R, Qian J, Cai X. Closed incision management with negative pressure wound therapy: a systematic review and meta-analysis of orthopedic trauma outcomes. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2025;26:991. <https://doi.org/10.1186/s12891-025-08986-1>

THE STUDY OF THE EFFECT OF MUSIC THERAPY ON THE RECOVERY OF PATIENTS AFTER STROKE

Zhunussov Alibek Serikovich,

High school student at
Nazarbayev Intellectual School,
member of the Central Kazakhstan
Junior Academy of Sciences of the
Republic of Kazakhstan, Karaganda

Islamyarova Assiya Rustamkyzy

Wenzhou Kean University,
academic bachelor's degree student

Amantayeva Ayzhan Abdullayevna

NJSC "Medical University of Astana"
Medical resident

According to world statistics, stroke is the second leading cause of death and the third leading cause of death. leading cause of long-term disability worldwide [1-2]. Stroke is also one of the leading causes of disability and mortality in Kazakhstan [3].

At the same time, despite the reduction in mortality, a high incidence of disability after the stroke continues to be an actual significant main cause of which among the adult population remain persistent disorders of motor, speech and cognitive functions. And recent studies indicate a high prevalence of post-stroke depression and anxiety disorders, which reduces the motivation to recover and prevents patients from returning to active life [4]. Therefore, the introduction of complex rehabilitation methods that combine neurodevelopment and support of the psycho-emotional state is an urgent task [5, 6].

Early initiation of effective stroke rehabilitation plays a key role in reducing disability and improving the quality of life of patients [7, 8] The introduction of innovative methods, such as music therapy, as studies have shown can also further improve the results of rehabilitation [9].

Studies of healthy people have shown that listening to your favorite music activates the lower frontal gyrus, premotor system and additional motor areas in healthy people, increasing the neuroplasticity these zones, that founded by based on meta-analysis 23 neuroimaging systems studies that have confirmed that active neural processes in the perception of familiar music include not only auditory, but also motor and cognitive activity, which underlines the importance of neuroplasticity and predictability in the perception of sound stimuli [10].

Thus, given the high morbidity and significant level of disability due to stroke in Kazakhstan, research and implementation of effective rehabilitation methods, including music therapy, are extremely relevant.

The purpose of the study was to: to evaluate the effect of music therapy on the dynamics of functional, neurological, and psychoemotional status in stroke patients.

Research objectives:

1. Study of the influence of music therapy on the restoration of independence (on the scale of Barthel) of a patient who has suffered a cerebral stroke.
2. Assessment of the effect of music therapy on neurological deficits (on the NIHSS scale) and speech status (on the Dysarthria Assessment Scale) at patients who have had a cerebral stroke.
3. Establishing the influence of music therapy on psycho- emotional state (on the HADS scale).
4. Objective: To identify the effectiveness of music therapy in the recovery of patients who have suffered a cerebral stroke, according to the above indicators.

Type of study: prospective experimental research. Patients who had an ischemic stroke no later than 6 months, both sexes, aged 40-75 years, who were admitted with the first cerebral stroke to the neuro-stroke center of MH Makazhanov named (Karaganda) that meet the inclusion criteria. They were examined on the 1st-3rd (date of clinical diagnosis) and 30th day of the study according to the above scales. All patients underwent standard rehabilitation according to Clinical protocol N7 "Second stage" Rehabilitation IIA", profile "Neurology and neurosurgery", appendix to the clinical protocols of diagnosis and treatment in the field of "Neurology" and "Neurosurgery", approved by the Joint Commission on the Quality of Medical Services of the Ministry of Health and the SR of the Republic of Kazakhstan from 15.08.2016 [11].

The Research material. Patients who had suffered a single cerebral stroke not earlier than 3 months ago were examined at admission (1st-3rd day of hospitalization) on the basis of neuro-stroke and rehabilitation centers of Hospital named after Kh. D. Makazhanov, where medical rehabilitation of the 1st, 2nd stage and after discharge was performed on and on the 30th day of the study in the conditions of outpatient admission on the basis of the RC "Neuron", both sexes, in the age ranges from 45 to 78 years (mean age 59.5 ± 5).

Methods researches:

1. Clinical and paraclinical methods (according to the available CPN $\text{\textcircled{7}}$).
2. Scale-based diagnostic methods. Evaluation functional independence by independence index Bartel, screening for neurological deficits on the NIHSS stroke scale, diagnosis of psychoemotional state on the HADS anxiety and depression scale, speech assessment on the Disarthtry scale.
3. Statistical research methods.

Characteristics of the research material:

All patients they were divided into two groups (main and control), had initial results on the level of speech impairment and psycho- emotional status, were comparable to days 1-3 of the study.

Criteria for inclusion: clear consciousness, presence of light weight neurological deficits (on the scale of NIHSS from 1 to 6 points), the first stroke, no history of repeated cerebral strokes, up to 6 months after the development of stroke in the

anamnesis, no cognitive impairment on the MMSE scale (below 25 points) that interfere with the understanding of instructions, the absence, absence of acute and chronic (in the stage of decompensation) diseases of internal organs, signing an informed consent to participate in the study, age of majority of participants.

Exclusion criteria: lack of clear consciousness, repeated stroke, the presence of a neurological deficit (on the scale of NIHSS above 6 points), more than 6 months after the development of a cerebral stroke, the presence of cognitive impairments on the MMSE scale (below 25 points) that interfere with the understanding of instructions that interfere with the study, the presence of acute and chronic (decompensated) diseases of internal organs, refusal to participate in the study.

Characteristics of research methods:

1. Clinical and paraclinical methods (according to the clinical protocol diagnosis and treatment No. 7 "Second stage " Rehabilitation IIA". Profile "Neurology and neurosurgery". Appendix to the clinical protocols of diagnosis and treatment in the field of "Neurology" and "Neurosurgery", approved by the Joint Commission on the Quality of Medical Services of the Ministry of Health and the SR of the Republic of Kazakhstan dated 15.08.2016.).

2. Scale-based diagnostic methods. Learning functional independence on the Barthel Index, the level of neurological deficits on the National Institutes of Health Stroke scale NIHSS, condition psycho- emotional status of patients on the HADS scale of anxiety and depression, speech status according to the Dysarthria Assessment Scale.

3. Statistical research methods. When processing the received data, the following programs were used: Microsoft Excel 2010 and Biostatistics (Primer of Biostatistics by Stanton A. Glantz) using the methods of parametric and nonparametric statistics. To describe the quantitative variables, the arithmetic mean values (M), standard deviations (σ), and standard errors of the mean (m) are calculated. The results are presented as $M \pm \sigma \pm m$. The significance of the difference between the mean values was determined using the t-test ($p=0.05$). Qualitative variables were described in absolute and relative (%) values. To determine the presence or absence of data differences between the groups on days 1 and 30 of the study, the Pearson test (criterion χ^2) was calculated. Significantly significant differences in the studied parameters were considered to be changes at $p \leq 0.05$.

Characteristics of treatment methods:

All patients received standard rehabilitation according to clinical protocol [11].

1. Standard methods of treatment were carried out according to the Clinical Protocol N7 Medical Rehabilitation IIA“ for Neurology and Neurosurgery from 15.08.2016 years.

2. In the main group, in addition to standard rehabilitation, music therapy was performed. Music therapy was carried out in the form of a passive form by selecting your favorite songs and listening for a long time. 15 minutes daily under the control of functional tests and active form in the form of self-singing with intonation for 15 minutes daily for 2 sets within a month.

All treatment methods were performed under the control of functional tests (BP, HR) at the same time in the morning.

All treatment measures were performed at the same time in the first half of the day under the control of functional tests (BP, heart rate), with an assessment of the functional load (with a change in blood pressure of more than 15 mm rt st classes were stopped), started at neurostroke They were held in the center (7-10 days), continued in the rehabilitation department (10-14 days) and ended on an outpatient basis at the RC "Neuron" in Karaganda.

The research results. Assessment of neurological deficit according to NIHSS scales in Figure1.

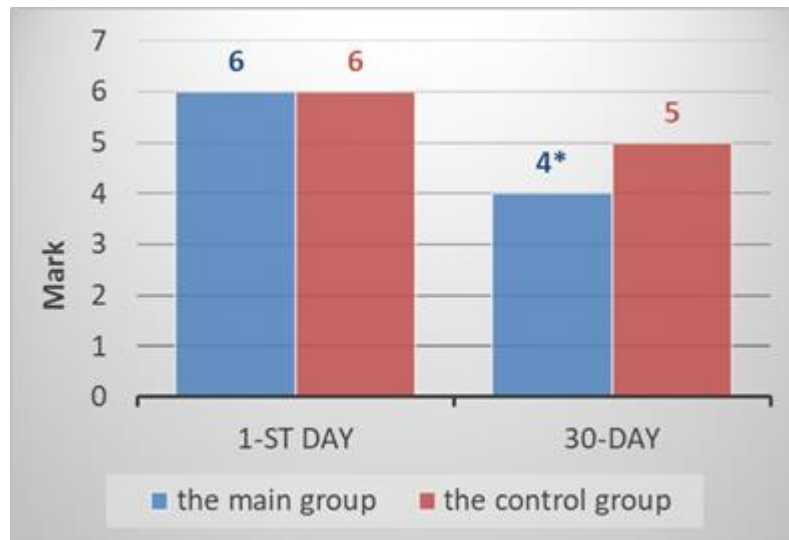


Figure 1. Results of the study of the level of neurological deficit on the scale of NIHSS on 1st Day and 30 of the study (* - $p \leq 0,05$).

Source of the figure: author's development.

Main group in Figure 1: scores decreased from 6 ± 2.3 on day 3 to 3 ± 1.2 on day 30 — 1,5 times, which is a reliable improvement ($p \leq 0.05$). Control group in Figure1: decrease from 6 ± 2.8 to 5 ± 1.8 — 1.4 times, changes did not reach statistical significance ($p \geq 0.05$). Intergroup comparison on day 30: the difference is reliable ($p < 0.05$), which indicates the advantage of therapy in the main group.

Barthel index is an indicator of functional independence in Figure 2.

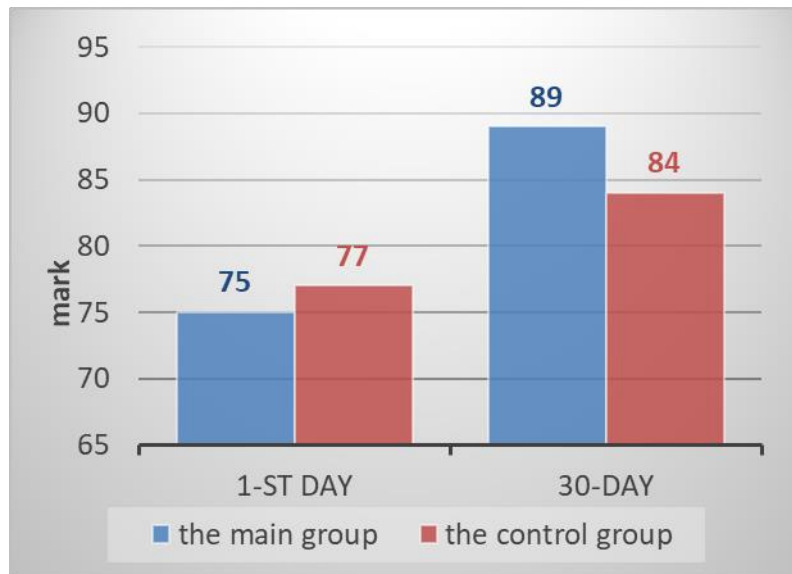


Figure 2. Results daily activity on the scale of Bartel on the 1std and 30th day of the study (* - $p \leq 0,05$).

Source of the figure: author's development.

The main group in Figure 2: an increase from 75 ± 3.7 to 89 ± 4.8 — an increase of 1.18%, not significant ($p < 0.05$). The control group in Figure 2: an increase from 77 ± 3.7 to 84 ± 1.3 — an increase of 1.1%, also not significant ($p < 0.05$). Intergroup comparison: the differences between the groups did not reach statistical significance ($p \geq 0.05$), although the dynamics in the main group were higher.

HADS scale — anxiety indicators in Figure 3.

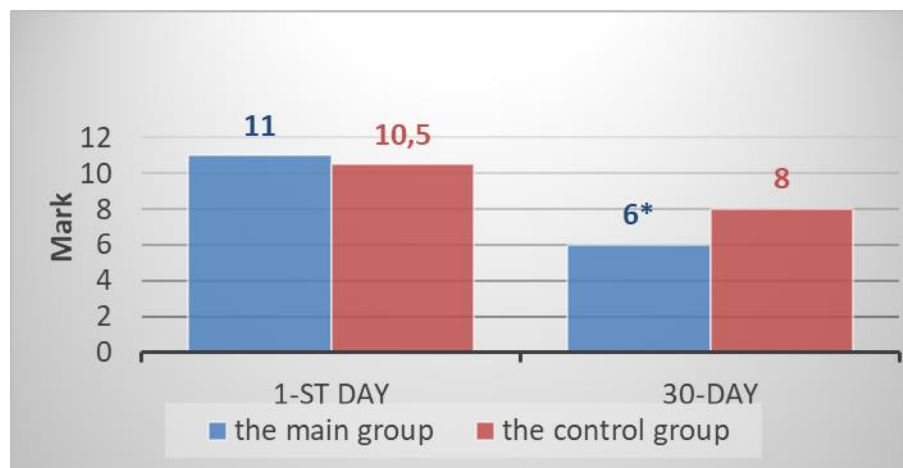


Figure 3. Results state of psycho-emotional status in patients on the HADS anxiety scale (* - $p \leq 0,05$)

Source of the figure: author's development.

The main group in Figure 3: a decrease from 11 ± 2.0 to 6 ± 1.8 — by 1.83 times, which is a significant indicator ($p < 0.05$). The control group: a decrease from $10,5 \pm 2.1$ to 8 ± 1.9 — by 1.2 times, not significant ($p \geq 0.05$). Intergroup comparison: on the 30th

day, the differences are significant ($p < 0.05$), the improvements are more pronounced in the main group.

HADS scale — depression indicator in Figure 4.

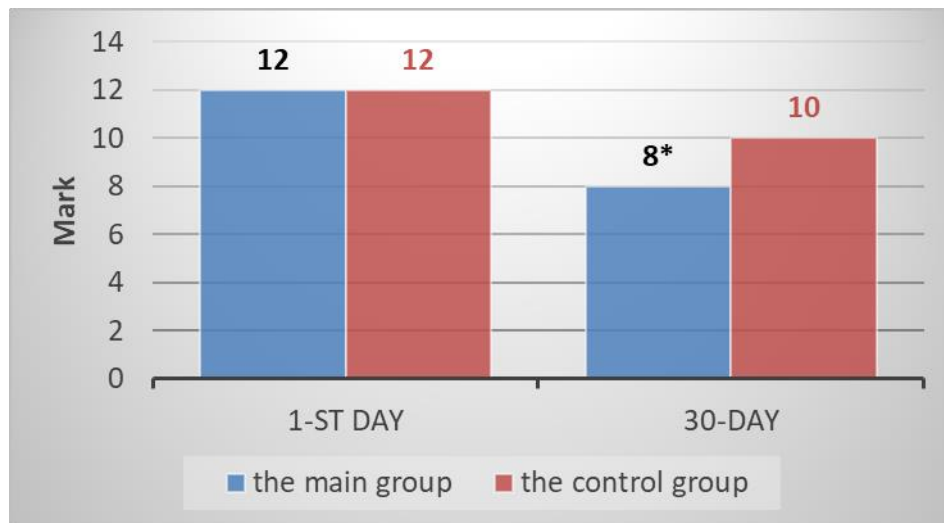


Figure 4. State of psycho-emotional status in patients on the HADS depression scale (* - $p \leq 0.05$).

Source of the figure: author's development.

Main group in Figure 4.: decrease from 12 ± 2.3 to 8 ± 1.5 — by 1,5 times, significant ($p < 0.05$). Control group in Figure 4.: decrease from 12 ± 2.0 to 10 ± 1.5 — by 1.2 times, insignificant ($p \geq 0.05$). Intergroup comparison: the differences are statistically significant ($p < 0.05$), the main group demonstrates a significant decrease in the level of depression.

Dysarthria rating scale in Figure 5.

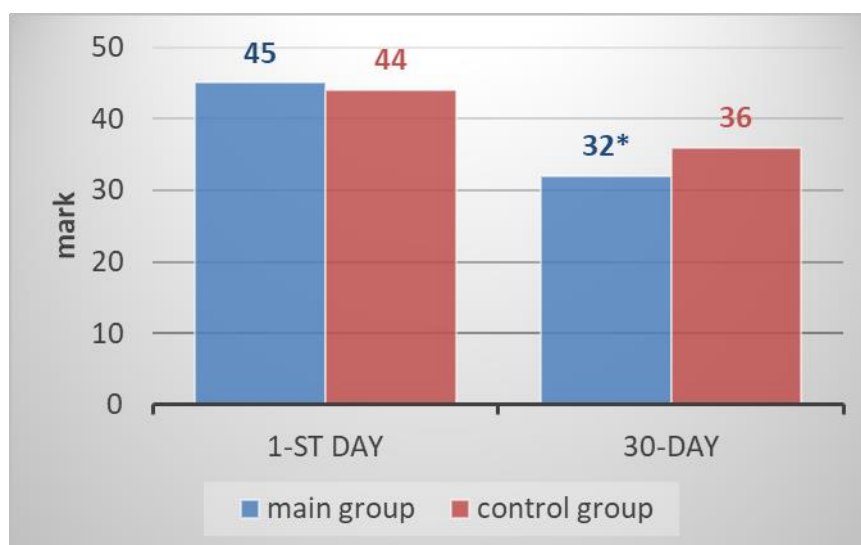


Figure 5. Speech status according to the Dysarthria Assessment Scale (* - $p \leq 0.05$).

Source of the figure: author's development.

Main group in Figure 5: decrease from 45 ± 3 to 32 ± 3 — by 1,4 times, significant ($p < 0.05$). Control group in Figure 5: decrease from 44 ± 3 to 36 — by 4.8%, insignificant ($p \geq 0.05$). Intergroup comparison: differences between the groups did not reach statistical significance ($p \geq 0.05$).

Discussion of the research results. The results of the study confirm the effectiveness of music therapy in the rehabilitation of patients after a stroke. In the main group, which received musical intervention in addition to standard therapy, there was a significant improvement in the neurological, functional independence and levels of anxiety and depression in psycho-emotional state of patients compared to the control group. The most pronounced positive effect was recorded: on the HADS anxiety scale, where the decrease was 1.83 times ($p \leq 0.05$); on the Dysarthria was 1.83 times ($p \leq 0.05$). on the NIHSS scale, where the level of neurological deficit significantly decreased by 1,5 times ($p \leq 0.05$); on the HADS depression scale, where the level of depression decreased by 1,5 times ($p \leq 0.05$),

Conclusions: 1. As a result of the study conducted in dynamics from the 1st to the 30th day of the study, a reliably significant decrease in the indicators of neurological deficit according to the NIHSS scale, the level of anxiety and depression according to the HADS scale and the state of dysarthria was revealed. The indicators of functional independence according to the scale did not change reliably. 2. The inclusion of music therapy in the rehabilitation program of patients who have suffered an ischemic stroke is a promising direction that helps to improve functional independence, reduce the severity of neurological deficits and stabilize the emotional state. 3. The obtained preliminary data confirm the effectiveness of music therapy as an adjunct to standard therapy.

The results of the study are consistent with existing research data [9]. However, the small sample size necessitates further research involving a larger number of patients.

References

1. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
2. Tsao C.W., Aday A.W., Almarzooq Z.I. et al. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2023 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2023 Feb 21;147(8):e93-e621. doi: 10.1161/CIR.0000000000001123. Epub 2023 Jan 25. Erratum in: *Circulation*. 2023 Feb 21;147(8):e622. doi: 10.1161/CIR.0000000000001137. Erratum in: *Circulation*. 2023 Jul 25;148(4):e4. doi: 10.1161/CIR.0000000000001167. PMID: 36695182; PMCID: PMC12135016;
3. Srailova KB, Raimkulov BN, Nurguzhaev ES, Raimkulova Kh.B. PATHOGENESIS, CLINICAL MANIFESTATIONS OF STROKE, TREATMENT //Uzbek journal of case reports. 2023. T.3, №3, P. 32-38.

4. Alwledat K, Al-Amer R. Creative Art Therapy for Improving Depression, Anxiety, and Stress in Patients with Stroke: A Quasi-Interventional Study. *SAGE Open Nurs.* 2023;9:1–10. doi:10.1177/23779608231160473

5. Mercier, L. J., Langelier, D. M., Buchanan, J., Robinson, S., & Plamondon, S. (2025). Development and integration of a music therapy program in the neurologic inpatient setting: a qualitative study. *Disability and Rehabilitation*, 47(9), 2304–2313. <https://doi.org/10.1080/09638288.2024.2393439>

6. Mead GE, Sposato LA, Sampaio Silva G, Yperzeele L, Wu S, Kutlubaev M, Cheyne J, Wahab K, Urrutia VC, Sharma VK, Sylaja PN, Hill K, Steiner T, Liebeskind DS, Rabinstein AA. A systematic review and synthesis of global stroke guidelines on behalf of the World Stroke Organization. *Int J Stroke.* 2023 Jun;18(5):499–531. doi: 10.1177/17474930231156753. Epub 2023 Mar 1. PMID: 36725717; PMCID: PMC10196933.

7. Coleman ER., Moudgal R., Lang K., и другие., Early Rehabilitation After Stroke//a Narrative Review. *CurrAtheroscler Rep.*-2017, Nov 7;19(12):59. doi: 10.1007/s11883-017-0686-6. PMID: 29116473; PMCID: PMC5802378.

8. Ytterberg C., Kristensen HK., Tistad M., von Koch L., Factors related to met needs for rehabilitation 6 years after stroke// *PLoS One.* -2020, Jan 15;15(1):e0227867. doi: 10.1371/journal.pone.0227867. PMID: 31940423; PMCID: PMC6961904.

9. Street, A., Zhang, J., Pethers, S., Wiffen, L., Bond, K., & Palmer, H. (2020). Neurologic music therapy in multidisciplinary acute stroke rehabilitation: Could it be feasible and helpful? *Topics in Stroke Rehabilitation*, 27(7), 541–552. <https://doi.org/10.1080/10749357.2020.1729585>

10. Vuong V, Hewan P, Perron M, Thaut MH, Alain C. The neural bases of familiar music listening in healthy individuals: An activation likelihood estimation meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev.* 2023 Nov;154:105423. doi: 10.1016/j.neubiorev.2023.105423. Epub 2023 Oct 13. PMID: 37839672.

11.

<https://diseases.medelement.com/disease/%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B9-%D1%8D%D1%82%D0%B0%D0%BF-%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-ii%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B8%D0%BB%D1%8C-%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F-%D0%B8-%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D1%85%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F/14834>

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СУЧАСНІЙ ПРАКТИЦІ ЛІКАРЯ СІМЕЙНОЇ МЕДИЦИНИ

Боровський Борис Михайлович

здобувача освіти III медичного факультету
Харківський Національний Медичний Університет

Боровська Карина Вячеславівна

здобувачка освіти III медичного факультету
Харківський Національний Медичний Університет

Науковий керівник:

Діденко Катерина Андріївна

асистент кафедри загальної практики – сімейної медицини та внутрішніх
хвороб

Харківський Національний Медичний Університет

Вступ. У сучасній медичній практиці лікарі різних спеціальностей, особливо сімейної медицини, дедалі частіше можуть стикатися із ситуаціями, коли пацієнти ставлять під сумнів призначене лікування, порівнюючи рекомендації лікаря з відповідями штучного інтелекту (ШІ). Доступність таких інструментів дає можливість самостійно шукати пояснення симптомів, оцінювати призначені препарати та отримувати альтернативні варіанти лікування. Водночас інформація, отримана від ШІ, не завжди враховує індивідуальні особливості пацієнта, результати обстежень і супутні захворювання. Через це можуть виникати розбіжності між рекомендаціями лікаря та уявленнями пацієнта про необхідне лікування, що ускладнює спілкування й роботу лікарів.

Актуальність. Сімейний лікар усе частіше може зустріти пацієнта, який до прийому вже шукав пояснення своїх симптомів у ChatGPT, Gemini чи іншому чатботі. Така людина може прийти з готовим припущенням щодо діагнозу, списком аналізів або інформацією про те як треба лікувати. Українські опитування 2026 року показують, що використання ШІ для медичних запитів уже є реальною практикою, хоча масштаби сильно залежать від того, кого саме і як опитували [1-4].

Для сімейного лікаря важливо розуміти, що саме пацієнт зробив із цією інформацією: одна ситуація коли чатбот допоміг людині сформулювати запитання до лікаря або зрозуміти медичний термін, інша – коли пацієнт сам змінив дозу препарату, припинив лікування чи вирішив не проходити призначене обстеження. У другому випадку виникає потреба чітко відрізнити клінічне рішення лікаря від самостійних дій пацієнта.

Мета дослідження. Проаналізувати українські дані про використання ІІІ для медичних запитів та визначити, як у практиці сімейного лікаря можна розмежувати його клінічні рекомендації і самостійні дії пацієнта, зроблені під впливом чатбота.

Матеріали та методи: Проведено описовий огляд українських публікацій 2026 року, у яких наведені результати опитувань щодо використання ІІІ у сфері здоров'я, рекомендацій ВООЗ щодо генеративного ІІІ та чинних положень Основ законодавства України про охорону здоров'я [1-6]. Власного опитування пацієнтів або лікарів не проводили. Через різний склад вибірок і різні формулювання запитань результати досліджень аналізували окремо і не об'єднували в один показник.

Результати дослідження. У пілотному дослідженні Чіка В.М. було опитано 133 респонденти з високим рівнем цифрової грамотності, середній вік яких становив 30,5 року. Чатботи для отримання медичних консультацій використовували 72,9% опитаних, або 97 осіб, а для самодіагностики – 42,1%, або 56 осіб. Після самодіагностики за допомогою ІІІ 21,8% учасників, тобто 29 осіб, повідомили про паніку [1]. Усі ці числа відповідають опублікованій статті. Водночас це було пілотне онлайн-опитування спеціально відібраної цифрово грамотної групи, тому 72,9% не можна подавати як частку всього населення України.

Інше дослідження провели Active Group та Hronikers на онлайн-панелі SunFlower Sociology. 31 січня 2026 року було опитано 800 громадян України віком від 18 років; автори вказують, що вибірка була репрезентативною за віком, статтю та регіоном. Досвід звернення до ІІІ по інформацію про лікарські засоби мали 37,7% опитаних. Для визначення можливого діагнозу ІІІ використовували 24,7%. Помірний або сильний вплив відповідей ІІІ на рішення щодо придбання та прийому ліків відзначили 26,1% учасників. Водночас 68,3% вважали, що ІІІ не може замінити лікаря [2].

У серпні 2026 року МОЗ України оприлюднило результати окремих опитувань медичних працівників, пацієнтів та представників бізнесу. У пацієнтській частині взяли участь понад 300 людей, з яких 67,5% підтримували використання ІІІ в охороні здоров'я. Серед найбільш бажаних функцій пацієнти називали пояснення діагнозу та результатів обстежень простою мовою, пошук лікаря і допомогу з вибором спеціаліста [3]. МОЗ також зазначає, що більшість опитаних готова приймати використання ІІІ лікарем як допоміжного інструменту за умови, що остаточне рішення залишається за лікарем. Ці дані показують ставлення до технології, але не доводять, що 67,5% пацієнтів реально використовують ІІІ для лікування або змінюють через нього призначення.

Ще одне опитування було ініційоване аналітичним порталом «Слово і діло» та проведене онлайн на платформі Lemur з 25 вересня до 1 жовтня 2026 року. Загальна вибірка становила 1200 дорослих інтернет-користувачів. Серед усіх опитаних 16% повідомили, що у разі неекстрених проблем зі здоров'ям протягом останніх трьох місяців шукали інформацію в інтернеті або зверталися до ІІІ. Окремо аналізували 188 респондентів, які користувалися цифровими ресурсами

через проблеми зі здоров'ям. Серед них 66% консультувалися зі штучним інтелектом [4]. Тому число 66% стосується саме цієї підгрупи, а не 66% усіх 1200 респондентів.

Отримані цифри не можна напряду порівнювати між собою. У дослідженні В. М. Чіка брала участь невелика група з високою цифровою грамотністю, Active Group опитувала 800 дорослих, МОЗ повідомляє про понад 300 учасників пацієнтського опитування, а показник 66% у дослідженні «Слово і діло» отриманий лише серед 188 користувачів цифрових ресурсів. Тому за цими роботами не можна визначити єдину частку українців, які користуються ШІ з медичною метою.

Разом із тим ці дослідження показують ситуації, з якими сімейний лікар уже може зустрічатися під час прийому. Пацієнт може використовувати ШІ лише як джерело додаткової інформації, але може й перейти до самостійних дій. Саме цей момент має практичне значення. ВООЗ відносить до ризиків генеративних моделей появу неправдивої, неточної, упередженої або неповної інформації. Окремо ВООЗ описує ризик так званого *automation bias* – ситуації, коли людина надмірно довіряє автоматизованій відповіді та не помічає її помилки [5].

Наприклад, після відповіді чатбота пацієнт може вирішити самостійно припинити препарат, змінити його дозу або не проходити обстеження. Такі приклади не можна подавати як доведені наслідки наведених українських опитувань: самі опитування цього не встановлювали. Вони лише показують, що люди використовують ШІ для медичної інформації, можливої діагностики та питань про лікарські засоби.

Для розмежування рішення лікаря і дій пацієнта важливими є статті 34 та 43 Основ законодавства України про охорону здоров'я. Стаття 34 встановлює обов'язок лікаря своєчасно і кваліфіковано обстежувати та лікувати пацієнта. Вона також передбачає, що лікар не несе відповідальності за здоров'я особи у випадку її відмови від медичних приписів або порушення встановленого режиму [6]. Стаття 43 надає дієздатному пацієнту, який усвідомлює значення своїх дій, право відмовитися від лікування. Якщо така відмова може мати тяжкі наслідки, лікар повинен це пояснити; після подальшої відмови закон передбачає можливість отримання письмового підтвердження, а коли це неможливо – оформлення відмови актом у присутності свідків.

Проте сам факт того, що пацієнт користувався чатботом, не означає автоматичної відмови від лікування і не звільняє лікаря від професійних обов'язків. Практично важливо фіксувати не сам факт використання ШІ, а реальну розбіжність між рекомендацією лікаря і подальшими діями пацієнта. Це впливає з предмета регулювання статей 34 і 43; окремого спеціального правила про чатботи в цих статтях немає.

У медичному записі в такій ситуації доцільно чітко зазначати, що було рекомендовано пацієнту, від якої рекомендації він відмовився або що змінив самостійно, які можливі наслідки йому пояснили та який подальший план запропонував лікар. Коли пацієнт повідомляє, що рішення було прийняте після звернення до ШІ, це можна зазначити саме як інформацію зі слів пацієнта. Такий

запис потрібний насамперед для точного відображення перебігу консультації, а не як автоматичний спосіб звільнення лікаря від відповідальності

Висновок. Українські дані 2026 року підтверджують, що частина опитаних уже використовує ШІ для отримання інформації про симптоми, можливий діагноз і лікарські засоби. Через різний дизайн досліджень ці показники не можна об'єднувати або переносити на всіх пацієнтів сімейної медицини. Для сімейного лікаря найбільш важливим є не саме використання чатбота, а те, чи призвела отримана інформація до самостійної зміни призначень. Чинні статті 34 і 43 Основ законодавства України вже дають правову основу для розмежування рекомендацій лікаря та свідомої відмови пацієнта від лікування, однак вони не містять окремих норм про ШІ. У таких випадках доцільно точно документувати призначення лікаря, фактичні дії пацієнта та надане пояснення ризиків.

Список літератури

1. Чік В. М. Амбівалентність впливу цифрових технологій та штучного інтелекту на здоров'язбережувальну поведінку населення: виклики для громадського здоров'я. *Public Health Journal*. 2026. № 1 (9). С. 180-185. URL: <https://doi.org/10.32782/pub.health.2026.1.24>.
2. Ейхман К. Фармацевт чи ChatGPT: кому довіряє український пацієнт. *Hronikers*. 2026. 16 лютого. URL: <https://hronikers.com/2026/02/16/farmatsevt-chy-chatgpt-komu-doviriaie-ukrainskyu-patsiiient/> (дата звернення: 13.10.2026).
3. ШІ в охороні здоров'я: 80% медиків уже користуються технологією, а пацієнти хочуть краще розуміти своє здоров'я. Урядовий портал. 2026. 27 серпня. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/shi-v-okhoroni-zdorovia-80-medykiv-uzhe-korystuiutsia-tekhnohiiieu-a-patsiienty-khochut-krashche-rozumity-svoie-zdorovia> (дата звернення: 13.10.2026).
4. Кредитні гроші, оплата частинами, підробіток, діагноз через чат джипіті замість лікаря - соціопитування. Слово і діло. 2026. 13 жовтня. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2026/10/13/dajdzhest/suspilstvo/rezultaty-soczopytuvannya-temu-stan-zdorovya-ta-materialnoho-blahopoluchchya-ukrayincziv> (дата звернення: 13.10.2026).
5. WHO releases AI ethics and governance guidance for large multi-modal models. World Health Organization. 2024. 18 January. URL: <https://www.who.int/news/item/18-01-2024-who-releases-ai-ethics-and-governance-guidance-for-large-multi-modal-models> (дата звернення: 13.10.2026).
6. Основи законодавства України про охорону здоров'я : Закон України від 19.11.1992 р. № 2801-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text> (дата звернення: 13.10.2026).

ПОСТТРАВМАТИЧНИЙ ОСТЕОАРТРОЗ ПІСЛЯ ПЕРЕЛОМІВ ПЛАТО ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ: ФАКТОРИ РИЗИКУ ТА СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ ПРОФІЛАКТИКИ

Веснін Володимир Вікторович

к.мед.н., доцент кафедри екстреної та невідкладної медичної допомоги,
ортопедії, травматології та протезування
Харківський національний медичний університет

Фадєєв Олег Геннадійович

к.мед.н., доцент кафедри екстреної та невідкладної медичної допомоги,
ортопедії, травматології та протезування
Харківський національний медичний університет

Фісун Ксенія Олегівна,

Саламін Карина Омарівна

здобувачі вищої освіти І медичного факультету
Харківський національний медичний університет
м. Харків, Україна

Вступ. Переломи плато великогомілкової кістки становлять близько 1 % усіх переломів у дорослих, проте за тяжкістю віддалених наслідків посідають одне з провідних місць серед внутрішньосуглобових ушкоджень нижньої кінцівки. Головним пізнім ускладненням є посттравматичний остеоартроз (ПТОА) колінного суглоба, на який припадає близько 12 % усіх випадків остеоартрозу [1]. Частота рентгенологічно підтвердженого ПТОА після перелому плато великогомілкової кістки коливається від 13 % до 83 %, що відображає неоднорідність термінів спостереження та критеріїв діагностики. Клінічна значущість проблеми зумовлена молодим працездатним віком постраждалих та обмеженими можливостями корекції вже сформованого ПТОА. Для України питання набуває додаткової ваги: за даними систематичного огляду ортопедичної бойової травми російсько-української війни (2026), вибухові та вогнепальні механізми формують складні багатоуламкові внутрішньосуглобові переломи з масивним ушкодженням м'яких тканин, які апріорі належать до категорії найвищого ризику дегенерації суглоба.

Мета. Систематизувати сучасні дані щодо частоти та предикторів розвитку ПТОА після переломів плато великогомілкової кістки і оцінити доказову базу наявних стратегій його профілактики.

Матеріали і методи. Проведено аналітичний огляд наукових публікацій. Застосовано бібліосемантичний метод, системний аналіз і порівняльно-статистичний підхід.

Результати та обговорення. *Епідеміологія.* Ретроспективне шведсько-польське дослідження виявило рентгенологічні ознаки ОА у 50 % суглобів після переломів плато великогомілкової кістки, причому пацієнти з ОА мали достовірно гірші показники за всіма підшкалами KOOS ($p < 0,007$) і нижчу якість життя за EQ-5D-5L ($p = 0,015$) [1]. Реєстрова когорта 7 950 переломів плато при середньому спостереженні 13,9 року показала 3,5-кратне зростання ризику тотального ендопротезування колінного суглоба (ТЕКС) порівняно з контролем, зіставленим за віком і статтю. У канадській популяційній когорті 8 426 оперованих пацієнтів 10-річна частота ТЕКС становила 7,3 % проти 1,8 % у контролі (HR 5,29; 95 % ДІ 4,58-6,11) [2]. Водночас в одноцентровій когорті конверсія у ТЕКС становила лише 2 %, а органозберігаючі втручання - 9 %, що підкреслює нетотожність рентгенологічного ПТОА і клінічно значущої недостатності суглоба.

Фактори ризику, пов'язані з характером травми. Тяжкість первинного ушкодження хряща є найпотужнішим і водночас некерованим предиктором. Первинна імпресія суглобової поверхні на доопераційній КТ достовірно прогнозувала розвиток ОА (медіана 1,8 мм проти 4,5 мм; $p = 0,009$), тоді як залишкова імпресія наприкінці спостереження такого зв'язку не мала [3]. Медіальні та бікondілярні переломи асоціюються з ОА суттєво частіше за ізольовані латеральні (ВШ 3,4; 95 % ДІ 1,4-8,6 у скоригованій моделі) [1], а типи В3 і С3 за АО/ОТА мають у 6,8 раза вищий ризик неспроможності суглоба протягом 2 років [4]. Окремий блок предикторів формують супутні ушкодження м'якотканинних стабілізаторів: проспективне дослідження з обов'язковою діагностичною артроскопією виявило ушкодження менісків у 52,9 %, а хрестоподібних зв'язок - у 22,5 % оперованих переломів плато великогомілкової кістки; метааналіз 2026 р. підтвердив, що глибина депресії латерального плато є найпослідовнішим предиктором розриву латерального меніска (у середньому на 5 мм більша депресія). Оскільки втрата меніска та нестабільність змінюють розподіл контактного тиску, ці ушкодження є самостійним механізмом прогресування ПТОА незалежно від якості остеосинтезу.

Фактори, пов'язані з якістю репозиції та осі кінцівки. Це єдина група повністю керованих чинників. У когорті 439 пацієнтів неадекватна репозиція суглобової поверхні (сходінка ≥ 2 мм) супроводжувалася у 8,4 раза (95 % ДІ 3,6-20) вищим ризиком неспроможності суглоба [4]. За даними Assink та співавт. [5], 10-річне виживання власного суглоба становило 93 % за доопераційної сходінки ≤ 6 мм проти 75 % за сходінки > 6 мм, а за адекватної фронтальної осі - 88 % проти 72 % при мальаліментації. Отже, відновлення механічної осі кінцівки за прогностичною вагою не поступається конгруентності суглобової поверхні. Серед факторів пацієнта незалежне значення мають вік (HR 1,03 на кожен рік понад 48), коморбідність (HR 2,17), підвищений індекс маси тіла (HR 1,4 щодо

повторного втручання; $p = 0,03$) і куріння, що формує мішень для модифікації в періопераційному періоді.

Сучасні стратегії профілактики. Первинна профілактика базується на трьох принципах: максимально точне відновлення суглобової поверхні та осі, збереження менісків і раннє функціональне навантаження. Доопераційне тривимірне планування на основі КТ дозволяє кількісно оцінити зміщення (3D gap area) і прогнозувати ризик конверсії у ТЕКС [5], що уможливорює диференційований вибір доступу та імплантів. Артроскопічно-асистована репозиція з внутрішньою фіксацією (ARIF) забезпечує пряму візуалізацію суглобової поверхні та одномоментне лікування ушкоджень менісків без артротомії: метааналіз РКД 2026 р. для переломів Schatzker I-III продемонстрував вищу частку відмінних і добрих функціональних результатів (ВШ 3,14; 95 % ДІ 2,02-4,88) та нижчу частоту періопераційних ускладнень (ВШ 0,27; 95 % ДІ 0,18-0,40) порівняно з класичною відкритою репозицією; водночас систематичний огляд 2024 р. не виявив значущої переваги ARIF за шкалами HSS і KSS, тому метод слід розглядати як опцію, ефективність якої залежить від типу перелому та досвіду хірурга.

Реабілітаційний компонент профілактики також переглянуто: РКД 2025 р. (Schatzker I-IV, 45 пацієнтів) показало, що негайне навантаження за переносимістю після остеосинтезу забезпечує кращі клінічні результати (Rasmussen 26,79 проти 21,69; $p = 0,002$) без погіршення рентгенологічних показників і без зростання частоти вторинної імпресії [6]. Це дозволяє відмовитися від тривалої іммобілізації, яка сама по собі сприяє артрофіброзу та дегенерації хряща. Перспективним, але поки що переважно доклінічним напрямом є фармакологічна модифікація посттравматичного запального каскаду: внутрішньосуглобова травма спричиняє тривале підвищення рівнів IL-1 β і TNF- α , що запускають катаболічну деградацію матриксу, а експериментальні моделі демонструють хондропротекторний ефект антагоніста рецептора IL-1 (анакірни) та інгібіторів TNF- α , зокрема в комбінації з хондрогенними агентами (Valerio та співавт., 2026). Жодного препарату, здатного модифікувати перебіг ПТОА, досі не схвалено. Вторинна профілактика передбачає своєчасне виявлення мальюніону: внутрішньосуглобова коригуюча остеотомія дозволяє зменшити сходинку з $9 \pm 3,8$ до $0,6 \pm 0,8$ мм і мальаліментацію з $7,2 \pm 4,8$ до $1,5 \pm 1,9$, відтермінуючи ендопротезування у пацієнтів молодого віку.

Висновок. ПТОА є закономірним і частим наслідком переломів плато великогомілкової кістки: рентгенологічні ознаки ОА виявляють приблизно у половини пацієнтів, а ризик тотального ендопротезування зростає у 3,5-5,3 рази порівняно з популяційним контролем. Ключовими предикторами є тяжкість первинного ушкодження хряща, медіальні та біконтділярні типи переломів, супутні ушкодження менісків і зв'язок, залишкова сходинка ≥ 2 мм, фронтальна мальаліментація, вік, коморбідність, ожиріння й куріння. Оскільки первинне ушкодження хряща є некерованим, реальний профілактичний резерв зосереджений у площині хірургічної техніки та реабілітації: тривимірне

доопераційне планування, артроскопічно-асистована репозиція зі збереженням менісків, пріоритетне відновлення механічної осі кінцівки та раннє функціональне навантаження.

Список літератури

1. Klasér J, Kotake L, Lindberg M, Wigge S, Lundqvist R, Szczesny G, Paradowski PT. Prevalence of osteoarthritis and clinical outcomes in patients with fractures of the tibial plateau - medium- and long-term analysis. BMC Musculoskelet Disord. 2025;26(1):522. doi:10.1186/s12891-025-08786-7
2. Wasserstein D, Henry P, Paterson JM, Kreder HJ, Jenkinson R. Risk of total knee arthroplasty after operatively treated tibial plateau fracture. J Bone Joint Surg Am. 2014;96(2):144-150. doi:10.2106/JBJS.L.01691
3. Parkkinen M, Madanat R, Lindahl J, Mäkinen TJ. Predictors of osteoarthritis following operative treatment of medial tibial plateau fractures. Injury. 2018. PII: S0020-1383(17)30806-9
4. Olerud F, Garland A, Hailer NP, Wolf O. Risk of conversion to total knee arthroplasty after surgically treated tibial plateau fractures: an observational cohort study of 439 patients. Acta Orthop. 2024;95:206-211. doi:10.2340/17453674.2024.40605
5. Assink N, et al. Radiographic predictors of conversion to total knee arthroplasty after tibial plateau fracture surgery: results in a large multicenter cohort. J Bone Joint Surg Am. 2023. doi:10.2106/JBJS.22.00500
6. Ibrahim MA, Moustafa MMA, Brismée JM, et al. Immediate weight-bearing after tibial plateau fractures internal fixation results in better clinical outcomes: a randomized clinical trial. Int Orthop. 2025. doi:10.1007/s00264-025-06443-1

СУЧАСНІ МЕТОДИ ЛІКУВАННЯ РОЗАЦЕА

Павлова Софія Олександрівна

студентка

Харківський національний медичний університет

Дащук Андрій Михайлович

д.мед.н., професор

Харківський національний медичний університет

Актуальність: розацеа - це хронічне запальне захворювання, яке найчастіше проявляється у вигляді стійкої еритеми, червоної судинної сітки, запальних папул/пустул, ринофіми (рідко), відчуття жару, поколювання, набряку. Переважно вражається шкіра центральної частини обличчя (ділянки підборіддя, ніс, щоки, лоб) та очі.

Розацеа, як правило, маніфестує у віці 30-50 років, але в цілому може виникати в будь-який період життя. [2] Дане захворювання вражає 1-3% населення планети, серед якого найбільший відсоток складають світлошкірі жінки, а от серед темношкірих поширеність нижча, але насамперед це частково пов'язано зі складністю діагностування. [1]

Мета роботи: дослідити сучасні методи лікування розацеа та сформулювати висновки.

Матеріали та методи: аналіз наукової літератури за темою.

Результати: в залежності від виду симптомів та важкості їх прояву лікування підрозділяється на місцеве, системне та комбіноване:

Місьцеве лікування – при легких формах або у якості підтримуючого:

1. **Бримонідин** (гель 0,33% та очні краплі 0,2%) - альфа-2-адреноміметик та **Оксиметазолін** (1% крем) – селективний альфа-1а-адреноміметик, які спричиняють вазоконстрикцію артеріол шкіри за рахунок чого зникає стійка еритема, а також проявляють протизапальні властивості. Препарати наносять на шкіру один раз на добу.

2. **Метронідазол** (крем, гель, емульсія 0,75%) – антипротозойний препарат з протизапальною, імуносупресивною та антиоксидантною властивостями. Насамперед його ефективність обумовлена тим, що розацеа може бути викликана шкірними паразитами по типу *Demodex folliculorum*. Препарат наносять два рази на добу.

3. **Азелаїнова кислота** (гель 15%) – природна дикарбонова кислота, що застосовується при папуло-пустульозній розацеа за рахунок того, що нормалізує процеси кератизації, а також має протизапальний ефект. Препарат наносять два рази на добу.

4. **Івермектин** (крем 1%) – напівсинтетичний похідний авермектину, який застосовують при папуло-пустульозній розацеа оскільки чинить протизапальний

ефект за рахунок макролідної структури та проявляє нейротоксичну дію на шкірних паразитів (*Demodex folliculorum*). Препарат наносять 1 раз на добу.

Також застосовують препарати, які не включені до протоколів місцевого лікування розацеа: Перметрин, Кліндаміцин, Адапален, інгібітори кальциневрину, Бензоїл пероксид.

Системної дії – при тяжких формах або при резистентних до місцевого:

1. **Доксициклін** (40 мг/день) - антибіотик, тетрациклін 2 покоління. Єдиний схвалений препарат для системного лікування. За рахунок галенової форми та того, що 30 мг вивільняються негайно, а 10 мг - повільно: препарат не має антимікробної дії, але чинить протизапальну дію при папуло-пустульозній формі. Тривалість прийому 2-3 місяці.

2. **Макроліди** (еритроміцин, кларитроміцин, азитроміцин - 250 мг) застосовують як аналог Доксицикліну при його непереносимості та при вагітності. [3]

Комбіновані – для одночасного впливу на різні ланки патогенезу та для більш швидкого ефекту від лікування:

1. Доксициклін (40 мг) + 1% гель метронідазолу. [1]

2. Гель Бримонідину 0,33% (вранці) + 1% крем Івермектину (ввечері).

3. Доксициклін (40 мг) + 1% крем Івермектину (ввечері). [2]

Висновок: сучасне лікування однозначно покращує життя хворих з розацеа та сприяє зменшенню кількості рецидивів. Для кращого ефекту медикаментозне лікування слід поєднувати з дієтою (уникати вживання прянощів, алкоголю та паління), делікатним очищенням шкіри вранці та ввечері при цьому вода має бути теплою, а також слід уникати тертя обличчя як при вмиванні, так і при висушуванні шкіри одноразовими рушниками. Не слід забувати за використання зволожуючих емульсій/кремів та сонцезахисних засобів (SPF 50), оскільки і розацеа, і препарати, що застосовують при лікуванні, підвищують чутливість шкіри до зовнішніх тригерів.

Список літератури

1. Geng RSQ, Bourkas AN, Mufti A, Sibbald RG. Rosacea: Pathogenesis and Therapeutic Correlates. J Cutan Med Surg. 2024 Mar-Apr;28(2):178-189. doi: 10.1177/12034754241229365. Epub 2024 Mar 7. PMID: 38450615; PMCID: PMC11015710.

2. van Zuuren EJ, Arents BWM, van der Linden MMD, Vermeulen S, Fedorowicz Z, Tan J. Rosacea: New Concepts in Classification and Treatment. Am J Clin Dermatol. 2021 Jul;22(4):457-465. doi: 10.1007/s40257-021-00595-7. Epub 2021 Mar 23. PMID: 33759078; PMCID: PMC8200341.

3. Clanner-Engelshofen BM, Bernhard D, Dargatz S, Flaig MJ, Gieler U, Kinberger M, Klövekorn W, Kuna AC, Läuchli S, Lehmann P, Nast A, Pleyer U, Schaller M, Schöfer H, Steinhoff M, Schwennesen T, Werner RN, Zierhut M, Reinholz M. S2k guideline: Rosacea. J Dtsch Dermatol Ges. 2022 Aug;20(8):1147-1165. doi: 10.1111/ddg.14849. Epub 2022 Aug 5. PMID: 35929658.

4. Yang F, Wang L, Song D, Zhang L, Wang X, Du D, Jiang X. Signaling pathways and targeted therapy for rosacea. *Front Immunol.* 2024 Sep 16;15:1367994. doi: 10.3389/fimmu.2024.1367994. PMID: 39351216; PMCID: PMC11439730.

АНТЕНАТАЛЬНА ПРОФІЛАКТИКА РЕСПІРАТОРНОГО ДИСТРЕС-СИНДРОМУ НОВОНАРОДЖЕНИХ

Пучков В.А.

кандидат медичних наук, доцент закладу вищої освіти
кафедри акушерства і гінекології, Запорізький державний медико-
фармацевтичний університет

Сюсюка В. Г.

доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри акушерства і
гінекології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Онопченко С. П.

кандидат медичних наук, асистент кафедри акушерства і гінекології,
Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Богуславська Н. Ю.

медичний директор, КНП «Територіальне медичне об'єднання «Здорова
родина» ЗОР,
кандидат медичних наук, доцент закладу вищої освіти
кафедри акушерства і гінекології, Запорізький державний медико-
фармацевтичний університет

Колокот Н. Г.

асистент кафедри акушерства і гінекології,
Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Респіраторний дистрес-синдром (РДС) новонароджених залишається однією з основних причин захворюваності та смертності серед недоношених дітей, який виникає переважно у недоношених новонароджених. Його розвиток пов'язаний насамперед із функціональною та структурною незрілістю легень, дефіцитом сурфактанту, порушенням альвеоляризації та незрілістю механізмів легеневої адаптації після народження. Ризик і тяжкість РДС обернено пропорційні гестаційному віку і масі тіла при народженні [1, 2]. Ендогенні глюкокортикоїди відіграють ключову роль у підготовці плода до позаутробного життя. Вони прискорюють диференціацію пневмоцитів II типу, підвищують синтез фосфоліпідів і сурфактант-асоційованих білків, сприяють структурному дозріванню легеневої паренхіми, зменшенню товщини міжальвеолярних перегородок і підвищенню легеневого комплаєнсу. Антенатальні кортикостероїди впливають не тільки на легені. Вони сприяють дозріванню серцево-судинної системи, кишечника, нирок і центральної нервової системи, що

пояснює зменшення частоти внутрішньошлуночкових крововиливів і некротизуючого ентероколіту [2]. Тому найбільш ефективним методом антенатальної профілактики є призначення кортикостероїдів вагітним із високою ймовірністю передчасних пологів. Однак системний характер їхньої дії є також підставою для обережності щодо невиправданого призначення [3].

Максимальна користь антенатальних кортикостероїдів спостерігається тоді, коли пологи відбуваються впродовж 24 годин - 7 діб після початку лікування [1, 4-6]. Найбільш вивченими препаратами є бетаметазон і дексаметазон. Основні рекомендовані схеми (бетаметазон: 12 мг внутрішньом'язово, дві дози з інтервалом 24 години; дексаметазон: 6 мг внутрішньом'язово, чотири дози з інтервалом 12 годин. Сумарна доза в обох випадках становить 24 мг [4].

Призначення препаратів повинно ґрунтуватися не лише на гестаційному віці, але й на реальній ймовірності народження дитини впродовж наступних семи днів, наявності або відсутності внутрішньоамніотичної інфекції, особливостях перебігу вагітності та можливостях неонатальної допомоги [5].

Лікування не повинно відкладати екстрене розродження за життєвими показаннями з боку матері або плода. Якщо завершити повний курс неможливо, доцільно ввести хоча б першу дозу, оскільки певний клінічний ефект може формуватися вже впродовж перших 24 годин. ВООЗ рекомендує застосовувати кортикостероїди навіть тоді, коли повний курс до пологів, імовірно, не буде завершений [4].

Оптимальний ефект антенатальних кортикостероїдів спостерігається, якщо дитина народжується через 24 години - 7 діб після початку курсу. Основною проблемою клінічної практики є не недостатня частота призначення препаратів, а неточне визначення часу лікування. Значна частина вагітних із симптомами загрози передчасних пологів не народжує впродовж семи днів, унаслідок чого терапія плода може не забезпечувати очікуваної користі [1, 4, 5]. Тому самі лише маткові скорочення без структурних змін шийки матки не повинні автоматично розглядатися як показання до введення кортикостероїдів. Рішення необхідно приймати з урахуванням динаміки шийки матки, її довжини за даними трансвагінальної цервікометрії, результатів тестування на фетальний фібронектин або інших біомаркерів, факту розриву плодових оболонок, акушерського анамнезу та наявності показань до планового дострокового розродження. У терміні 34^{+0} - 36^{+6} тижня потенційна користь кортикостероїдів є меншою, ніж при ранніх передчасних пологах, а співвідношення користі та ризику більш суперечливе. Society for Maternal-Fetal Medicine рекомендує один курс бетаметазону при одноплідній вагітності, високій ймовірності пологів упродовж семи днів і відсутності попереднього курсу. Водночас препарати не слід призначати, якщо ймовірність пологів до 37 тижнів є низькою. Ці рекомендації були повторно підтверджені у 2025 році [1, 5].

Перспективним напрямом є застосування багатофакторних прогностичних моделей, які об'єднують клінічні дані, довжину шийки матки та біохімічні маркери. Їхня мета полягає у збільшенні частки дітей, народжених у межах терапевтичного вікна, та зменшенні необґрунтованого призначення

кортикостероїдів вагітним [6]. Підходи міжнародних організацій відрізняються. ВООЗ не рекомендує рутинне застосування кортикостероїдів перед плановим кесаревим розтином у терміні 34⁺⁰ - 36⁺⁶ тижня, тоді як окремі національні протоколи допускають селективне застосування бетаметазону за чітких критеріїв високого ризику пізніх передчасних пологів [1, 4-6].

Ефект першого курсу поступово зменшується, якщо вагітність пролонгується понад 7 діб. ВООЗ рекомендує один повторний курс за умови, якщо попередній курс був проведений щонайменше сім діб тому і зберігається висока ймовірність пологів упродовж наступного тижня [4]. Американські рекомендації передбачають повторний курс переважно до 34 тижнів, якщо від попереднього введення минуло понад 14 діб, хоча в окремих клінічних ситуаціях він може бути проведений через сім діб [4, 6].

Важливим резервом покращення результатів є не розширення застосування кортикостероїдів, а підвищення точності відбору пацієнток. Досвід міжнародних досліджень показує, що ефективність терапії залежить від точного визначення гестаційного віку, коректної діагностики неминучих передчасних пологів і доступності належної допомоги новонародженому [1, 3, 6, 8].

Європейські рекомендації 2025 року наголошують, що профілактика і лікування РДС потребують тісної взаємодії акушерів, фахівців медицини плода, анестезіологів і неонатологів. Сучасна концепція профілактики РДС виходить за межі безпосередньої медикаментозної стимуляції дозрівання легень. Вона включає профілактику спонтанних і медично індукованих передчасних пологів, обґрунтоване використання антенатальних кортикостероїдів, створення терапевтичного вікна для завершення курсу, транспортування вагітної до перинатального центру, контроль материнських захворювань та планування оптимального часу і способу розродження [1, 3, 5, 7, 9].

Список літератури

1. Sweet DG, Carnielli VP, Greisen G, Hallman M, Klebermass-Schrehof K, Ozek E, Te Pas A, Plavka R, Roehr CC, Saugstad OD, Simeoni U, Speer CP, Vento M, Visser GHA, Halliday HL. European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome: 2022 Update. *Neonatology*. 2023;120(1):3-23. doi: 10.1159/000528914.
2. McGoldrick E, Stewart F, Parker R, Dalziel SR. Antenatal corticosteroids for accelerating fetal lung maturation for women at risk of preterm birth. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;12(12):CD004454. doi: 10.1002/14651858.CD004454.pub4.
3. Ninan K, Liyanage SK, Murphy KE, Asztalos EV, McDonald SD. Evaluation of Long-term Outcomes Associated With Preterm Exposure to Antenatal Corticosteroids: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatr*. 2022;176(6):e220483. doi: 10.1001/jamapediatrics.2022.0483.
4. Vogel JP, Ramson J, Darmstadt GL, Qureshi ZP, Chou D, Bahl R, Oladapo OT. Updated WHO recommendations on antenatal corticosteroids and tocolytic therapy for improving preterm birth outcomes. *Lancet Glob Health*. 2022;10(12):e1707-e1708. doi: 10.1016/S2214-109X(22)00434-X.

5. Society for Maternal-Fetal Medicine, Publications Committee. Electronic address: pubs@smfm.org. Society for Maternal-Fetal Medicine Consult Series #58: Use of antenatal corticosteroids for individuals at risk for late preterm delivery: a response. *Am J Obstet Gynecol*. 2022;226(6):877. doi: 10.1016/j.ajog.2022.01.016.
6. Kimpton J, Sammut A, Cox DJ. Antenatal corticosteroids and longer term outcomes. *BMJ*. 2023;382:1722. doi: 10.1136/bmj.p1722.
7. Committee on Obstetric Practice. Committee Opinion No. 713: Antenatal Corticosteroid Therapy for Fetal Maturation. *Obstet Gynecol*. 2017;130(2):e102-e109. doi: 10.1097/AOG.0000000000002237.
8. Sultana S, Bruinsma F, Fisher Z, Homer CSE, Vogel JP. Long-term outcomes of antenatal corticosteroids for preterm birth: An overview of systematic reviews. *PLOS Glob Public Health*. 2025;5(5):e0004575. doi: 10.1371/journal.pgph.0004575.
9. Tang WZ, Xu WZ, Cai QY, Huang KJ, Xu HY, Li JZ, Deng BY, Chen HW, Wen L, Wang L, Liu TH. Impact of antenatal corticosteroid therapy on neonatal outcomes in twin pregnancies. *J Transl Med*. 2025;23(1):739. doi: 10.1186/s12967-025-06679-w.

ОСОБЛИВОСТІ ХАРЧОВОЇ ПОВЕДІНКИ ДІТЕЙ ШКІЛЬНОГО ВІКУ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ПОКАЗНИКАМИ ФІЗИЧНОГО РОЗВИТКУ

Черненко Лариса Миколаївна

кандидат медичних наук, доцент, асистент кафедри педіатрії №2
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

Русавська Софія Олексіївна

студентка медичного факультету
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

Вступ: актуальність проблеми харчової поведінки у дітей шкільного віку зумовлена стрімким глобальним зростанням поширеності ожиріння, метаболічного синдрому, а також хронічних неінфекційних захворювань, коріння яких сягає дитячого та підліткового віку [1]. У сучасних умовах інформатизації суспільства, зміни способу життя, домінування малорухливого способу життя та широкого розповсюдження висококалорійних харчових продуктів із високим вмістом рафінованих вуглеводів і трансжирів, питання формування адекватних харчових звичок набуває стратегічного державного значення [2].

Період шкільного віку характеризується інтенсивними процесами соматичного росту, нейроендокринної перебудови та психосоціального становлення особистості. Саме в цей час закладаються стійкі поведінкові стереотипи, які безпосередньо впливають на характер харчування [3]. Порушення харчової поведінки в дитячому віці нерідко призводять до декомпенсації метаболічних процесів, формування дисгармонійного фізичного розвитку та виникнення психологічних комплексів, пов'язаних із зовнішнім виглядом та масою тіла [4].

Метою даного наукового дослідження є комплексний аналіз особливостей харчової поведінки дітей шкільного віку, виявлення основних детермінант її формування та встановлення тісноти і характеру кореляційних зв'язків із ключовими антропометричними показниками фізичного розвитку [5].

Огляд літератури: аналіз сучасних наукових джерел вітчизняних та зарубіжних дослідників свідчить про те, що харчова поведінка є складною багатокомпонентною системою, яка формується під впливом біологічних, генетичних, психологічних, соціально-економічних та культурних чинників [1]. Згідно з класичними психологічними та медичними класифікаціями, виділяють три основні типи порушень харчової поведінки: обмежувальний (рестриктивний), емоційний та екстернальний [2].

Екстернальний тип харчової поведінки характеризується тим, що дитина реагує не на внутрішні фізіологічні сигнали голоду та насичення, а на зовнішні

стимули: вид їжі, її привабливу упаковку, рекламу в ЗМІ та соціальних мережах, запах, а також наявність компанії чи традиції прийому їжі в певний час [3]. Дослідження показують, що діти з високим рівнем екстернальності схильні до переїдання в умовах вільнішого доступу до їжі [5].

Емоційний тип харчової поведінки (або заїдання стресу) проявляється в тому, що прийом їжі використовується як інструмент подолання негативних емоцій — тривожності, нудьги, самотності, втоми чи роздратування [2]. У шкільному віці на тлі зростаючого когнітивного навантаження та соціальної адаптації цей тип стає особливо поширеним серед підлітків [4].

Обмежувальний тип пов'язаний із надмірними спробами контролювати масу тіла через жорсткі дієти або голодування, що часто передують розвитку нервової анорексії чи булімії, або ж призводить до ефекту «рикошету» з наступним набором зайвої ваги [1].

Фізичний розвиток дітей оцінюється за стандартизованими антропометричними критеріями ВООЗ, де індекс маси тіла (ІМТ) у поєднанні з показниками довжини тіла та обхвату талії дозволяє об'єктивно діагностувати дефіцит, нормальну масу, надлишкову масу тіла або ожиріння [4]. Зв'язок між психологічними особливостями харчування та соматичними індексами є предметом активних дискусій у сучасній педіатрії [5].

Матеріали та методи дослідження: для досягнення поставленої мети та розв'язання наукових завдань на базі загальноосвітніх навчальних закладів було проведено комплексне обстеження групи дітей шкільного віку у кількості 150 осіб (віком від 7 до 16 років, середній вік склав $11,4 \pm 2,1$ року) [4]. Дослідження проводилося з дотриманням етичних норм біоетики та інформованої згоди батьків або законних представників учнів [1].

Методи дослідження включали:

1. Антропометричний метод: вимірювання маси тіла (з точністю до 0,1 кг), довжини тіла (з точністю до 0,1 см) за допомогою стандартного медичного росто- та ваговимірювального обладнання [4]. Розрахунок індексу маси тіла (ІМТ) здійснювався за формулою Кетле: маса тіла (кг) / квадрат довжини тіла (м). Оцінка фізичного розвитку проводилась із використанням центильних таблиць та стандартних відхилень (Z-score) ІМТ згідно з актуальними стандартами ВООЗ [1].

2. Психодіагностичний метод: анкетування із застосуванням спеціалізованих опитувальників харчової поведінки (зокрема адаптованих шкал для виявлення екстернального, емоційного та обмежувального стилів харчування у дітей і підлітків) [2].

3. Статистичний метод: обробка отриманих цифрових даних здійснювалася із застосуванням пакетів статистичних програм [5]. Розраховувалися середні значення, стандартні похибки, а також коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена для оцінки зв'язку між типами харчової поведінки та показниками фізичного розвитку [3].

Результати дослідження та їх обговорення: у ході проведеного аналізу антропометричних даних було встановлено, що нормальні показники фізичного

розвитку спостерігалися у 64% обстежених школярів [4]. Водночас надлишкова маса тіла діагностовано у 21% дітей, а ожиріння різного ступеня — у 15% учнів [1]. Це свідчить про високу актуальність проблеми дисгармонійного розвитку та метаболічних порушень у сучасній популяції школярів [2].

Аналіз результатів анкетування з оцінки харчової поведінки показав чіткі розбіжності між групами дітей із нормальною масою тіла та дітьми з надлишковою масою/ожирінням [3]. Зокрема, у дітей із надлишковою масою тіла та ожирінням статистично значущо домінував екстернальний тип харчової поведінки (середній бал виявився на 45% вищим порівняно з групою контролю, $p < 0,05$) [5]. Школярі цієї категорії частіше вказували на те, що споживають їжу під впливом зовнішніх тригерів - реклами на телебаченні та в соціальних мережах, привабливого вигляду продуктів у магазинах, а також за компанію з однолітками, незалежно від наявності чи відсутності почуття голоду [2].

Емоційний тип харчової поведінки також продемонстрував високу поширеність серед підлітків вікової категорії 13–16 років [2]. Було виявлено, що у дівчат цей показник виражений дещо сильніше, ніж у хлопців [3]. Діти з високим рівнем емоційної харчової поведінки використовували солодкі продукти, снеки та фастфуд як компенсаторний механізм при стресі, перевтомі під час навчального процесу, а також при психоемоційній напрузі в колективі [4].

Кореляційний аналіз між показниками харчової поведінки та індексом маси тіла виявив сильний прямий зв'язок між вираженістю екстернального стилю та значеннями Z-score IMT ($r = 0,68$, $p < 0,001$) [5]. Це підтверджує гіпотезу про те, що неконтрольована реакція на зовнішні харчові стимули є ключовим патогенетичним фактором розвитку аліментарно-конституційного ожиріння в дитячому віці [1].

Отримані результати узгоджуються з даними сучасних міжнародних та вітчизняних досліджень у галузі педіатрії і дієтології, які підкреслюють необхідність комплексного підходу до профілактики зайвої ваги у школярів, що включає не лише гігієнічне виховання щодо раціонального харчування, а й психологічну корекцію поведінкових паттернів [3, 4].

Висновки: проблема порушень харчової поведінки у дітей шкільного віку є надзвичайно актуальною: у 36% обстежених школярів виявлено відхилення у фізичному розвитку у вигляді надлишкової маси тіла або ожиріння, причому основними домінуючими типами таких порушень є екстернальний та емоційний стилі, які зумовлюють переїдання та споживання висококалорійних продуктів незалежно від фізіологічних потреб організму, про що свідчить встановлений статистично значущий прямий кореляційний зв'язок між вираженістю екстернальної харчової поведінки та показниками індексу маси тіла ($r = 0,68$, $p < 0,001$), що доводить визначальну роль поведінкових факторів у генезі ожиріння та обґрунтовує необхідність того, щоб розробка й впровадження превентивних заходів у загальноосвітніх закладах обов'язково базувалися на ранній діагностиці типів харчової поведінки та включали психологічну

підтримку й формування навичок здорового способу життя як у дітей, так і в їхніх родин.

Список літератури

1. Всесвітня організація охорони здоров'я. Ожиріння та надмірна вага у дітей: доповідь. Женева, 2023.
2. Цибранська Ю. В., Петренко О. М. Особливості формування харчової поведінки в підлітковому віці // Сучасні проблеми педіатрії. - 2024. - № 2. - с. 45–50.
3. Goran M. I., et al. Dietary factors and physical growth in school-aged children. *Journal of Pediatrics*. 2022; 180: 112–119.
4. Марушко Ю. В., Глушко М. В. Сучасні аспекти оцінки фізичного розвитку та харчового статусу школярів // Український педіатричний журнал. - 2023. - №1. - с. 33–38.
5. Stice E., et al. Risk factors for obesity in school-aged children: a longitudinal investigation. *International Journal of Obesity*. 2021; 45(4): 820–831.

ON THE ISSUE OF DEVELOPING A COMBINED METHOD FOR REMOVING PARAFFIN DEPOSITS IN OIL AND GAS PIPELINES

Rastsvietaiev V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Oil and Gas Engineering and Drilling,
Dnipro University of Technology

Yashyn D.

Postgraduate Student of the Department of Oil and Gas Engineering and Drilling,
Dnipro University of Technology

Paraffin deposition in oil and gas pipelines reduces pipeline throughput, increases hydraulic resistance and energy consumption during hydrocarbon transportation. In severe cases, paraffin accumulation causes pipeline blockages, equipment downtime, and increased operating costs [1-3].

Chemical methods are associated with high costs and environmental risks, while thermal techniques require substantial energy resources [4-6]. Mechanical methods, particularly scraper-based cleaning, have limited effectiveness in removing hardened deposits and may damage the internal surfaces of pipelines [7-9].

Ultrasonic systems and robotic devices offer promising solutions for pipeline cleaning [10-12]. However, their widespread application is limited by high implementation costs, reduced effectiveness over long distances, and operational complexity under harsh conditions [13-15].

The study aims to develop and experimentally validate a novel mechanical method for removing paraffin deposits that ensures high cleaning efficiency, reduced energy consumption, and minimal environmental impact [16-18].

The analyzed samples were characterized by carbon chain lengths ranging from C20 to C40, hardness values of 0.5–2.5 MPa, and adhesion strength values of 0.1–0.8 MPa. These physicochemical properties influence the selection of appropriate mechanical cleaning parameters [19-21].

An adaptive scraper incorporating a combined vibrational–rotational mechanism was developed. Rotating blades mechanically shear paraffin deposits, while the vibrational mechanism reduces adhesion forces and facilitates deposit removal [22-24]. The scraper is equipped with a modular cutting head specifically designed to accommodate a wide range of pipeline diameters, from 50 to 300 mm. This modular configuration enables the device to be adapted to different pipeline geometries and operating conditions, thereby increasing its versatility and potential applicability in industrial pipeline maintenance. The cutting head is integrated with a piezoelectric actuator operating within a frequency range of 20–50 Hz. The use of piezoelectric actuation provides a means of generating controlled mechanical vibrations that

facilitate the disruption and removal of paraffin deposits adhering to the internal surfaces of pipelines. The combination of mechanical cutting and vibration-assisted cleaning is intended to improve the efficiency of deposit removal while minimizing the need for conventional chemical or hydraulic cleaning procedures. The device is manufactured from corrosion-resistant AISI 316 stainless steel, which provides suitable resistance to corrosive environments and contributes to its mechanical durability under demanding operating conditions. The scraper is designed to function within a temperature range of -10 to $+60$ °C and withstand operating pressures of up to 10 MPa, making it potentially suitable for a variety of industrial pipeline applications.

The effectiveness of the developed device was evaluated using physicochemical analysis of paraffin deposits, computational modeling, laboratory experiments, and field trials. Its performance was compared with that of conventional mechanical pigging and hydraulic jet cleaning systems [25-27].

Laboratory cleaning tests were conducted using a model pipeline with an internal diameter of 50 mm and a total length of 2 m. The experimental conditions included paraffin deposits with thicknesses ranging from 2 to 10 mm, allowing the cleaning performance to be evaluated for different degrees of internal surface obstruction. The results demonstrated that the paraffin removal efficiency ranged from 92% to 98%, depending on the initial thickness of the deposits. These findings indicate that the developed scraper maintained a high level of cleaning effectiveness across the investigated range of deposit thicknesses. The observed variation in removal efficiency suggests that the geometric characteristics of the paraffin layer may influence the interaction between the cutting head and the deposited material, as well as the effectiveness of vibration-assisted detachment. In particular, the ability to achieve removal efficiencies approaching 98% under laboratory conditions demonstrates the potential of the proposed design for reducing the amount of residual paraffin remaining on the internal pipeline surface after cleaning. Nevertheless, the obtained results should be interpreted in relation to the specific experimental conditions, including the pipeline dimensions, deposit thickness, and operating parameters used during the tests.

The practical performance of the developed device was further investigated through field trials conducted on operational pipelines with diameters ranging from 100 to 300 mm. Unlike laboratory experiments, field testing provides an opportunity to evaluate the scraper under actual operating conditions, where variations in pipeline geometry, deposit distribution, and other process-related factors may affect cleaning performance. The field trial results demonstrated an average paraffin removal efficiency of 90%, indicating that the device retained a high level of effectiveness when applied to pipelines of larger diameters and under practical operating conditions. Although the average efficiency recorded during field trials was lower than the maximum values obtained in laboratory experiments, this difference is consistent with the distinction between controlled experimental environments and real-world pipeline operation. However, additional information on the number of trials, operating parameters, and variability of the measured results would be required to determine the statistical significance of this difference.

A comparative assessment of the obtained results indicates that the developed scraper achieved a higher average paraffin removal efficiency than the conventional cleaning methods considered in this study. Specifically, the field trial efficiency of 90% exceeded the reported performance range of conventional mechanical pigging systems, which typically achieved removal efficiencies of 75–85%, as well as that of hydraulic jet cleaning systems, for which the corresponding efficiency ranged from 80% to 85%. Relative to these reported ranges, the developed device demonstrated an advantage of 5–15 percentage points over conventional mechanical pigging and 5–10 percentage points over hydraulic jet cleaning. These differences suggest that the integration of a modular cutting head with piezoelectric vibration may contribute to improved removal of paraffin deposits compared with the conventional approaches considered. The results also indicate that the proposed design may offer a promising alternative for pipeline cleaning applications in which effective deposit removal is required across different pipeline diameters.

The laboratory and field results demonstrate the technical potential of the developed scraper for removing paraffin deposits from pipeline interiors. The laboratory tests confirmed removal efficiencies of 92–98% for deposit thicknesses of 2–10 mm, while the field trials established an average efficiency of 90% in operational pipelines with diameters of 100–300 mm. The comparison with conventional mechanical pigging and hydraulic jet cleaning systems further supports the potential effectiveness of the proposed technology. Its modular configuration, corrosion-resistant construction, and specified operating limits represent important design characteristics for practical application. However, a comprehensive assessment of its industrial suitability should also consider additional parameters, including energy consumption, cleaning duration, equipment wear, operational reliability, maintenance requirements, and performance under different paraffin compositions and deposit conditions. Further investigations incorporating repeated trials and statistical analysis would help establish the reproducibility of the results and clarify the operating conditions under which the developed scraper provides the greatest improvement in cleaning efficiency.

The specific energy consumption of the developed device was 0.080 kWh per kilogram of removed paraffin, compared with 0.150 kWh/kg for conventional pigging and 0.227 kWh/kg for hydraulic jet cleaning. These results correspond to reductions in specific energy consumption of approximately 46% and 65%, respectively (Fig.1).

The use of mechanical cleaning without chemical reagents reduces chemical waste generation and energy-related emissions. According to the study, implementation of the device has the potential to reduce operational downtime by 15–20% and maintenance costs by 10–15%.

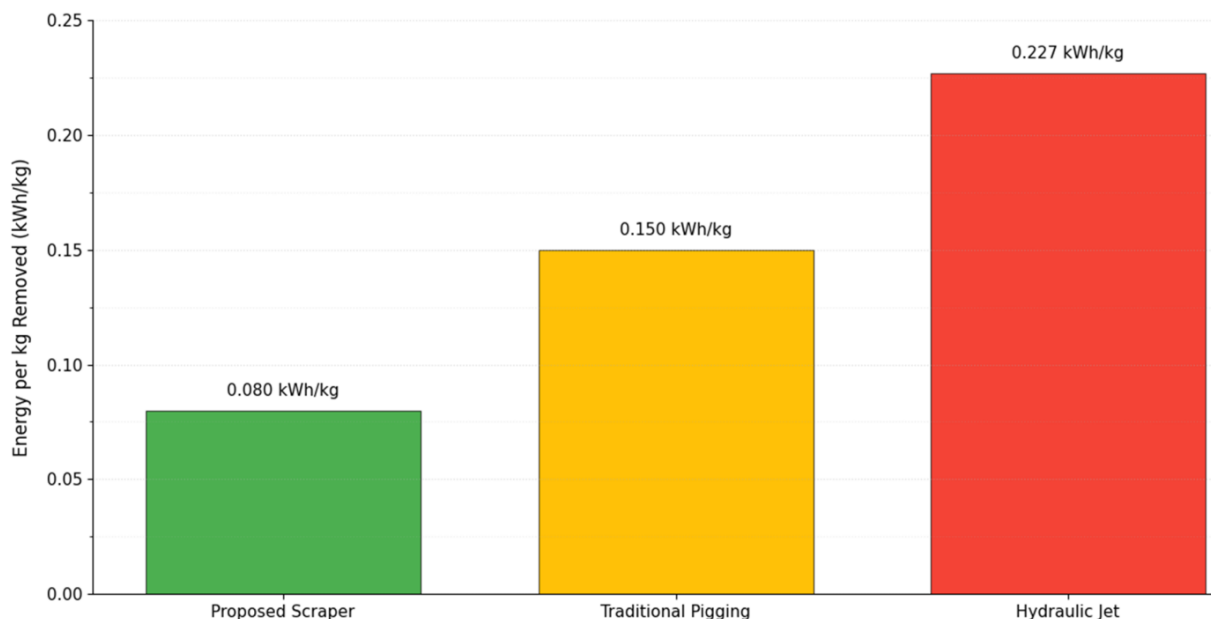


Figure 1. Comparison of the effectiveness of cleaning methods for various pipeline operating conditions

The device exhibits reduced effectiveness when removing extremely hard paraffin deposits with hardness values exceeding 2.5 MPa. Additional challenges arise when navigating sharp pipeline bends with angles greater than 45°.

Future improvements should focus on incorporating flexible cutting heads, sensors for real-time monitoring of cleaning parameters, and automated control systems [28-30]. Further testing under extreme temperature and pressure conditions is also required, together with an assessment of the long-term effects of repeated device operation on pipeline integrity [31-33].

The development of an adaptive scraper featuring a vibration-rotation mechanism represents a promising solution for removing deposits from oil and gas pipelines. Its combination of high removal efficiency, reduced energy consumption, adaptability to different pipeline diameters, and elimination of chemical reagents provides a basis for its potential implementation in the oil and gas industry.

References

1. Gasimzade, A., & Nurullayev, V. (2026). Laboratory evaluation of the synergistic rheological effect of composite reagents in paraffin-containing model crude oil systems. *Egyptian Journal of Petroleum*, 35. <https://doi.org/10.62593/2090-2468.1130>
2. Wójcikowski, A., & Nagy, S. (2021). In-silico research of the influence of gas injection into the subsea crude oil pipeline on the paraffin solid phase deposition. *E3S Web of Conferences*, 323, Article 00033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132300033>
3. Rastsvietaiev, V.O. (2026). Research on the Mechanisms of Deposit Formation and Development of a Comprehensive System for Combating Them in Trunk

Pipelines. *Науковий вісник ДонНТУ*, 2(17), 18-28. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2026-2-17-18-28>

4. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). *Using graywater and stormwater to enhance local water supplies: An assessment of risks, costs, and benefits*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/21866>

5. Okalla, C., Chidi, C., Ezembadiwe, C., Nwadike, C., & Nwachukwu, V. (2026). Geothermal heat extraction from abandoned oil & gas wells: A review study. *Romanian Journal of Petroleum & Gas Technology*. <https://doi.org/10.51865/JPGT.2026.02.05>

6. Расцветаев, В.О., Азюковський, О.О., Бабенко, М.В., Васильченко, Д.О. (2025). Шляхи коригування взаємодією елементів газоперекачувальних агрегатів магістральних трубопроводів для покращення їх ефективності в умовах температурних коливань. *Науковий вісник ДонНТУ*, 1(14), 185–200. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2025-1-14-185-200>

7. Karimi, M., & Miroliaei, A. (2026). Methods of removing deposits in oil and gas pipelines: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 33, 13529–13545. <https://doi.org/10.1007/s11356-026-37978-4>

8. Olexiy, N., Zhulay, Y., & Lysenko, A. (2026). Current state of technological processes for high-performance cleaning of fouled heat exchangers: Prospects and research directions. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 76–83. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2026-1/076>

9. Rastsvietaiev, V. O., Haddad, J., Aziukovskyi, O. O., Pashchenko, O. A., Babenko, M. V., & Vasylchenko, D. O. (2026). Development and evaluation of combined methods for cleaning paraffin wax deposits in pipelines oil and gas industry. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (1), 50–57. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2026-1/050>

10. Dulo, C., & Ogheneakpobor, J.-A. (2026). Autonomous robotic pipeline inspection technologies. *E3S Web of Conferences*, 729, Article 07004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202672907004>

11. Ye, Y., Feng, M., Li, P., Li, S.-H., Zhang, X.-J., Chen, L., & Li, X. (2026). The effect of lean management on the efficiency and quality of domestic robotic surgical instrument cleaning. *Journal of Robotic Surgery*, 20. <https://doi.org/10.1007/s11701-026-03741-7>

12. Pashchenko, O.A., Sudakov, A.K., Rastsvietaiev, V.O., Dmytruk, O.O., & Shypunov, S.O. (2025). Mathematical modeling of hydrodynamic processes in mixing heterogeneous petroleum products in storage tanks. *Науковий вісник ДонНТУ*, 2(15), 47–58. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2025-2-15-47-58>

13. Feoli, S., & Resciniti, R. (2026). The sustainability value as a communication leverage: *An empirical analysis of the Italian wine sector* [Thesis]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14320.01285>

14. Shi, H., Huang, J., Yang, J., & Han, M. (2026). Barriers and facilitators to patient acceptance of artificial intelligence in health care: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 28, Article e80581. <https://doi.org/10.2196/80581>

15. Заболотна, Ю.О., Азюковський, О.О., Расцветаєв, В.О., Кучин, О.С., Бабенко, М.В. (2025). Концепція застосування сучасних геодезичних методів при проєктуванні та спорудженні перетинів магістральних трубопроводів із залізничними коліями. *Збірник наукових праць НГУ*, 81, 209–221. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/81.209>
16. Ali Abdulrahman Al-Shameri, M., Han, L., Qasem, A., & Sibtain, M. (2026). Design and experimental evaluation of a soft robotic hand for anus hygiene assistance in nursing bed toilets for the elderly. *International Journal of Humanoid Robotics*. <https://doi.org/10.1142/S0219843626400219>
17. Rastsvietaiev, V., & Vasylchenko, D. (2025). Technological and Energy Advantages of Induction Heating in Oil Transportation Systems by Pipelines. *Coll.res.pap.nat.min.univ.* 82, 246–257. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/82.246>
18. Расцветаєв, В.О., Азюковський, О.О., Бабенко, М.В., & Васильченко, Д.О. (2025). До питання перспектив застосування індукційного нагріву у системах транспортування нафти трубопроводами. *Науковий вісник ДонНТУ*, 2(15), 232–245. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2025-2-15-232-245>
19. Atilal, E., & Kayaman-Apohan, N. (2026). Sustainable NIPU coatings based on carbonated linseed oil and cardanol: Synthesis and thermo-mechanical performance. *Polymer Bulletin*, 83. <https://doi.org/10.1007/s00289-026-06715-9>
20. Rastsvietaiev, V. O., Aziukovskyi, O. O., Pashchenko, O. A., Babenko, M. V., & Vasylchenko, D. O. (2025). Thermodynamic and kinetic aspects of gas hydrate formation in main pipelines. *Journal of Donetsk Mining Institute*, 2(57), 7–14. <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2025-2-7-14>
21. Расцветаєв, В.О., Азюковський, О.О., Заболотна, Ю.О., Яшин, Д.О., Бабенко, М.В. (2025). Оцінювання технічного стану переходу магістрального газопроводу «Шебелинка–Диканька–Київ» через залізничну колію. *Збірник наукових праць НГУ*, 83, 324–337. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/83.324>
22. Rathore, S. (2026). Vibrational response of twisted ceramic matrix composite blades with carbon nanotube reinforcement: A parametric and RSM approach. *The International Journal of Maritime Engineering*, 168. [https://doi.org/10.5750/ijme.v168iA3\(S\).1968](https://doi.org/10.5750/ijme.v168iA3(S).1968)
23. Pashchenko, O., Aziukovskyi, O., Rastsvietaiev, V., & Zabolotna, Yu. (2025). Construction and operation of main pipelines in complex geodetic conditions using horizontal directional drilling. *Geo-Technical Mechanics*, 172, 76–85. <https://doi.org/10.15407/geotm2025.172.076>
24. Rastsvietaiev, V., Haddad, J., Pashchenko, O., Shporta, A., & Tymchenko, S. (2026). Modeling of deposit accumulation processes and optimization of their removal systems in main pipelines. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, (85), 114–126. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/85.114>
25. Wolicki, R. (2026). Case study: How advanced sensing and big data improve pipeline cleaning and flow assurance. *Journal of Petroleum Technology*, 78, 1–5. <https://doi.org/10.2118/0526-0007-JPT>
26. Rastsvietaiev, V., Aziukovskyi, O., Babenko, M., Vasylchenko, D., Yashyn, D. (2026). Innovative Approaches to Managing Deposit Formation Processes

in Main Pipeline Systems. *Collection of Research Paper of National Mining University*, 84, 149-160. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/84.149>

27. Rastsvietaiev, V.O., Yavorska, V.V., Vasylchenko, D.O., Yashyn, D.O., & Koroviaka, M.Ye. (2026). Justification of technological solutions for methods of prediction and control of deposits in trunk pipelines. *Technical Engineering*, 1(97), 498-506. [https://doi.org/10.26642/ten-2026-1\(97\)-498-506](https://doi.org/10.26642/ten-2026-1(97)-498-506)

28. Kejela, B., & Mekonnen, S. (2026). Advances in radiation sensor technologies for improvement of regulatory control and environmental monitoring systems. ECS Meeting Abstracts, MA2026-01, 2487. <https://doi.org/10.1149/MA2026-01522487mtgabs>

29. Пащенко, О.А., Судаков, А.К., Расцветаев, В.О., & Яворська, В.В. (2026). Розробка критеріїв оптимізації об'єму та конструкції резервуарів у нафтогазовій логістиці. Вісті Донецького гірничого інституту, 1(58), 20-30. <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2026-1-20-30>

30. Расцветаев, В.О., Азюковський, О.О., Пащенко, О.А., Яворська, В.В., Бабенко, М.В. (2025). Неруйнівні методи оцінки впливу газогідратів на міцність магістральних трубопроводів. *Технічна інженерія*, 2(96), 322-330. [https://doi.org/10.26642/ten-2025-2\(96\)-322-330](https://doi.org/10.26642/ten-2025-2(96)-322-330)

31. Rastsvietaiev, V., Kamyshatskyi, O., Petrenko, V., Dmytruk, O., & Vashchenko, I. (2026). Integration of digital technologies and environmentally sustainable solutions for optimizing hydrocarbon transportation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1630(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1630/1/012055>

32. Пащенко, О. А., Коровяка, Є. А., Хоменко, В. Л., & Расцветаев, В. О. (2026). Технологія прокладання трубопроводів методом горизонтально-направленого буріння. *Журфонд*.

33. Haddad, J., Alfaqs, F., Pashchenko, O., Khomenko, V., & Rastsvietaiev, V. (2026). Dynamics of the destruction of paraffin deposits in oil-gas systems under cyclic pressure. *Journal of Engineering and Applied Science*, 73(1), 160. <https://doi.org/10.1186/s44147-026-01007-5>

FIT TEST AND FIT CHECK AS ESSENTIAL COMPONENTS OF A RESPIRATORY PROTECTION PROGRAM FOR MEDICAL LABORATORY WORKERS

Ukibayeva Ulpan

bacteriologist, Reference Laboratory for the Control of Zoonotic Vector-Borne Diseases, “Scientific and Practical Center for Sanitary and Epidemiological Expertise and Monitoring” Branch of the National Center of Public Health, a state enterprise with the right of economic management under the Ministry of Healthcare of the Republic of Kazakhstan; Global Laboratory Leadership Programme (GLLP), Almaty, Kazakhstan

Nazym Tleumbetova

Head of the Reference Laboratory for the Control of Zoonotic Vector-Borne Diseases (especially dangerous infections), Master of Natural Sciences, “Scientific and Practical Center for Sanitary and Epidemiological Expertise and Monitoring” Branch of the National Center of Public Health, a state enterprise with the right of economic management under the Ministry of Healthcare of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

Ainagul Kuatbayeva

Candidate of Medical Sciences, highest-category physician; Director of the “Scientific and Practical Center for Sanitary and Epidemiological Expertise and Monitoring” Branch of the National Center of Public Health, Ministry of Healthcare of the Republic of Kazakhstan; Global Laboratory Leadership Programme (GLLP), Almaty, Kazakhstan.

Aksoltan Oradova

Candidate of Medical Sciences, chief Researcher, “Shared-Use Center” research Laboratory, S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University; Global Laboratory Leadership Programme (GLLP), Almaty, Kazakhstan.

ABSTRACT

The effectiveness of respiratory protection depends not only on a respirator’s filtration performance but also on how tightly it fits the face. This study aimed to substantiate the role of Fit Test and Fit Check in a respiratory protection program for medical laboratory workers in the Republic of Kazakhstan, based on an analysis of regulatory, standards-based, and methodological documents and scientific evidence. Nine groups of documents were functionally compared, and findings from published studies were synthesized. A successful Fit Check does not guarantee a passing Fit Test: according to Danyluk et al., quantitative fit testing was failed by 25% of inexperienced and 30% of experienced users who believed that the seal was adequate; according to

Cass et al., 30.5% of workers failed formal fit testing after a successful Fit Check. No single, detailed procedure for conducting Fit Tests was identified in Kazakhstan's binding regulatory acts, although both procedures are addressed in national methodological materials. An organizational model for respiratory protection is proposed, integrating risk assessment, respirator selection, Fit Test, training, Fit Check, documentation, and repeat testing.

Keywords: *Fit Test, Fit Check, User Seal Check, respiratory protection, respiratory protective equipment (RPE), N95, FFP2, medical laboratories, biosafety.*

INTRODUCTION

Laboratory biosafety is based on systematic risk management: the WHO Laboratory Biosafety Manual and the CDC/NIH guidance define control measures according to the characteristics of the agent, the nature of the procedure, routes of exposure, and risk assessment findings [1, 2]. The aerosol nature of exposure is particularly important for inhalation risks: infectious aerosols span a continuous range of particle sizes, and their transport depends on particle size, evaporation, airflow, ventilation, and exposure duration [3, 4]. This is especially relevant in laboratories during pipetting, centrifugation, and homogenization.

A respirator's filtration performance and the tightness of its facial seal are two distinct conditions for protection: air can bypass the filter through gaps along the sealing surface. Compliance of a product with N95, FFP2, or FFP3 requirements does not mean that a particular model and size are suitable for a particular user [9]. A Fit Test assesses the individual suitability of a tight-fitting facepiece, whereas a User Seal Check (Fit Check) is performed by the user every time the respirator is donned and, according to OSHA, does not replace a Fit Test [5–7]. ISO 16975-3:2017 treats fit testing as a component of a comprehensive respiratory protection program [8].

In Kazakhstan, regulation is distributed across several levels: Law No. 122-VII of the Republic of Kazakhstan “On Biological Safety” and Order No. KR DSM-125 establish the binding legal framework [15, 16], while Technical Regulation of the Customs Union TR CU 019/2011 governs the safety of personal protective equipment as products [17]. The 2022 manual Applied Laboratory Biosafety includes FIT-check and FIT-test in its training content and requires a fit check each time an N95/N99/FFP2/FFP3 respirator is donned [18]. It is therefore more accurate to state that these concepts are not absent from national practice, but that binding regulatory acts do not provide a detailed fit-specific procedure comparable to OSHA 29 CFR 1910.134 or ISO 16975-3.

The aim of this study was to compare requirements and recommendations for Fit Test and Fit Check across materials of different status, synthesize scientific evidence on their roles and limitations, and develop an organizational model for a respiratory protection program for medical and microbiological laboratories in the Republic of Kazakhstan. The novelty lies in functionally distinguishing three levels of protection—product compliance with requirements, individual confirmation of fit, and verification of correct donning on each occasion—and integrating them into a biological risk management model.

MATERIALS AND METHODS

The study was designed as a structured comparative regulatory review, involving functional comparison of documents of different status and an updated search for publications; the evidence was current as of 14 October 2026. The regulatory and standards corpus comprised nine blocks: OSHA 29 CFR 1910.134 and Appendices A and B-1; ISO 16975-3:2017; the WHO Laboratory Biosafety Manual and its monograph on personal protective equipment; CDC/NIOSH materials; EN 149:2001+A1:2009; ISO 15190:2020; ISO 35001:2019/Amd 1:2024; Law No. 122-VII of the Republic of Kazakhstan together with Order No. KR DSM-125; and TR CU 019/2011. Foreign and international documents were not treated as binding regulatory acts in the Republic of Kazakhstan. GOST 12.4.294-2015 (EN 149, MOD) was used to explain the technical level of product regulation, while the national methodological source was the 2022 manual Applied Laboratory Biosafety [18]. For each block, functional characteristics were recorded—including status and jurisdiction, object of regulation, Fit Test and Fit Check requirements, training, documentation, and applicability in Kazakhstan—rather than assigning scores.

Scientific publications were selected in two stages. The baseline corpus (January 2003–April 2022) was identified through the systematic review by Goko et al. [23]. To update the evidence, PubMed/MEDLINE was searched from 1 May 2022 to 14 October 2026 using the query (“fit test” OR QNFT OR QLFT) AND (“fit check” OR “user seal check”) AND (respirator OR N95 OR FFP2) AND (healthcare OR laboratory), together with targeted searches on respirator design, Fit Factor, and training. Peer-reviewed studies and systematic reviews involving users of tight-fitting respirators and assessing QLFT/QNFT, Fit Factor, User Seal Check, respirator design, or training were included. Studies limited to filter-material performance, studies of masks without a fit outcome, tests conducted without a user, letters, abstracts, and non-peer-reviewed sources were excluded. Quantitative pooling was not performed because of study heterogeneity; the synthesis was descriptive.

RESULTS AND DISCUSSION

OSHA 29 CFR 1910.134 provides the most detailed model of employer responsibilities, but it belongs to the US legal system: a Fit Test is conducted using the same make, model, style, and size of facepiece that will be used, before initial use, whenever the facepiece changes, and at least annually [5]. Appendix A regulates qualitative fit testing (QLFT) and quantitative fit testing (QNFT), while Appendix B-1 requires a User Seal Check each time a respirator is donned and prohibits using it as a substitute for a Fit Test [6, 7]. ISO 16975-3:2017 is an international standard for fit-testing procedures, covering Fit Tester competence, procedures, interpretation, and records; it remains in force as of 14 October 2026 [8].

WHO and CDC/NIOSH materials are methodological guidance, not binding regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan. They support risk-based PPE selection, distinguish qualitative and quantitative methods, and link repeat testing to changes in the model, make, or size and to changes in facial features or body weight [1, 9–11]. ISO 15190:2020 and ISO 35001:2019 provide an overarching framework

for safe laboratory practice and bio risk management [13, 14]. EN 149:2001+A1:2009 and GOST 12.4.294-2015 (MOD) address a different level of regulation—the requirements applicable to a filtering half mask as a product—in connection with TR CU 019/2011 [12]. Product technical certification and an individual Fit Test answer different questions.

Scientific evidence demonstrates the limitations of User Seal Check as a stand-alone criterion of respirator suitability. A systematic review by Goko et al. (25 sources selected from 561 identified publications) supported the inclusion of fit testing, fit checking, and training in a comprehensive program [23]. Subsequent studies have confirmed low agreement between subjective checks and QNFT [19–23, 25].

The functional comparison showed that the documents address different regulatory levels. TR CU 019/2011, EN 149, and GOST 12.4.294-2015 concern product safety; ISO 16975-3 and OSHA Appendix A concern individual fit testing; OSHA 29 CFR 1910.134 integrates medical evaluation, respirator selection, Fit Test, User Seal Check, training, and documentation; and WHO, CDC/NIOSH, ISO 15190, and ISO 35001 provide methodological and systems-level frameworks for risk management. The absence of fit-specific provisions in a product standard is not a deficiency; it reflects a different regulatory scope.

A respirator may meet technical requirements yet fail to provide an adequate seal for a particular worker. A Fit Test assesses the combination of “user–model–size,” and under OSHA, changing the size, type, model, or manufacturer requires a new Fit Test [5, 8]. A Fit Check detects obvious leakage during the current donning process but does not confirm respirator suitability. It must therefore be performed each time the respirator is donned, but not in place of QLFT or QNFT [7].

Empirical data support this distinction. In the study by Danyluk et al., among 643 users who believed their seal was adequate, 158 (25%) failed QNFT and 92 (14%) failed QLFT. Among 137 experienced users, 30% failed QNFT and 22% failed QLFT [19].

In a study by Cass et al. involving 167 intensive care unit workers, the first N95 respirator subjectively judged to have passed the User Seal Check failed formal fit testing in 51 individuals (30.5%; 95% CI, 23.7–38.1%) [20]. In a study by Williams et al. involving 96 anesthesiologists, QNFT success rates were 77% and 65% for two N95 models, while Cohen’s kappa coefficients for agreement between User Seal Check and QNFT were 0.16 and 0.08 [21]. In a 2025 study by Sawada et al. involving 37 emergency medical service workers, kappa values for three N95 models were –0.072, 0.11, and 0.013 [25]. These findings do not support using a positive Fit Check as a criterion for authorizing use of a specific respirator model.

Respirator design is a separate factor. According to a synthesis of 29 QNFT studies [24], fit testing was passed in 80.8% of 4,625 tests involving three-panel foldable models with head straps, 72.4% of 8,234 tests involving rigid cup-shaped models, 31.6% of 2,120 tests involving duckbill models, 30.9% of 3,392 tests involving coffee-filter-shaped models, and 3.6% of 222 tests involving models with ear loops. These figures should not be generalized to every commercial model, but they support the need to provide several models and sizes for individual selection.

Training also affects fit. In a study by Li et al. (2026; 42 participants), the median Fit Factor increased from 28 to 143.5 immediately after training, and was 130 after two weeks and 126 after three months ($p < 0.001$). At three months, video-based and in-person training performed better than written instructions ($p = 0.029$) [26]. Training is the development of a practical skill, not merely familiarization with written instructions.

Kazakhstan already has a binding framework (Law No. 122-VII of the Republic of Kazakhstan, Order No. KP ДСМ-125, and TR CU 019/2011) [15–17, 27–28], and the 2022 national manual includes FIT-check and FIT-test [18]. It would therefore be incorrect to claim that these procedures are entirely absent. At the same time, the binding regulatory acts reviewed did not contain a single detailed procedure specifying when the initial Fit Test should be conducted, the frequency of repeat testing, QLFT/QNFT methods, pass criteria, Fit Tester competence, required record content, or triggers for reassessment. This conclusion concerns operational fit-specific regulation, not the general regulation of respiratory protective equipment (RPE) or biosafety.

The organizational model for a laboratory respiratory protection program is presented in Table 1. Fit Test is linked to a specific model and size, Fit Check is performed every time the respirator is donned, and a change in model, size, manufacturer, or a significant change in facial features requires a new Fit Test.

Table 1.
Organizational Model for a Medical Laboratory Respiratory Protection Program

Stage	Content	Verification outcome
1	2	3
Biological risk assessment	Biological agent, procedure, aerosol generation, engineering and administrative controls	Decision on the need for and type of RPE
Establishing an RPE selection pool	Several acceptable models and sizes	A genuine opportunity for individual selection
Medical evaluation	Assessment of the ability to use the selected respirator type safely, where this requirement applies	Clearance to use the relevant type of RPE
Fit Test	QLFT or QNFT for a specific model and size	Pass/Fail; Fit Factor for QNFT
Practical training	Donning, doffing, adjustment, Fit Check, and actions to take if leakage occurs	Demonstrated practical competence

Continuation of Table 1.

Stage	Content	Verification outcome
1	2	3
Fit Check	Seal check in accordance with the manufacturer's instructions	Performed every time the respirator is donned
Repeat Fit Test	Following a change in model/size and other specified triggers; frequency determined by the applicable program	Updated individual clearance
Documentation and audit	Date, method, model, size, result, training, and product availability	Traceability and corrective action

For each tested configuration, the record should include the user, manufacturer, model, size, method, date, and result (Fit Factor for QNFT). Internal audits should compare these records with the RPE issued and verify the availability of the models and sizes for which each worker passed testing.

Study Limitations

This study is a structured comparative regulatory review. For 2003–2022, it relied on a published systematic review; therefore, a quantitative assessment of risk of bias and a PRISMA flow diagram were not produced. The documents differ in legal force and purpose, so the findings do not constitute a legal ranking of those documents. Most studies were conducted outside Kazakhstan and assessed Fit Factor, QLFT/QNFT, and agreement with User Seal Check rather than the incidence of laboratory-acquired infections.

CONCLUSIONS

A tight facial seal is an independent prerequisite for the effective use of a tight-fitting respirator. Compliance of a product with the N95, FFP2, or FFP3 class characterizes the product but does not confirm that a specific model and size are suitable for an individual user.

A Fit Test establishes the individual suitability of a particular model and size through a standardized procedure; a Fit Check verifies the seal during the current donning process and must be repeated every time the respirator is used. A successful User Seal Check may coexist with an unsatisfactory QLFT/QNFT result and therefore cannot replace formal Fit Test [19–21, 25].

Regulatory and methodological materials (OSHA, ISO, WHO, CDC/NIOSH, EN 149, regulatory acts of the Republic of Kazakhstan, and TR CU 019/2011) are not interchangeable and should be compared according to their status and function. Kazakhstan has a legal framework for biosafety and technical regulation of RPE, and the national manual addresses FIT-check and FIT-test; however, no unified fit-specific procedure for laboratory workers was identified in the binding acts with respect to methods, frequency, criteria, Fit Tester competence, and documentation.

A laboratory respiratory protection program should integrate biological risk assessment, a pool of models and sizes, medical evaluation where required, Fit Test for a specific configuration, practical training, Fit Check each time the respirator is donned, documentation, auditing, and repeat testing. Such a program could serve as a basis for local standard operating procedures (SOPs) and for improving national methodological requirements.

References

1. World Health Organization. Laboratory Biosafety Manual. 4th ed. Geneva: World Health Organization; 2020. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311>
2. Meehan P.J., Potts J. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories. 6th ed. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention; 2020. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/97733>
3. Fennelly K.P. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control // The Lancet Respiratory Medicine. 2020. Vol. 8, No. 9. P. 914-924. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213260020303234>
4. Tellier R., Li Y., Cowling B.J., Tang J.W. Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary // BMC Infectious Diseases. 2019. Vol. 19, No. 1. Article 101. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12879-019-3707-y>
5. Occupational Safety and Health Administration. 29 CFR 1910.134. Respiratory Protection. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.134>
6. Occupational Safety and Health Administration. Appendix A to 29 CFR 1910.134. Fit Testing Procedures (Mandatory). U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.134AppA>
7. Occupational Safety and Health Administration. Appendix B-1 to 29 CFR 1910.134. User Seal Check Procedures (Mandatory). U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.134AppB1>
8. International Organization for Standardization. ISO 16975-3:2017. Respiratory protective devices - Selection, use and maintenance - Part 3: Fit-testing procedures. Geneva: ISO; 2017. <https://www.iso.org/standard/64513.html>
9. World Health Organization. Laboratory Biosafety Manual, 4th edition: Personal Protective Equipment. Geneva: World Health Organization; 2020. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011410>
10. National Institute for Occupational Safety and Health. Fit Testing. Centers for Disease Control and Prevention. Updated February 3, 2025. <https://www.cdc.gov/niosh/ppe/respirators/fit-testing.html>
11. National Institute for Occupational Safety and Health. Hospital Respiratory Protection Program Toolkit: Resources for Respiratory Program Administrators. DHHS (NIOSH) Publication No. 2015-117. Revised April 2022. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services; 2022. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/116121>

12. European Committee for Standardization. EN 149:2001+A1:2009. Respiratory protective devices - Filtering half masks to protect against particles - Requirements, testing, marking. Brussels: CEN; 2009. <https://www.nen.nl/en/nen-en-149-2001-a1-2009-en-135308>

13. International Organization for Standardization. ISO 15190:2020. Medical laboratories-Requirements for safety. Geneva: ISO; 2020. <https://www.iso.org/standard/72191.html>

14. International Organization for Standardization. ISO 35001:2019. Biorisk management for laboratories and other related organisations. Geneva: ISO; 2019. Amendment1:2024, Climate action changes. <https://www.iso.org/standard/71293.html>

15. On Biological Safety of the Republic of Kazakhstan: Law of the Republic of Kazakhstan dated 21 May 2022 No. 122-VII (as amended). «Adilet» Legal Information System. <https://old.adilet.zan.kz/rus/docs/Z2200000122>

16. On Approval of the Rules for Ensuring Biological Protection: Order of the Minister of Healthcare of the Republic of Kazakhstan dated 2 November 2022 No. КР ДСМ-125. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on 3 November 2022, № 30388. «Adilet» Legal Information System. <https://old.adilet.zan.kz/rus/docs/V2200030388>

17. On the Adoption of the Customs Union Technical Regulation “On the Safety of Personal Protective Equipment” (TR CU 019/2011): Decision of the Customs Union Commission dated 9 December 2011 No. 878 (as amended). «Adilet» Legal Information System. <https://old.adilet.zan.kz/rus/docs/H11T0000878>

18. Turegeldiyeva D.A., Syzdykov M.S., Yerubayev Zh.T., Kuznetsov A.N., Turebekov N.A. Applied Laboratory Biosafety: A Teaching Manual. Edited by TK Yerubayev. Almaty: Masgut Aikimbayev National Scientific Center for Especially Dangerous Infections; 2022.

19. Danyluk Q., Hon C.Y., Neudorf M., Yassi A., Bryce E., Janssen B., Astrakianakis G. Health care workers and respiratory protection: is the user seal check a surrogate for respirator fit-testing? // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2011. Vol. 8, No. 5. P. 267-270. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21462067/>

20. Cass H.G., Hanlon G.C., McKenzie D.P., Harley N.S., Kelly D.N., Barrett J.A. The adequacy of user seal checking for N95 respirators compared to formal fit testing: a multicentred observational study // Australian Critical Care. 2023. Vol. 36, No. 5. P. 787-792. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1036731422001229>

21. Williams D.L., Kave B., Lee K., Segal R., Krieser R.B., Mezzavia P.M., Ng I. A randomised crossover study to compare the user seal check and quantitative fit test between two types of duckbill N95 particulate respirator masks: The Halyard Fluidshield® N95 and the BSN Medical ProShield® N-95 particulate respirator masks // Anaesthesia and Intensive Care. 2021. Vol. 49, No. 2. P. 112-118. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0310057X20974022>

22. Chan J.K., Yep K.H., Magarey S., Keon-Cohen Z., Acheson M. Fit Testing Disposable P2/N95 Respirators during COVID-19 in Victoria, Australia: Fit Check Evaluation, Failure Rates, and a Survey of Healthcare Workers // COVID. 2021. Vol. 1, No. 1. P. 83-96. <https://www.mdpi.com/2673-8112/1/1/7>

23. Goko C., Forster E., Mason M., Zimmerman P.-A. Effectiveness of fit testing versus fit checking for healthcare workers respiratory protective equipment: A systematic review // International Journal of Nursing Sciences. 2023. Vol. 10, No. 4. P. 568-578. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352013223001047>
24. Knobloch J.K., Franke G., Knobloch M.J., Knobling B., Kampf G. Overview of tight fit and infection prevention benefits of respirators (filtering face pieces) // Journal of Hospital Infection. 2023. Vol. 134. P. 89-96. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195670123000300>
25. Sawada H., Kakine M., Kubota Y., Sekine K., Hiraide A. Evaluation of the protective efficacy of a user seal check for N95 respirators through quantitative fit testing in an ambulance crew // Scientific Reports. 2025. Vol. 15. Article 34451. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-17616-8>
26. Li H.-H., Chiu L.-C., Weng H.-I., Wan G.-H. Temporal effects of educational interventions on fit and knowledge retention of N95 filtering facepiece respirator under rest and exertion // Annals of Work Exposures and Health. 2026. Vol. 70, No. 5. Article wxag053. <https://academic.oup.com/annweh/article-abstract/70/5/wxag053/8728463>
27. On Amendments to the Customs Union Technical Regulation “On the Safety of Personal Protective Equipment” (TR CU 019/2011): Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated 13 March 2026 № 40. «Adilet» Legal Information System. <https://old.adilet.zan.kz/rus/docs/H26EV000040>
28. On the Procedure for Bringing Amendments to the Customs Union Technical Regulation “On the Safety of Personal Protective Equipment” (TR CU 019/2011) into Force: Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission dated 8 September 2026 № 115. «Adilet» Legal Information System. <https://old.adilet.zan.kz/rus/docs/H26EK000115>

ПІДМЕТИ-СЛОВОСПОЛУЧЕННЯ В УКРАЇНСЬКОМУ ХУДОЖНЬОМУ ДИСКУРСІ

Максим'юк Оксана Василівна,

кандидат філологічних наук, доцент
кафедри сучасної української мови

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Члени речення, виражені конструкціями, що існують у системі мови як вільні словосполучення, а на комунікативному рівні розглядаються як один компонент, тобто така синтаксична категорія, що виражає відношення між структурними елементами речення, є предметом нашого дослідження.

Основною формою граматичного вираження підмета в українській мові є називний відмінок іменника, субстантивовані слова, які набувають у реченні синтаксичних властивостей іменника, а також неозначена форма дієслова. Крім цього, підмет може бути виражений і словосполученням.

Вихованець І. Р. зазначає, що поряд із простим підметом зустрічаються словосполучення, які стали настільки тісними й синтаксично нерозкладними, що почали виконувати функції складених підметів. Автор здебільшого зазначає у групі підмета сполучення кількісного числівника з іменником [1]. У випадках, коли складений підмет виражений сполученням кількісного числівника *два, три, чотири* з іменником, останній стоїть у формі називного відмінка множини, напр.: *Далі **два чоловіки** так само мовчки взяли Дмитрика за руки-ноги й розправили зверху на дошках* (М. Матіос). *Третій день **три брати**, перемерзли й змучені, місили лісові стежки й нетрі* (М. Матіос). *Чорними клубками, згинаючись, на нього котились **чотири постаті*** (М. Стельмах). У сполученні з іншими кількісними числівниками, а також зі збірними числівниками іменник вживається в родовому відмінку множини, напр.: *Потім виїхали на арену одразу **четверо вершників**, стоячи на сідлах* (З. Тулуб).

Окрему групу підметів становлять відчислівникові іменники, що мають мають кількісне значення, типу *сотня, десяток, трійка*: ... ***І сотня тисяч відьм** помчати на Лису гору* (О. Забужко). *Майнули в повітрі **десятки крил** – і голубина згряя знялася в блакить* (О. Довженко)

Аналогічно складеними підметами виступають сполучення іменників з неозначено-кількісними словами типу *багато, чимало, мало, трохи, скільки, стільки, кілька* та ін. *Набиралося **чимало** канцелярської **роботи**, що доведеться посидіти допізна* (Ірина Вільде). ***Скільки днів** пройшло з тих пір...* (В. Сосюра) ***І справді, чимало людей** під'їхало до хати* (О. Довженко).

У ролі складеного підмета виділяємо також сполучення іменника (або субстантивованого слова) у називному відмінку з іменником (або субстантивованим словом) у родовому відмінку з прийменником *з*. Обидва іменники у конструкціях такого типу є повнозначними. Іменник у називному відмінку є опорним, займає граматично незалежну позицію, а іменник в

орудному відмінку – відповідно залежну на основі підрядного зв'язку. Проте залежна позиція не послаблює лексичного значення другого іменникового компонента. Наприклад: *За одну мить майдан осиротів, залишилися тільки староста з поліцією* (Г. Тютюнник). *Але Павло з Доцькою були якісь такі потайні, що мамі залишалася лише глибока лють та безсловесний подив, коли рано-вранці син із невісткою бралися до роботи так гостро, ніби хотіли швидше докотити день до вечора* (М. Матіос). *Павло ж з Оксентієм до полювання були байдужі* (М. Матіос).

В окремий тип складеного підмета мовознавець виділяє форми, до складу яких не входить жодне слово в називному відмінку. Форму складеного підмета творить сполучення кількісного числівника (або іншого слова з кількісним значенням) у знахідному або родовому відмінку з прийменниками *понад, по, близько, до* та іменника в родовому відмінку. Прийменники завжди передують слову з кількісною семантикою і надають сполученню певного додаткового значення (прийменники *понад, близько, до* – значення приблизності, а прийменник *по* – розподільного значення). Напр.: *Тут буває по дві-три посівні кампанії... на рік без єдиної збиральної* (О. Довженко).

Питання про різні граматичні форми вираження підмета, у тому числі й словосполученнями, частково знайшло вже висвітлення в лінгвістичній літературі, проте воно ще потребує детальнішого вивчення. Зокрема загальних питань цієї проблеми торкаються у своїх працях Білодід І. К., Булаховський Л. А., Кулик В. М., Загнітко А. П., Гуйванюк Н. В. та ін.

Явір В. В. у статті «Складні випадки визначення членів речення, виражених словосполученням» зазначає, що українській мові властиві семантично місткі синкретичні процеси, за допомогою яких виражаються складні зв'язки й відношення між явищами дійсності [2]. Водночас дослідниця зосереджується переважно на загальних синтаксичних функціях аналітичних сполук у реченні, проте не розглядає специфіку синтаксичної природи нерозкладних компонентів та залишає поза увагою явище стійкої позиційної зв'язаності як особливого типу синтаксичного зв'язку. Тому визначення членів речення, у яких реалізуються ці явища, становить труднощі під час граматичного аналізу простого речення не тільки для учнів середніх шкіл, а й студентів-філологів. Тому ця проблема є актуальною та потребує ґрунтовнішого вивчення.

Отже, аналіз фактичного матеріалу засвідчує, що підметами можуть бути словосполучення двох типів: синтаксично неподільні та семантично неподільні.

Словосполучення, що виконують функцію підметів, розглядають як за структурою, так і за семантикою. І синтаксично неподільні, і семантично неподільні словосполучення варто розглядати як один член речення, бо розчленування їх часто призводить до порушення смислової та граматичної цілісності. Словосполучення, які перебувають у процесі граматикалізації, теж трактуються як один член речення – підмет.

Список літератури

1. Вихованець І. Р. Граматика української мови: Синтаксис. Київ : Либідь, 1993. 365 с.
2. Явір В. В. Складні випадки визначення членів речення, виражених словосполученнями. *Українська мова та література в школі*. 1986. № 8. С. 70–75.

DIGITAL TOOLS FOR DEVELOPING EMOTIONAL AWARENESS IN PSYCHOLOGICAL SUPPORT: POSSIBILITIES FOR APPLYING THE ELHM METHOD

Lebediev Yevhenii

Master's degree student

H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University

Kharkiv, Ukraine

The digital transformation of society has substantially expanded the possibilities of psychological assistance and changed the ways professionals interact with clients. Online consultations, mobile applications, electronic questionnaires, digital journals, video communication platforms, and remote monitoring tools make it possible to maintain psychological support regardless of a person's location and create new opportunities for systematic work between consultations.

H. M. Aliksieieva, I. O. Cherezova, O. V. Antonenko, and O. S. Ovsianikov consider digital technologies an important component of contemporary psychological practice and the professional training of future psychologists. The authors analyze the use of video communication platforms, digital psychodiagnostic tools, online questionnaires, and interactive services in the provision of psychological assistance [1]. This supports the view that the digital environment is not merely a technical communication channel, but also a distinct space for organizing psychological support.

Alongside the technological dimension, the content of psychological work carried out in the digital environment remains critically important. One promising direction is the development of clients' emotional awareness. Emotional awareness involves the ability to notice one's own experiences, recognize internal states, relate them to life situations, and understand the connections among feelings, thoughts, and behavioral responses.

In T. Dunaievsk's study of pedagogical technologies for developing awareness and emotional resilience, conscious attention to one's internal state is considered in relation to the development of psychological resilience [2]. In the context of psychological support, this approach may also be applied to work with adult clients, because the ability to observe and interpret one's own experiences is important for self-reflection and informed decision-making.

Digital tools can create additional conditions for regular self-observation. M. O. Zhytynska, analyzing the role of digital technologies in socio-psychological support for young people, highlights the use of mobile applications, remote communication formats, and digital psychological support resources [3]. Such tools can help maintain contact with users, increase the responsiveness of support, and improve access to psychological assistance.

These possibilities become especially significant when a digital tool is used not only to transmit information, but also to organize the process of self-reflection. In T. Dunaievsk's research on emotional-intuitive approaches in coaching and the

professional identity of women coaches, attention is focused on the emotional–intuitive dimension of professional activity and on personal barriers [4]. For digital psychological support, this is relevant because technological solutions need to be combined with a person's conscious engagement with their own inner experience.

Remote psychological assistance is particularly relevant for people experiencing crisis or traumatic circumstances. A. M. Osmanova and O. O. Drobilenko, examining the psychological state of people affected by war, consider online counseling as one possible format of psychological support [5]. Their work emphasizes the importance of accessible remote forms of interaction for clients whose access to in-person assistance may be limited by relocation, place of residence, or other circumstances.

At the same time, the digitalization of psychological assistance does not reduce the importance of interpersonal interaction. Psychological support remains a process in which communication, trust, and understanding of individual characteristics play a central role. In the work of V. O. Savchuk, T. O. Dunaievska, and M. V. Polenkova on leadership psychology and team building, the authors examine psychological aspects of human interaction, communication processes, and interpersonal relationships [6]. Although the study primarily focuses on leadership and teamwork, some of its conclusions regarding the importance of effective communication can also be applied to psychological support.

One of the practical tasks of digital psychological support is the structured collection of information about a client's current state and needs. I. V. Yenhalycheva and D. V. Derevianko systematize digital tools for assessing clients' needs, including online questionnaires, information and analytical systems, mobile applications, and remote interaction platforms [7]. Their use requires attention to professionals' digital competence, technical conditions, and the protection of personal data.

In psychological practice, a similar principle can be implemented through a digital feelings journal completed by the client between consultations. Its purpose is not to provide automated diagnosis or interpretation of a person's condition, but to organize self-observation in a clear and consistent way.

Such a journal may include structured recording of the situation, the internal experience, accompanying thoughts, behavioral responses, possible sources of the feeling, and changes that occur after the experience is consciously examined. Regular entries make it possible to preserve information closer to the moment when an experience occurs, rather than relying exclusively on retrospective recall during the next consultation.

A practically oriented approach to structured work with emotional experience is presented in T. Dunaievska's study of the implementation of the Emotional-Level Happiness Management (ELHM) method in a coaching-based program for women before, during, and after divorce [8]. For digital psychological support, the key point is the principle of systematic attention to the client's emotional experience, which may potentially be adapted to a digital format.

Another important issue is the preservation of professional boundaries and therapeutic contact in remote interaction. A. M. Osmanova, analyzing online counseling and psychotherapy within crisis psychological assistance, emphasizes the

importance of the therapeutic alliance, the adaptation of traditional methods to the digital environment, and the ethical and technical aspects of remote work [9]. Therefore, a digital tool should be viewed as a supportive component of psychological assistance rather than a substitute for professional interaction between psychologist and client.

The potential application of ELHM in a digital format is primarily associated with the structured development of emotional awareness. In T. Dunaievska's work on ELHM in the context of maternal emotional regulation, parent–child interaction, and the family emotional environment, the method is presented as a methodological framework for working with emotional processes [10]. This broadens the possibilities for considering ELHM not only in individual practice, but also in the context of interpersonal relationships.

The experience of using digital technologies in remote socio-psychological support is also important. S. Petrenko examines information and digital technologies for providing remote socio-psychological support to children and young people [11]. This format demonstrates the potential of digital resources to preserve access to psychological assistance in situations where the client and specialist cannot be physically present in the same place.

The effectiveness of a digital tool, however, depends not only on its technical functionality, but also on a person's readiness to use it. K. Halkina, studying psychological factors of trust in self-help programs in the context of digitalized psychological assistance, draws attention to trust and to users' psychological and digital literacy [12]. These factors should be considered when designing a digital feelings journal: its purpose and limitations should be clear, and it should not create the impression that it performs automated psychological diagnosis.

Remote psychological counseling has also been studied in relation to psychological resilience. T. Borozenstseva and co-authors analyze the influence of remote psychological counseling on the resilience of residents of Ukraine's frontline regions [13]. Such research supports the relevance of further developing remote formats of psychological assistance and tools that can complement counseling work between direct meetings with a psychologist.

The theoretical basis for the model proposed in this study may be the author's method Emotional-Level Happiness Management (ELHM): The 7 Feelings System for Emotional Regulation and Personal Transformation, systematically presented by T. Dunaievska in her monograph [14]. The method involves structured work with feelings and their conscious understanding, which creates opportunities for adapting some of its principles to a digital format of psychological support.

Based on the analyzed sources, the following conceptual model for the digital development of emotional awareness is proposed: recording the situation → identifying the feeling → understanding the context in which it arose → recording thoughts and reactions → exploring the subjective meaning of the experience → preserving the results of self-observation → professional discussion with a psychologist → monitoring changes over time.

In a digital environment, this model can be implemented as an electronic journal or as a specialized module within a psychological support platform. The user may be guided through a sequence of structured questions, for example: “What am I feeling right now?”, “What situation preceded this state?”, “What is this feeling connected with for me?”, “What thoughts arose?”, “How did I respond?”, and “What became clearer after I consciously examined this experience?”.

A separate component of the digital tool may be designed to help users systematize their feelings in accordance with the logic of the ELHM 7 Feelings System. At the same time, the digital system should not independently determine a person’s psychological state or generate clinical conclusions. Its role is to provide a structure for self-observation and to accumulate material that can later be discussed with a psychologist.

One advantage of a digital journal is the possibility of observing change over time. If a client records experiences over a certain period, recurring situations, the frequency of particular feelings, typical response patterns, and subjective changes in the understanding of one’s own state can become more visible. This material may help the psychologist formulate more precise questions during consultations and draw the client’s attention to patterns that may be difficult to notice from a single retrospective account.

It may also be useful to include a brief pre-consultation summary in which the client independently identifies the most important experiences from a given period. This preserves the client’s active role in the psychological process and reduces the risk that the digital system will interpret the client’s experience on their behalf.

The implementation of such tools requires several conditions. First, users should understand the purpose of the digital journal and the limits of what it can do. Second, confidentiality and personal data protection must be ensured. Third, digital tools should complement professional psychological support rather than replace it. Fourth, further empirical testing is needed to determine the extent to which the proposed model supports the development of emotional awareness in different groups of clients.

A particularly promising direction is the piloting of such a digital tool in psychological support for adult clients who regularly receive counseling. A study could assess indicators of emotional awareness before the use of the journal and after a defined period of use, while also examining users’ subjective perceptions of the convenience and usefulness of the digital format.

Thus, contemporary digital technologies make it possible to move beyond using the online environment solely as a communication channel and toward the development of a more comprehensive system of psychological support. Digital tools can promote regular self-observation, structured recording of experiences, and the accumulation of material for further work with a psychologist.

Integrating selected ELHM principles into a digital feelings journal may represent one direction for the further development of such systems. The proposed model is not intended to replace professional psychological assistance and requires further empirical testing. Its potential lies in combining the capabilities of digital technologies with systematic work aimed at developing the client’s emotional awareness.

References

1. Alieksieieva H. M., Cherezova I. O., Antonenko O. V., Ovsiannikov O. S. Digital technologies in the training of future psychologists for psychological assistance in crisis situations. *Molod i rynek*. 2026. No. 5 (249). P. 87–94. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2026.353772>
2. Dunaievskaya T. O. Pedagogical Technologies for Forming Awareness and Emotional Resilience in the Educational Process. *Academic Notes. Series: Pedagogical Sciences*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-221-169-173>
3. Zhytynska M. O. The role of digital technologies and communications in providing socio-psychological support to young people in contemporary conditions. *Mental Health*. 2025. No. 2. P. 30–36. DOI: <https://doi.org/10.32782/3041-2005/2025-2.6>
4. Dunaievskaya T. Emotional–Intuitive Approaches in Coaching: Barriers and Professional Identity of Women Coaches in Academic and Corporate Contexts. *Economics and Education*. 2026. DOI: <https://doi.org/10.30525/2500-946X/2026-1-9>
5. Osmanova A. M., Drobilenko O. O. Empirical study of the psychological state of persons affected by war as a basis for implementing online counseling. *Slobozhanskyi Scientific Bulletin. Series: Psychology*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.32782/psyspu/2025.2.20>
6. Savchuk V. O., Dunaievskaya T. O., Polenkova M. V. Leadership Psychology and Team Building. *Humanitarian Forum*. 2025. Vol. 3, No. 2. DOI: [https://doi.org/10.60022/3\(2\)-9-GF](https://doi.org/10.60022/3(2)-9-GF)
7. Yenhalycheva I. V., Derevianko D. V. Digital tools for assessing clients' needs in the social services system. *Public Administration and Social Work*. 2026. Vol. 1. P. 101–107. DOI: <https://doi.org/10.32782/3041-1319/2026-1-14>
8. Dunaievskaya T. Implementing the Emotional-Level Happiness Management (ELHM) Method: a Coaching-Based Emotional Regulation Program for Women Before, During, and After Divorce. *International Science Journal of Education & Linguistics*. 2026. DOI: <https://doi.org/10.46299/j.isjel.20260503.02>
9. Osmanova A. M. Conceptual approaches to online counseling and psychotherapy in the system of crisis psychological assistance. *Mental Health*. 2025. No. 4. P. 145–150. DOI: <https://doi.org/10.32782/3041-2005/2025-4.24>
10. Dunaievskaya T. Emotional-Level Happiness Management (ELHM) for Maternal Emotional Regulation: A Methodological Framework with Implications for Parent–Child Interaction and the Family Emotional Environment. *AISI Journal of Sensory Integration and Child Development*. 2026. DOI: <https://doi.org/10.68388/aisi-j.si.v1i2-3.05>
11. Petrenko S. Information and digital technologies for providing remote socio-psychological support to children and young people. *Social Work and Social Education*. 2023. No. 2 (11). DOI: [https://doi.org/10.31499/2618-0715.2\(11\).2023.294352](https://doi.org/10.31499/2618-0715.2(11).2023.294352)
12. Halkina K. Psychological factors of trust in self-help programs in the context of digitalization of psychological assistance. *Psychology Travelogs*. 2026. No. 3. P. 261–276. DOI: <https://doi.org/10.31891/PT-2026-3-20>

13. Borozenstseva T., Mostova T., Svidenska H., Sidenko Yu. et al. The influence of remote psychological counseling on the resilience of residents of Ukraine's frontline regions. Theoretical and Applied Problems of Psychology. 2025. DOI: <https://doi.org/10.33216/2219-2654-2025-67-2-5-17>
14. Dunaievskaya T. Emotional-Level Happiness Management (ELHM): The 7 Feelings System for Emotional Regulation and Personal Transformation. 2026. DOI: <https://doi.org/10.46299/979-8-90600-150-4>

ПСИХІЧНІ МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ ОСОБИСТОСТІ В УМОВАХ АГРЕСИВНОЇ ВІЙНИ

Іванов Валерій Валерійович

PhD / доктор філософії

Викладач психолого-педагогічних дисциплін

Комунальний заклад “Балтський педагогічний фаховий коледж”

Одеська обл., м. Балта

Крижановська Анна-Марія Олександрівна

Здобувачка 3-го курсу

Комунальний заклад “Балтський педагогічний фаховий коледж”

Одеська обл., м. Балта

Актуальність дослідження. В умовах повномасштабної війни проблема психічного розвитку особистості набуває особливого значення. Постійна загроза життю, втрата близьких, вимушене переміщення, руйнування звичного способу життя та інформаційне перевантаження створюють значне психологічне навантаження на людину. Водночас особистість не лише зазнає негативного впливу травматичних обставин, а й мобілізує внутрішні ресурси, переосмислює життєві цінності, формує нові стратегії поведінки та способи взаємодії із соціальним середовищем.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, приблизно 22 % людей, які пережили війну або збройний конфлікт протягом попередніх десяти років, можуть мати психічні розлади, зокрема депресивні, тривожні та посттравматичні стресові розлади [1]. Це підкреслює необхідність дослідження психологічних механізмів, які забезпечують адаптацію людини до тривалих кризових обставин, підтримують її психічне здоров'я та сприяють подальшому особистісному розвитку.

Мета дослідження – теоретично проаналізувати основні психічні механізми розвитку особистості в умовах агресивної війни та визначити психологічні ресурси, що сприяють адаптації, збереженню внутрішньої рівноваги й формуванню життєстійкості.

Виклад основного матеріалу. Розвиток особистості є складним і безперервним процесом, що охоплює зміни самосвідомості, емоційної сфери, мотивації, ціннісних орієнтацій, способів мислення та поведінки. В умовах війни цей процес відбувається під впливом надзвичайно сильних зовнішніх чинників, які можуть як ускладнювати особистісне становлення, так і спонукати людину до переоцінювання власного досвіду, пріоритетів і життєвих цілей.

Одним із провідних механізмів реагування на воєнні загрози є емоційна саморегуляція. Вона передбачає усвідомлення власних емоцій, розуміння причин їх виникнення та використання конструктивних способів керування емоційними станами. Здатність розпізнавати страх, тривогу, гнів, розгубленість

і напруження дає змогу людині краще контролювати поведінку, приймати обґрунтовані рішення та зберігати взаємодію з іншими людьми. Водночас тривале перебування в умовах небезпеки може виснажувати ресурси саморегуляції, що зумовлює потребу в психологічній підтримці та відновленні.

Важливу роль у розвитку особистості відіграють когнітивні механізми, зокрема оцінювання ситуації, осмислення подій, переосмислення переконань і пошук способів подолання труднощів. Сприйняття загроз, оцінювання власних можливостей і прогнозування наслідків впливають на емоційні реакції та поведінкові рішення. Здатність відокремлювати факти від припущень, критично оцінювати інформацію та зосереджуватися на доступних діях допомагає зменшувати відчуття безпорадності. Однак когнітивне переосмислення не означає заперечення небезпеки чи знецінення пережитого досвіду, а передбачає пошук реалістичних способів реагування на складні обставини.

Особливе значення має мотиваційно-ціннісний механізм, пов'язаний із формуванням життєвих смислів, усвідомленням особистої відповідальності та визначенням пріоритетів. В умовах війни людина може по-новому оцінювати значення родини, свободи, безпеки, професійної діяльності, взаємодопомоги й громадянської відповідальності. Усвідомлення власних цінностей допомагає підтримувати внутрішню цілісність, визначати реалістичні цілі та знаходити підстави для подальшої діяльності навіть за невизначеності майбутнього.

Одним із важливих ресурсів особистісного розвитку є резильєнтність, яку розглядають як здатність адаптуватися до складних життєвих обставин, мобілізувати внутрішні й зовнішні ресурси та поступово відновлювати психологічну рівновагу. Дослідження психологічної стійкості українських студентів засвідчують значущість соціальної підтримки, саморегуляції, психологічної компетентності та ціннісно-смилових ресурсів у подоланні наслідків війни [2]. Резильєнтність не означає відсутності страху, болю чи втоми. Навпаки, вона передбачає можливість переживати складні емоції, звертатися по допомогу й відновлювати здатність до повсякденної діяльності.

Не менш важливим механізмом є соціальна взаємодія та ідентифікація з групою. Підтримка родини, друзів, однолітків, педагогів і професійної спільноти сприяє відчуттю належності, безпеки та значущості. Спільна діяльність, волонтерство, взаємодопомога й участь у житті громади можуть посилювати відчуття особистої дієздатності. Для молоді особливо важливими є можливості навчатися, спілкуватися, реалізовувати власні здібності та брати участь у діяльності, що має зрозумілу суспільну цінність.

У контексті розвитку особистості необхідно враховувати й механізми посттравматичного особистісного зростання. Переживання кризових подій іноді супроводжується поглибленням самопізнання, зміною життєвих пріоритетів, зміцненням міжособистісних зв'язків і переосмисленням власних можливостей. Проте такі зміни не є обов'язковим наслідком травматичного досвіду. Особистісне зростання не заперечує психологічних втрат і не повинно ставати вимогою до людини, яка переживає війну.

Особливої уваги потребує розвиток особистості здобувачів освіти. В освітньому середовищі важливо створювати умови для емоційної безпеки, передбачуваності, підтримувальної комунікації та збереження соціальних зв'язків. Педагогічні працівники й фахівці психологічної служби можуть сприяти розвитку навичок саморегуляції, конструктивного спілкування, критичного мислення та звернення по допомогу. Важливо забезпечувати можливість обговорення переживань без примусу до розкриття травматичного досвіду, а за наявності стійких або виражених симптомів психологічного неблагополуччя – організовувати звернення до кваліфікованих фахівців. Всесвітня організація охорони здоров'я наголошує на значенні психологічної першої допомоги, соціальної підтримки та доступності спеціалізованих послуг у надзвичайних ситуаціях [1; 3].

Висновки. Отже, психічні механізми розвитку особистості в умовах агресивної війни охоплюють емоційну саморегуляцію, когнітивне осмислення подій, мотиваційно-ціннісну перебудову, резильєнтність і соціальну взаємодію. Їхня взаємодія впливає на здатність людини адаптуватися до невизначеності, зберігати суб'єктність і продовжувати особистісний розвиток. Водночас наслідки війни є індивідуальними, тому психологічна підтримка має враховувати вік, життєвий досвід, актуальні потреби та наявні ресурси людини. Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення й оцінювання психолого-педагогічних програм, спрямованих на розвиток резильєнтності, емоційної саморегуляції та соціальної підтримки здобувачів освіти в умовах воєнного стану.

Список літератури

1. World Health Organization. *Mental health in emergencies*. 6 May 2025. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-in-emergencies> (дата звернення: 13.10.2026).
2. Москалець В. П., Федик О. В. Психологічна стійкість студентів в умовах злочинної війни московії проти України. *Слобожанський науковий вісник. Серія: Психологія*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.32782/psyspu/2024.1.21>.
3. World Health Organization, War Trauma Foundation, World Vision International. *Psychological first aid: Guide for field workers*. Geneva : World Health Organization, 2011. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548205>.

ТОЛЕРАНТНІСТЬ ДО НЕВИЗНАЧЕНОСТІ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ПСИХОЛОГІВ

Агапов Артемій Владиславович

здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня

Вищий навчальний приватний заклад

«Дніпровський гуманітарний університет»

м. Дніпро, Україна

Науковий керівник:

Пашко Антоніна Олександрівна

кандидат психологічних наук, доцент кафедри психології

Вищий навчальний приватний заклад

«Дніпровський гуманітарний університет»

м. Дніпро, Україна

Професійна підготовка майбутніх психологів передбачає опанування способів аналізу ситуацій, які допускають кілька пояснень і не завжди мають однозначне розв'язання. Під час роботи з навчальними кейсами, обговорення психологічних запитів і проходження практики студенти стикаються з неповнотою інформації, суперечливістю відомостей та необхідністю обґрунтовувати рішення за відсутності готового алгоритму. У цьому контексті наукового значення набуває толерантність до невизначеності як характеристика ставлення особистості до обставин, що обмежують можливість однозначного розуміння ситуації та передбачення її наслідків.

Актуальність проблеми посилюється умовами тривалої суспільної нестабільності, за яких професійне становлення студентів поєднується з необхідністю переглядати плани та пристосовуватися до змін освітнього середовища. Водночас невизначеність у підготовці психолога має не лише зовнішнє, ситуативне походження. Вона пов'язана також зі складністю предмета професійного пізнання: психологічний аналіз потребує врахування індивідуального досвіду людини, контексту її поведінки та обмежень доступних відомостей. Тому важливим завданням навчання є формування здатності працювати з кількома обґрунтованими припущеннями й уточнювати їх у міру отримання нової інформації.

Толерантність до невизначеності доцільно розглядати у зв'язку зі здатністю майбутнього фахівця витримувати відсутність остаточної відповіді, зберігаючи критичність мислення та готовність до подальшого аналізу. Вона не означає байдужості до результатів діяльності, відмови від перевірки припущень або прийняття будь-якого пояснення як правильного. У професійному навчанні її значення полягає в можливості поєднувати відкритість до альтернативних тлумачень із вимогами доказовості та відповідальності за власні висновки.

Мета роботи — теоретично проаналізувати зміст толерантності до невизначеності та визначити її значення у професійній підготовці майбутніх психологів. Для досягнення мети застосовано аналіз, зіставлення й узагальнення наукових підходів до розуміння толерантності до неоднозначності та невизначеності, а також їх розгляду в контексті професійного становлення студентів-психологів.

У класичному підході С. Баднера інтолерантність до неоднозначності розглядається як схильність сприймати неоднозначні ситуації як джерело загрози. Автор виокремлює три джерела неоднозначності: новизну, складність і неможливість однозначного розв'язання ситуації [1]. Таке розуміння дає змогу пов'язати психологічне реагування не лише з об'єктивними характеристиками обставин, а й зі способом їх інтерпретації особистістю. Для професійного навчання психологів це розмежування є суттєвим: відсутність готової відповіді може сприйматися як перешкода або як підстава для подальшого пошуку й перевірки припущень. Wiley Online Library

Водночас поняття неоднозначності та невизначеності потребують розрізнення. Неоднозначність стосується можливості кількох тлумачень доступної інформації, тоді як невизначеність може охоплювати також непередбачуваність подальших подій і наслідків рішення. У дослідженні У. Паралкар і Д. Натсона ці характеристики розглянуто окремо в контексті подолання академічного стресу студентами [2]. Для теоретичного аналізу професійної підготовки психологів це означає необхідність уточнювати, про які труднощі йдеться: суперечливість пояснень конкретного випадку, недостатність відомостей чи неможливість передбачити результат обраної дії. PubMed

У працях С. Хілько толерантність до невизначеності майбутніх психологів розкривається через когнітивний, афективний і конативний компоненти [3]. Когнітивний компонент стосується розуміння й осмислення невизначених ситуацій; афективний — емоційного ставлення до них; конативний — готовності обирати способи поведінки та діяти за відсутності повної визначеності. Такий підхід дозволяє розглядати досліджувану характеристику комплексно: знання про невизначеність не обов'язково супроводжується її емоційним прийняттям, а готовність діяти не завжди означає достатню обґрунтованість рішення. ae.fl.kpi.ua

На основі зазначеного розмежування можна окреслити прояви толерантності до невизначеності в навчальній діяльності майбутніх психологів. На когнітивному рівні йдеться про здатність розглядати альтернативні пояснення, помічати суперечності та відрізняти встановлені факти від припущень. На афективному рівні — про можливість витримувати напруження, пов'язане з відсутністю остаточної відповіді. На поведінковому рівні — про готовність продовжувати аналіз, шукати додаткові відомості та переглядати попереднє рішення. Це теоретичне узагальнення конкретизує значення компонентного підходу для організації професійного навчання.

Відповідно, толерантність до невизначеності доцільно розглядати як характеристику, що набуває професійного значення у поєднанні з рефлексією та

критичним оцінюванням інформації. Вона може підтримувати відкритість до уточнення психологічного висновку, проте сама по собі не засвідчує професійної компетентності. Обґрунтованість дій майбутнього психолога потребує також фахових знань, дотримання етичних вимог і розуміння меж власної підготовки.

Значення толерантності до невизначеності у професійній підготовці психологів розкривається також через її співвідношення зі способами подолання труднощів. У дослідженні У. Паралкар і Д. Натсона ставлення до неоднозначності та невизначеності розглядається у зв'язку з копінгом в умовах академічного стресу [2]. Це дає підстави аналізувати не лише переживання студентом невизначеної ситуації, а й те, як він організовує власні дії за браку інформації. Водночас толерантність до невизначеності та копінг є різними характеристиками: перша стосується ставлення до відповідних обставин, другий — зусиль, спрямованих на подолання їхніх вимог або регулювання переживань. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

Для майбутнього психолога прийняття невизначеності може означати готовність продовжувати роботу без передчасного завершення аналізу. Наприклад, під час розгляду навчального випадку студент має визначити, яких відомостей бракує, запропонувати кілька пояснень і встановити, яка додаткова інформація допоможе їх перевірити. Така послідовність дозволяє перетворити загальне відчуття невизначеності на конкретні пізнавальні завдання. При цьому необхідно розрізняти обставини, які можна уточнити шляхом збирання даних, і ті, що залишаються непередбачуваними навіть після ретельного аналізу.

Ураховуючи компонентний підхід С. Хілько [3], можна запропонувати напрями включення цієї проблематики в освітній процес. Робота з когнітивним компонентом передбачає зіставлення альтернативних інтерпретацій, обґрунтування припущень і визначення меж висновку. Увага до афективного компонента потребує осмислення власних реакцій на суперечливість інформації, відсутність готового рішення та необхідність переглядати попередню позицію. Опрацювання конативного компонента доцільно пов'язувати з вибором обґрунтованої дії за неповних відомостей і готовністю коригувати її відповідно до нових даних. Зазначені напрями є практичним узагальненням теоретичного підходу; їхня результативність потребує окремої перевірки. ae.fl.kpi.ua

Одним із можливих засобів такої роботи є поетапний аналіз кейсів, у яких інформація надається поступово. Спочатку студенти формулюють попередні припущення, далі уточнюють їх після отримання додаткових відомостей і пояснюють причини зміни власної позиції. Предметом обговорення має бути як зміст рішення, так і спосіб його обґрунтування: які факти враховано, які альтернативи розглянуто та що залишається невідомим. Оцінювання такого завдання доцільно спрямувати на якість аргументації й коректність висновків.

Важливою умовою є зрозуміла організація навчання. Змістовна відкритість кейсу має поєднуватися з чіткими інструкціями, критеріями оцінювання та можливістю отримати зворотний зв'язок. Невизначеність навчальної проблеми й незрозумілість вимог викладача мають різне походження, тому їх не слід ототожнювати. Професійна підготовка повинна створювати умови для

обґрунтованого пошуку, у якому перегляд припущення розглядається як результат уточнення інформації.

Висновки. Толерантність до невизначеності має значення для професійної підготовки майбутніх психологів як характеристика ставлення до неповних, суперечливих і неоднозначних відомостей. Її розгляд через когнітивний, афективний і конативний компоненти дозволяє поєднати аналіз способів осмислення ситуації, емоційного реагування та готовності діяти. Водночас ця характеристика не замінює фахових знань і не гарантує правильності професійного рішення.

Перспективним напрямом освітньої роботи є використання завдань, які передбачають зіставлення альтернатив, поступове уточнення інформації та аргументований перегляд висновків. Подальшого дослідження потребують умови результативності таких завдань і критерії оцінювання змін у ставленні студентів-психологів до невизначеності.

Список літератури

1. Budner S. Intolerance of ambiguity as a personality variable. *Journal of Personality*. 1962. Vol. 30, № 1. P. 29–50. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1962.tb02303.x>. onlinelibrary.wiley.com
2. Paralkar U., Knutson D. Coping with academic stress: Ambiguity and uncertainty tolerance in college students. *Journal of American College Health*. 2023. Vol. 71, № 7. P. 2208–2216. DOI: <https://doi.org/10.1080/07448481.2021.1965148>. PubMed
3. Хілько С. О. Психологічні кореляти формування толерантності до невизначеності у майбутніх психологів. *Проблеми сучасної психології*. 2017. Вип. 38. С. 421–437. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/718451/> (дата звернення: 16.10.2026).

СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ РОЗВИТКУ ПРОФЕСІЙНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ МОЛОДІ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА

Заверуха Ольга Ярославівна

кандидат психологічних наук, доцент,
доцент кафедри педагогіки та суспільних комунікацій
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького

Сучасні суспільні трансформації суттєво змінюють умови професійного становлення молоді. Динамічність ринку праці, цифровізація, поширення нестандартних форм зайнятості, міграційні процеси, зміна вимог до професійної компетентності, а в українських умовах – тривала війна та її соціально-економічні наслідки – ускладнюють побудову стабільної й передбачуваної професійної траєкторії. Відтак професійна ідентичність молоді людини формується не лише як результат індивідуального професійного вибору, а як продукт постійної взаємодії особистості із соціальним, освітнім і професійним середовищем.

Професійна ідентичність є інтегративним психологічним утворенням, що відображає усвідомлення особистістю себе як суб'єкта певної професійної діяльності, прийняття відповідних цінностей і смислів, відчуття належності до професійної спільноти, оцінювання власних компетентностей та бачення перспектив професійної самореалізації. У попередніх дослідженнях нами встановлено, що її становлення у період переходу до дорослості має динамічний характер і пов'язане з професійними інтересами, особистісними характеристиками, змістом професійного вибору та особливостями професійного самовизначення [1]. Динаміка професійної ідентичності майбутніх фахівців також залежить від досвіду освітньо-професійної діяльності та поступового співвіднесення уявлень про себе з вимогами обраної професії [2].

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування системи соціально-психологічних чинників розвитку професійної ідентичності молоді в умовах трансформаційного суспільства та визначення характеру їх взаємодії.

Професійна ідентичність формується під впливом сукупності внутрішніх і зовнішніх умов, тому пояснення її розвитку лише через особистісні характеристики або лише через характеристики соціального середовища є недостатнім. Доцільним, на нашу думку, є застосування багаторівневого підходу, за якого чинники професійної ідентичності розглядаються як взаємопов'язана система.

Пропонуємо виокремлювати чотири рівні соціально-психологічних чинників розвитку професійної ідентичності молоді: особистісний, міжособистісний, освітньо-професійний та суспільно-трансформаційний.

Особистісний рівень охоплює внутрішні психологічні ресурси й

характеристики, через які молода людина осмислює професійний досвід і співвідносить його з уявленнями про себе. До ключових чинників цього рівня доцільно віднести професійні цінності та мотивацію, самоефективність, рефлексивність, здатність до саморегуляції, резильєнтність, психологічну гнучкість і сформованість професійних цілей.

Особливе значення має професійна самоефективність – переконання особистості у здатності успішно виконувати завдання, пов'язані з майбутньою або актуальною професійною діяльністю. Відчуття компетентності сприяє тому, що професійна роль сприймається не лише як зовнішньо обрана, а поступово інтегрується у структуру «Я». Водночас недостатня впевненість у власних професійних можливостях може послаблювати прийняття професії навіть за формально здійсненого професійного вибору.

Не менш значущою є рефлексивність. Розвиток професійної ідентичності потребує здатності осмислювати власний досвід, співвідносити очікування з реальними вимогами професії, усвідомлювати сильні сторони й обмеження та коригувати професійні цілі. У трансформаційному середовищі рефлексія набуває додаткового значення, оскільки професійна траєкторія дедалі рідше може бути побудована як незмінний сценарій.

До особистісного рівня належить також здатність зберігати відносну стабільність професійних цінностей і смислів за необхідності змінювати способи їх реалізації. Така характеристика безпосередньо пов'язана з адаптивністю професійної ідентичності: сформованість професійного «Я» не повинна означати ригідність, а професійна гнучкість – втрату ідентичності.

Другий рівень становлять міжособистісні чинники. Професійна ідентичність формується не ізольовано, а у взаємодії з людьми, які надають зворотний зв'язок, демонструють професійні моделі, підтримують або, навпаки, ставлять під сумнів професійний вибір молодої людини. До цієї групи належать підтримка родини, однолітків, викладачів, наставників, колег і представників професійної спільноти.

Особливу роль відіграє соціальна підтримка. Сучасне емпіричне дослідження Дж.Ван, С.Лі, та Я.Ху показало позитивний зв'язок соціальної підтримки з професійною ідентичністю здобувачів вищої освіти; важливим механізмом такого впливу виступає самооцінка, а характер взаємозв'язків залежить також від рівня самоефективності особистості [3]. Це засвідчує, що соціальне оточення впливає на професійну ідентичність не механічно, а через трансформацію внутрішніх психологічних ресурсів.

Вагомим міжособистісним чинником є наставництво. Наставник не лише передає професійні знання, а й виступає носієм професійних норм, цінностей і моделей поведінки. Через спостереження, взаємодію, професійний діалог і зворотний зв'язок молода людина отримує можливість співвідносити власний образ професійного «Я» з реальними способами функціонування представників професії. Систематичний огляд Г.Набі та співавторів, що охопив 73 дослідження наставництва у вищій освіті, підтверджує його загалом позитивний вплив на професійний вибір, кар'єрне планування, переходи від освіти до зайнятості та

формування професійної ідентичності [4].

Отже, міжособистісний рівень забезпечує своєрідне соціальне підтвердження професійної ідентичності. Особистість не лише сама визначає себе як майбутнього фахівця, а й отримує визнання, оцінку та підтримку з боку значущого соціального оточення.

Третій – освітньо-професійний рівень – охоплює характеристики середовища, у якому відбувається професійна соціалізація. До нього належать зміст професійної підготовки, практична спрямованість навчання, можливість виконання реальних професійних завдань, якість практики, участь у професійних проєктах, взаємодія з професійною спільнотою, досвід працевлаштування за спеціальністю та характер зворотного зв'язку щодо професійної діяльності.

Саме на цьому рівні абстрактне уявлення про професію співвідноситься з реальним досвідом. До початку практичної діяльності професійна ідентичність молодої людини значною мірою може ґрунтуватися на очікуваннях і соціальних уявленнях. Залучення до практики створює можливість перевірити ці уявлення, усвідомити власну відповідність професії, пережити компетентність і належність до професійної групи.

Результати дослідження К.Таннус та співавторів свідчать, що вищі показники професійної ідентичності здобувачів пов'язані з позитивним університетським досвідом, сприятливими професійними впливами та фактичним досвідом роботи у відповідній сфері [5]. Відтак професійна практика і раннє включення до реальної діяльності можна розглядати як один із провідних механізмів переходу від ідентичності майбутнього фахівця до професійної ідентичності суб'єкта реальної діяльності.

Водночас значення має не лише сам факт практики, а й її психологічний зміст. Практичний досвід сприяє розвитку професійної ідентичності тоді, коли він супроводжується рефлексією, підтримкою, конструктивним зворотним зв'язком та можливістю поступового набуття професійної автономії. Негативний досвід без належного супроводу, навпаки, може посилювати невпевненість і сумніви щодо професійного вибору.

Четвертим є суспільно-трансформаційний рівень, який охоплює макросоціальні умови професійного становлення: стан і динаміку ринку праці, суспільну престижність професій, економічні можливості їх реалізації, цифрові та технологічні зміни, міграційні процеси, суспільний попит на певні види діяльності, воєнні виклики та зміни системи соціальних потреб.

Цей рівень має особливе значення для сучасної української молоді. Війна змінює структуру ринку праці, актуалізує одні професійні ролі та зменшує можливості реалізації інших, спричиняє територіальну й професійну мобільність, перериває усталені освітні та кар'єрні траєкторії. Водночас суспільні трансформації створюють нові професійні ніші, посилюють значення окремих компетентностей і формують нове бачення соціальної цінності професійної діяльності.

Важливим чинником цього рівня є професійна затребуваність – переживання молодою людиною того, що її знання, компетентності й майбутня діяльність

мають суспільну цінність та реальні можливості застосування. Професійна затребуваність здатна підсилювати професійну самоефективність, мотивацію та відчуття належності до професії. Натомість тривала відсутність можливостей для реалізації професійного потенціалу може спричиняти перегляд або трансформацію професійної ідентичності.

При цьому суспільно-трансформаційні чинники не варто розглядати лише як зовнішні загрози. Їхній психологічний вплив залежить від способу інтерпретації та наявних ресурсів особистості. Одна й та сама зміна соціального середовища може призвести до професійної дезорієнтації або, навпаки, стимулювати переосмислення професійних цілей, розширення компетентностей і формування більш адаптивної професійної ідентичності.

Запропоновані рівні не функціонують автономно. Їх взаємодію доцільно розглядати як динамічну багаторівневу систему:

суспільні трансформації – зміна освітньо-професійних можливостей – міжособистісне опосередкування й соціальна підтримка – особистісне осмислення професійного досвіду – трансформація професійної ідентичності.

Водночас ця взаємодія має і зворотний напрям. Сформована професійна ідентичність визначає, які можливості соціального середовища людина помічає та використовує, до яких професійних спільнот долучається, якої підтримки шукає і які професійні траєкторії обирає. Отже, особистість є не пасивним об'єктом соціально-психологічного впливу, а активним суб'єктом власного професійного становлення.

У цьому полягає принципова відмінність між чинником і механізмом розвитку професійної ідентичності. Соціальна підтримка, наставництво, практика чи ситуація на ринку праці є чинниками, однак їхній вплив реалізується через психологічні механізми – професійну рефлексію, самоефективність, переживання компетентності, соціальну ідентифікацію, відчуття належності, прийняття професійних цінностей і побудову перспективи майбутнього.

На підставі проведеного теоретичного аналізу соціально-психологічні чинники розвитку професійної ідентичності молоді пропонуємо систематизувати таким чином:

1) особистісний рівень: професійні цінності й мотивація, самоефективність, рефлексивність, резильєнтність, психологічна гнучкість, професійні цілі;

2) міжособистісний рівень: підтримка значущих інших, наставництво, професійні рольові моделі, взаємодія з однолітками та професійною спільнотою;

3) освітньо-професійний рівень: якість професійної підготовки, практичний досвід, професійне середовище, зворотний зв'язок, раннє залучення до реальної діяльності;

4) суспільно-трансформаційний рівень: стан ринку праці, професійна затребуваність, соціальна престижність професії, міграційні й технологічні зміни, війна та пов'язані з нею суспільні трансформації.

Отже, професійна ідентичність молоді в умовах трансформаційного суспільства формується як результат складної взаємодії особистісних ресурсів і соціального середовища. Її розвиток не може бути пояснений дією одного

домінуючого чинника. Найбільш продуктивним є багаторівневий підхід, який дозволяє поєднати індивідуально-психологічні характеристики молодшої людини з міжособистісними відносинами, особливостями освітньо-професійного середовища та ширшими суспільними трансформаціями.

Запропонована чотирирівнева модель може слугувати теоретичною основою для подальшої операціоналізації соціально-психологічних чинників професійної ідентичності та їх емпіричного дослідження. Перспективним є визначення не лише прямого внеску окремих чинників, а й опосередковувальних механізмів їх впливу, зокрема ролі професійної самоефективності, соціальної підтримки, рефлексивності, резильєнтності та переживання професійної затребуваності у становленні професійної ідентичності молоді в умовах тривалих соціальних змін.

Список літератури

1. Заверуха О. Я. Стратегії формування професійної ідентичності в переході до дорослості. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2022. № 3 (67). С. 167–176. DOI: 10.31732/2663-2209-2022-67-167-176.
2. Zaverukha O., Popovych I., Karpenko Y., Kozmenko O., Stelmakh O., Borysenko O., Hulas I., Kovalchuk Z. Dynamics of Successful Formation of Professional Identity of Future Psychologists in Higher Education Institutions. *Revista Românească pentru Educație Multidimensională*. 2022. Vol. 14, No. 1. P. 139–157. DOI: 10.18662/rrem/14.1/511.
3. Wang G., Li X., Hu Y. How does social support promote professional identity among university students? A moderated mediation model of self-esteem and self-efficacy. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2025. Vol. 12. Art. 872. DOI: 10.1057/s41599-025-04857-1.
4. Nabi G., Walmsley A., Mir M., Osman S. The impact of mentoring in higher education on student career development: a systematic review and research agenda. *Studies in Higher Education*. 2025. Vol. 50, No. 4. P. 739–755. DOI: 10.1080/03075079.2024.2354894.
5. Tannous C., Chien H. W., Kenny B., Lin K. H., Everett B., Yeh J. Y., Heaton L., Salamonson Y. Factors influencing career choice, study experiences and professional identity in undergraduate health students: a mixed methods study across two universities. *Teaching and Learning in Nursing*. 2024. Vol. 19, No. 3. P. 249–259. DOI: 10.1016/j.teln.2024.03.014.

ЕФЕКТ ХИБНОЇ ПАМ'ЯТІ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ПАРАДИГМА ДІЗА–РЬОДІГЕРА– МАКДЕРМОТТ

Король Анна Олександрівна,
здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
академічна група 30зппр
Український державний університет імені Михайла Драгоманова

Тарасова Валерія Валеріївна,
науковий керівник, доктор філософії з психології,
викладач кафедри практичної психології
Український державний університет імені Михайла Драгоманова

Проблема достовірності людської пам'яті сьогодні є досить важливою, адже в умовах війни в Україні фіксують велику кількість свідчень очевидців, і від їхньої точності залежить розслідування воєнних злочинів. Пам'ять часто уявляють як відеозапис, який можна просто «переглянути», однак під час пригадування людина щоразу заново відтворює подію, спираючись на свої знання, очікування та нову інформацію, тому у спогад можуть потрапляти деталі, яких насправді не було [1].

Хибними спогадами називають пригадування подій або деталей, яких не було чи які відбувалися інакше, до того ж людина може бути переконана в їхній правдивості [2].

Одним із перших на реконструктивний характер пам'яті звернув увагу Ф. Бартлетт, який показав, що під час повторних переказів незнайомої легенди люди змінювали незвичні деталі на більш звичні, спираючись на свої схеми, тобто на вже наявні знання про світ [3].

Згодом Е. Лофтус і Дж. Палмер показали, що навіть одне слово в запитанні може спонукати людину «згадати» деталі, яких не було [4], а Е. Лофтус і Дж. Пікрелл нав'язали приблизно чверті учасників спогад про вигадану подію з дитинства [5].

Для лабораторного вивчення хибних спогадів найчастіше використовують парадигму DRM (Deese–Roediger–McDermott). Її основу у 1959 році заклав Дж. Діз [6], а у 1995 році Г. Рьодігер і К. Макдермотт удосконалили процедуру і показали, що цей ефект дуже стійкий [7].

У цій процедурі учасники запам'ятовують перелік слів, пов'язаних з одним «критичним» словом, якого в списку немає (наприклад, «ліжка», «втома», «ковдра» без слова «сон»). У дослідженні Рьодігера і Макдермотт це слово «пригадували» приблизно у 40 % випадків, причому багато учасників були переконані, що чули його [7].

Ефект у парадигмі DRM стабільно підтверджується, а матеріал легко контролювати [8]. Найкраще хибне відтворення передбачає зворотна асоціативна сила: наскільки часто слова зі списку самі викликають критичне слово [9].

Для пояснення цього ефекту найчастіше беруть за основу дві теорії. Згідно з теорією активації та моніторингу, слова зі списку активують критичне слово, і пізніше людина не може зрозуміти, почула вона його чи просто про нього подумала [8]. А теорія нечіткого сліду Ч. Брейнерда і В. Рейни пояснює це тим, що точний слід пам'яті згасає швидше за загальний зміст, тому людина спирається на суть списку, якій критичне слово повністю відповідає [10].

Несподіваними виявилися дані щодо вікових відмінностей. Дітей зазвичай вважають більш схильними до сугестії, але в парадигмі DRM молодші діти дають менше хибних спогадів, ніж підлітки та дорослі. Ч. Брейнерд, В. Рейна і С. Сесі називають це віковою інверсією і пояснюють тим, що здатність виділяти загальний зміст розвивається з віком [11].

Головним обмеженням парадигми вважають низьку екологічну валідність: помилково «додати» слово до списку не те саме, що хибно пригадати життєву подію. Ще одна проблема в тому, що списки слів створено переважно англійською мовою, а стандартизованих українських, наскільки нам відомо, поки немає.

Проаналізувавши літературу, ми вважаємо, що хибні спогади є закономірним наслідком роботи пам'яті. Людина запам'ятовує насамперед зміст і зв'язки між подіями, а деталі добудовує сама. Також ми припускаємо, що сила цього ефекту залежить від мови, бо асоціативні зв'язки між словами в різних мовах відрізняються. Перспективою подальших досліджень ми вважаємо створення українськомовних списків слів за принципом парадигми DRM і перевірку того, чи впливають довжина списку та сила асоціативних зв'язків на частоту хибного відтворення та хибного впізнавання критичних слів у студентів. Такі списки могли б стати основою і для інших українських досліджень пам'яті.

Практичне значення теми ми бачимо передусім у роботі психолога-консультанта. Знання про хибні спогади допомагає уникати навідних запитань і не сприймати розповідь клієнта як точний запис подій. Це дуже важливо зараз, коли психологи працюють з людьми, які пережили травматичні події війни, а їхні спогади можуть використовуватися і як свідчення. Тому ми вважаємо, що тема хибної пам'яті потребує подальшого вивчення в українському контексті, а експериментальні дані варто поєднувати з практикою консультування.

Список літератури

1. Максименко С. Д., Носенко Е. Л. Експериментальна психологія : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2021.
2. Бакаєв М., Пугач А., Пугач В. Формування хибних спогадів як стратегія пам'яті. Докса. 2017. № 2 (28). С. 8–19.
3. Bartlett F. C. Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology. Cambridge : Cambridge University Press, 1932.

4. Loftus E. F., Palmer J. C. Reconstruction of automobile destruction: An example of the interaction between language and memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1974. Vol. 13, № 5. P. 585–589.
5. Loftus E. F., Pickrell J. E. The formation of false memories. *Psychiatric Annals*. 1995. Vol. 25, № 12. P. 720–725.
6. Deese J. On the prediction of occurrence of particular verbal intrusions in immediate recall. *Journal of Experimental Psychology*. 1959. Vol. 58, № 1. P. 17–22.
7. Roediger H. L., McDermott K. B. Creating false memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1995. Vol. 21, № 4. P. 803–814.
8. Gallo D. A. *Associative Illusions of Memory: False Memory Research in DRM and Related Tasks*. New York : Psychology Press, 2006.
9. Roediger H. L., Watson J. M., McDermott K. B., Gallo D. A. Factors that determine false recall: A multiple regression analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2001. Vol. 8, № 3. P. 385–407.
10. Brainerd C. J., Reyna V. F. *The Science of False Memory*. New York : Oxford University Press, 2005.
11. Brainerd C. J., Reyna V. F., Ceci S. J. Developmental reversals in false memory: A review of data and theory. *Psychological Bulletin*. 2008. Vol. 134, № 3. P. 343–382.

ВПЛИВ ПАРАЛІНГВІСТИЧНИХ МАРКЕРІВ ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ НА СПРИЙНЯТТЯ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ СПІВРОЗМОВНИКА (ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ)

Михайленко Єлизавета Олексіївна,
здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
академічної групи 30 ЗППР
Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Науковий керівник:
Тарасова Валерія Валеріївна,
доктор філософії з психології,
викладач кафедри практичної психології
Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Значна частина повсякденного спілкування студентів відбувається в месенджерах, де співрозмовники не бачать міміки й жестів та не чують інтонації. В українських умовах роль онлайн-комунікації додатково посилилася через потребу підтримувати зв'язок на відстані [6]. Тому навіть крапка, «дужка» або емодзі можуть змінити враження від однакових слів і стати причиною неправильного розуміння емоційного стану автора.

Паралінгвістичними маркерами текстового повідомлення є графічні елементи, що доповнюють словесний зміст: емодзі, текстові смайли, знаки пунктуації, повторення літер і написання великими літерами. Вони частково виконують функції інтонації, міміки та жестів, допомагаючи передавати ставлення, емоційну виразність і намір співрозмовника [3; 4]. Огляд досліджень комп'ютерно-опосередкованої комунікації показує, що онлайн-спілкування не є беземоційним, але емоції в ньому кодуються іншими засобами [7].

Тлумачення таких маркерів залежить від контексту та звичних правил спілкування. Українські автори звертають увагу на те, що емодзі можуть підсилювати висловлювання, уточнювати намір або замінювати частину словесної відповіді [1]. Водночас однаковий символ різні люди й представники різних культур розуміють по-різному, тому використання емодзі не усуває ризику комунікативних збоїв [2].

Значення має й пунктуація. В експерименті Д. Гунрадж та співавторів короткі відповіді, що завершувалися крапкою, учасники оцінювали як менш щирі, ніж ті самі відповіді без крапки; для рукописних записок такої відмінності не виявили [8]. Отже, у месенджері графічне оформлення може впливати на сприйняття повідомлення незалежно від його буквального змісту.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та планування експериментальної перевірки впливу різних паралінгвістичних маркерів на сприйняття емоційного стану й міжособистісного ставлення співрозмовника.

Орієнтовну вибірку становитимуть 40 студентів віком від 18 до 25 років. Доцільно застосувати внутрішньогруповий план, за якого кожний учасник оцінює 12 коротких діалогів у чотирьох окремих умовах: відповідь без кінцевого маркера, з крапкою, з текстовою «дужкою» та з позитивним емодзі. Для кожної умови використовуються три діалоги. Версії потрібно чергувати між учасниками, щоб конкретний текст не був постійно пов'язаний лише з одним оформленням [5].

Матеріал можна подати онлайн у Google Forms у випадковому порядку. Після кожного діалогу учасник оцінює автора відповіді за семибальними шкалами «дружній – ворожий», «щирий – нещирий», «зацікавлений – байдужий» і «спокійний – роздратований». Додатково фіксується впевненість у власній оцінці та звична частота використання емодзі, крапок і «дужок» в особистому листуванні. Перед основним етапом формулювання діалогів слід перевірити на невеликій пілотній групі.

Припускається, що емодзі й «дужка» підвищуватимуть оцінки дружності, тоді як крапка знижуватиме оцінку щирості. Перевірка цього припущення можлива після збору та статистичного аналізу даних.

Отже, теоретичний аналіз дає підстави припустити, що графічне оформлення короткого повідомлення впливає на те, як адресат сприймає емоційний стан і ставлення співрозмовника. Практичне значення дослідження полягає в кращому розумінні причин непорозумінь у навчальному, особистому та діловому онлайн-спілкуванні.

Список літератури

1. Веремчук Е. О. Особливості використання емодзі в англomовному текстовому онлайн-спілкуванні (на матеріалі постів у мережі X та корпусу СМС WhatsApp) [Текст], Е. О. Веремчук, О. В. Шевчук, Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія : Філологія. Журналістика. – 2025. – Т. 36 (75), № 4, ч. 1. – С. 143–147.
2. Весна Т. В. Потенціал комунікативних збоїв при трактуванні емоджі в контексті міжкультурного спілкування [Текст], Т. В. Весна, Ю. В. Савицька, Мова. – 2017. – № 28. – С. 9–13.
3. Горбаченко А. Л. Паралінгвістичні засоби вираження емоцій у соціальних мережах (на матеріалі англійської та німецької мов) [Текст], А. Л. Горбаченко, Т. О. Рябокучма, Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія : Філологія. – 2022. – № 58. – С. 37–40.
4. Коромисел М. В. Лінгвістичні патерни емоційної реакції в онлайн-комунікації [Текст], М. В. Коромисел, Т. М. Сорокіна, Ю. М. Нідзельська, Актуальні питання гуманітарних наук. – 2026. – Вип. 97, т. 2. – С. 260–266.
5. Максименко С. Д. Експериментальна психологія [Електронний ресурс] : підручник, С. Д. Максименко, Е. Л. Носенко. – К. : Центр учбової літератури,

2021. – 360 с. – Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/738661/> (дата звернення: 13.10.2026).

6. Соломенко Л. Способи вираження емоційних реакцій як комунікативна практика користувачів соціальних мереж [Текст], Л. Соломенко, Образ. – 2023. – № 3 (43). – С. 102–110.

7. Derks D. The role of emotion in computer-mediated communication: a review [Text], D. Derks, A. H. Fischer, A. E. R. Bos, Computers in Human Behavior. – 2008. – Vol. 24, No. 3. – P. 766–785.

8. Gunraj D. N. Texting insincerely: the role of the period in text messaging [Text], D. N. Gunraj, A. M. Drumm-Hewitt, E. M. Dashow [et al.], Computers in Human Behavior. – 2016. – Vol. 55. – P. 1067–1075.

ОСОБЛИВОСТІ ВІДКЛАДЕНОГО ВІДТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У СТУДЕНТІВ ІЗ РІЗНИМ РІВНЕМ СТРЕСОСТІЙКОСТІ: ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Прощенко Дар'я Дмитрівна

здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
академічної групи 30 ЗППР

Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Науковий керівник:

Тарасова Валерія Валеріївна

доктор філософії з психології,

викладач кафедри практичної психології

Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Навчання у закладі вищої освіти потребує постійного опрацювання значних обсягів інформації, її збереження та відтворення через певний проміжок часу. В умовах тривалого суспільного напруження, повітряних тривог, змін формату навчання та поєднання освіти з роботою мнемічні процеси студентів функціонують під дією численних стресогенних чинників. Водночас однакові обставини не спричиняють однакових наслідків для всіх здобувачів освіти. Одним із ресурсів, що може визначати збереження продуктивності пізнавальної діяльності, є стресостійкість. У працях В. В. Тарасової стресостійкість розглядається як комплексне індивідуально-психологічне утворення, пов'язане зі здатністю адаптуватися до складних ситуацій, підтримувати внутрішню рівновагу та використовувати конструктивні способи подолання напруження [1; 2].

Відкладене відтворення є актуалізацією засвоєного матеріалу після інтервалу, протягом якого інформація має бути збережена у довготривалій пам'яті. На його результат впливають якість первинного кодування, осмисленість матеріалу, увага під час навчання, подальша консолідація сліду пам'яті та умови відтворення. На відміну від негайного відтворення, відкладена проба дає змогу оцінити не лише короткочасне утримання, а й стійкість сформованого мнемічного сліду. У навчальній діяльності саме такий вид відтворення наближений до реальних вимог: студент має згадати зміст лекції, наукового тексту або інструкції не одразу після ознайомлення, а під час наступного заняття, контрольної роботи чи іспиту.

Стресостійкість не означає відсутності стресу. Вона виявляється у здатності зберігати цілеспрямованість, регулювати емоційні реакції, відновлюватися після напруження та не допускати значного зниження якості діяльності. Дослідження

українських студентів свідчать, що війна посилює страх, тривожність, розгубленість, труднощі концентрації та розумову втому, тоді як сформовані адаптаційні ресурси підтримують соціально-психологічне пристосування й навчальну активність [3]. Отже, рівень стресостійкості доцільно розглядати не тільки як показник емоційного благополуччя, а і як можливий чинник ефективності пізнавальних процесів.

Для кількісного оцінювання цього ресурсу придатною є україномовна версія шкали стресостійкості Коннора–Девідсона CD-RISC-10. Вона містить 10 тверджень і визначає здатність людини адаптуватися до труднощів та відновлюватися після стресових подій. Проведена Н. В. Школіною та співавторами адаптація засвідчила достатню надійність, внутрішню узгодженість і відтворюваність україномовної версії, що дає підстави застосовувати її у наукових дослідженнях [4]. Використання короткої шкали не перевантажує учасників і дозволяє зіставити індивідуальний показник стресостійкості з об'єктивними результатами мнемічного завдання.

Зв'язок психологічних ресурсів із пам'яттю у студентської молоді потребує подальшої перевірки. Є. С. Каткова та В. А. Оверчук встановили, що позитивніша суб'єктивна оцінка можливостей пам'яті пов'язана з кращими показниками психологічного благополуччя, а резильєнтність необхідно враховувати під час аналізу когнітивних самооцінок студентів [5]. Водночас суб'єктивне уявлення про власну пам'ять не завжди збігається з фактичним обсягом відтвореної інформації. Тому доцільно поєднати опитувальник стресостійкості з контрольованим експериментальним завданням, у якому результат визначається кількістю правильно відтворених смислових одиниць.

Дослідження академічного стресу показують, що резильєнтність може виконувати буферну функцію: вищий її рівень пов'язаний із меншою вираженістю стресових симптомів у студентів і продуктивнішими способами саморегуляції [6]. Теоретично це може сприяти точнішому розподілу уваги під час опрацювання матеріалу, зменшувати кількість відволікань і підтримувати пошук потрібної інформації під час відтворення. Проте такий зв'язок не слід вважати доведеним щодо кожного виду пам'яті. Стресостійкість є особистісним ресурсом, а результат мнемічної проби залежить також від попередніх знань, мотивації, сну, поточного стресу та характеристик навчального матеріалу.

Експериментальні дані підтверджують, що вплив стресу на пам'ять визначається моментом його виникнення та етапом мнемічного процесу. Напруження поблизу моменту кодування інколи посилює закріплення емоційно значущої інформації, тоді як стрес перед відтворенням частіше погіршує доступ до вже засвоєного матеріалу [7]. Систематичний огляд досліджень довготривалої пам'яті також показав, що підвищення кортизолу після стандартизованого стресового впливу часто супроводжується зниженням результатів відтворення, хоча величина ефекту залежить від часу тестування, статі, виду стимульного матеріалу та процедури індукції стресу [8].

Особливо важливими для освітнього контексту є результати дослідження К. Дж. Мерца, Б. Гагедорн та О. Т. Вольфа. Студенти запам'ятовували слова й

короткі біографічні відомості, а наступного дня відтворювали їх після звичайного заняття або оцінюваної усної презентації. Реальний навчальний стресор погіршив відтворення частини емоційного матеріалу, але не однаково вплинув на всі показники пам'яті [9]. Цей результат застерігає від спрощеної формули, за якою будь-який стрес обов'язково погіршує запам'ятовування. Метааналіз Е. Макманус та співавторів також засвідчив, що середній ефект психосоціального стресу на епізодичну пам'ять є меншим і більш залежним від умов, ніж передбачалося раніше [10].

Мета тез полягає в теоретичному обґрунтуванні експериментального дослідження особливостей відкладеного відтворення навчальної інформації у студентів із різним рівнем стресостійкості. Основна гіпотеза передбачає, що за однакових умов опрацювання матеріалу студенти з вищими показниками CD-RISC-10 відтворять через 24 години більше правильних смислових одиниць і допустять менше змістових викривлень. Додатково очікується, що відмінності між групами будуть помітнішими за підвищеного поточного навчального напруження. Ці твердження є дослідницькими припущеннями, а не описом уже отриманих результатів.

Для перевірки гіпотези доцільно залучити 45–60 студентів віком від 18 до 24 років. На першому етапі учасники заповнюють CD-RISC-10 та коротку анкету щодо поточного рівня напруження, тривалості сну, вживання кофеїну і попереднього знайомства з темою тексту. Основний аналіз варто проводити за безперервним показником стресостійкості, а для наочного порівняння можна сформулювати групи нижнього, середнього і верхнього тертилів розподілу. Такий спосіб не потребує штучного створення стресової ситуації та дає змогу дослідити природні індивідуальні відмінності.

Стимульним матеріалом може бути нейтральний навчальний текст обсягом 450–500 слів, який не входить до обов'язкової програми учасників і містить 24 заздалегідь визначені смислові одиниці. На ознайомлення відводиться 7 хвилин без конспектування та фотографування. Одразу після читання учасники протягом 8 хвилин письмово відтворюють зміст, що дозволяє зафіксувати якість первинного засвоєння. Через 24 години, без повторного пред'явлення тексту, проводиться відкладене письмове відтворення протягом 10 хвилин. Для зменшення впливу часу доби обидві сесії організовуються в однаковий часовий проміжок.

Результат оцінюється за кількістю правильно відтворених смислових одиниць, кількістю змістових викривлень і сторонніх доповнень. Додатковим показником є коефіцієнт збереження, розрахований як відношення кількості одиниць у відкладеній пробі до кількості одиниць у негайній пробі. Дві незалежні особи мають оцінити відповіді за єдиним ключем, після чого узгоджуються спірні випадки. Така процедура зменшує суб'єктивність і дозволяє відрізнити слабке первинне засвоєння від швидшого забування матеріалу.

Статистичний аналіз передбачає перевірку розподілу показників, обчислення описових статистик і кореляції між балом CD-RISC-10 та результатами відкладеної проби. Відмінності між групами можна оцінити за допомогою

однофакторного дисперсійного аналізу, а за порушення його передумов – критерію Краскела–Волліса. Регресійна модель дасть змогу перевірити внесок стресостійкості після контролю негайного відтворення, сну, кофеїну, поточного напруження і попереднього знання теми. Інтерпретувати потрібно не лише статистичну значущість, а й розмір ефекту та довірчі інтервали.

Отже, поєднання стандартизованої оцінки стресостійкості з об'єктивною пробою відкладеного відтворення дозволяє дослідити, чи пов'язаний особистісний адаптаційний ресурс зі збереженням навчальної інформації. Запропонований план розмежовує негайне засвоєння і подальше збереження матеріалу, контролює основні ситуативні чинники та не підміняє результат суб'єктивною оцінкою пам'яті. Практичне значення майбутніх результатів полягає у можливості обґрунтувати психологічні рекомендації щодо підтримки студентів у періоди високого навчального навантаження та точніше визначити роль стресостійкості в ефективності навчання.

Список літератури

1. Тарасова В. В. Вплив типу прив'язаності на формування стресостійкості у підлітків : дис. д-ра філософії : 053 Психологія. Київ, 2023. 269 с. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/738721/1/Tarasova_26.12.pdf (дата звернення: 14.10.2026).
2. Тарасова В. В. Методика дослідження особливостей поведінки у стресових ситуаціях підлітків з ненадійним типом прив'язаності. Молодий вчений. 2023. № 5 (117). С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-5-117-14>
3. Потапук Л. М. Особливості формування стресостійкості студентів в умовах російсько-української війни. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Психологія. 2023. № 2. С. 34–38. DOI: <https://doi.org/10.32782/psy-visnyk/2023.2.6>
4. Школіна Н. В., Шаповал І. І., Орлова І. В., Кедик І. О., Станіславчук М. А. Адаптація та валідизація україномовної версії шкали стресостійкості Коннора–Девідсона-10 (CD-RISC-10): апробація у хворих на анкілозивний спондиліт. Український ревматологічний журнал. 2020. № 2 (80). С. 66–72. DOI: <https://doi.org/10.32471/rheumatology.2707-6970.80.15236>
5. Каткова Є. С., Оверчук В. А. Якість сну та суб'єктивна оцінка пам'яті у структурі якості життя студентської молоді. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Психологія. 2026. № 2. С. 113–117. DOI: <https://doi.org/10.32782/psy-visnyk/2026.2.21>
6. de la Fuente J., González-Torres M. C., Artuch-Garde R., Vera-Martínez M. M., Martínez-Vicente J. M., Peralta-Sánchez F. J. Resilience as a buffering variable between the Big Five components and factors and symptoms of academic stress at university. *Frontiers in Psychiatry*. 2021. Vol. 12. Article 600240. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.600240>
7. Vogel S., Schwabe L. Learning and memory under stress: implications for the classroom. *npj Science of Learning*. 2016. Vol. 1. Article 16011. DOI: <https://doi.org/10.1038/npjscilearn.2016.11>

8. Klier C., Buratto L. G. Stress and long-term memory retrieval: a systematic review. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*. 2020. Vol. 42, no. 3. P. 284–291. DOI: <https://doi.org/10.1590/2237-6089-2019-0077>
9. Merz C. J., Hagedorn B., Wolf O. T. An oral presentation causes stress and memory impairments. *Psychoneuroendocrinology*. 2019. Vol. 104. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.02.010>
10. McManus E., Talmi D., Haroon H., Muhlert N. Psychosocial stress has weaker than expected effects on episodic memory and related cognitive abilities: a meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2022. Vol. 132. P. 1099–1113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.10.038>

АДАПТИВНЕ ПЛАНУВАННЯ УМОВНОГО ШУМОЗАГЛУШЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ІНТЕНСИВНОСТІ ВХІДНОГО ПОТОКУ

Мещеряков Олександр Андрійович

аспірант

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. Досліджено адаптивне планування умовного шумозаглушення у програмному конвеєрі класифікації. Запропонований метод поєднує рішення про фільтрацію до її виконання, збереження вибраних тензорів на GPU та перемикання між негайною обробкою й пакетуванням за поточним навантаженням. На однакових входах планування зберегло рішення й прогнози. Для початкового зерна навчання 123 за 120 кадрів/с середнє значення 95-го перцентилу часу відповіді (p95) зменшилося на 23,4%, активні витрати — на 9,1%. Інша конфігурація з малою часткою втручань показала збільшення затримки. Оцінено умови, за яких пакетування виправдовує додаткове очікування.

Ключові слова: умовне виконання; адаптивне пакетування; GPU; порядковий ризик; затримка відповіді; DirectML.

Задача та мета дослідження

Шумозаглушення перед класифікацією потребує обчислень і може змінити правильний прогноз на неправильний. Пропуск обробки за рішенням контролера зменшує кількість фільтрованих кадрів, проте поодинокі GPU-запуски та передачі даних можуть нівелювати економію. Пакетування знижує накладні витрати запуску, водночас додаючи очікування. Системи Clipper і Clockwork розглядають продуктивність та передбачуваність нейромережевого обслуговування [1, 2]. У цій роботі досліджується планування зовнішнього умовного маршруту без зміни архітектури класифікатора.

Мета — оцінити, чи дозволяє адаптація моменту виконання шумозаглушення до інтенсивності потоку зменшити витрати та затримку, зберігаючи вибрану силу фільтрації й кінцеві прогнози. Об'єктом є обчислювальний процес програмної системи; ультразвукові зображення з порядковими класами F0–F4 задають експериментальне навантаження.

Контролер до фільтрації

Базовий ResNet18 [3] формує прогноз для кожного входу. Контролер використовує шумовий проксі, градієнт вхідного зображення, ймовірності класів, впевненість, ентропію та очікувану порядкову стадію. Ознаки видаленого сигналу не використовуються. Для сил $\alpha \in \{0; 0,5; 1\}$ оцінюються очікувані зменшення і збільшення абсолютної порядкової помилки. Фільтрація допускається, коли оцінена користь мінус штраф за шкоду перевищує поріг τ . За

відсутності прийнятного кандидата повертається базовий прогноз. Калібрування використовує наперед задану послідовність тестів у підході Learn then Test [4].

Планування умовного маршруту

Після рішення $\alpha > 0$ вхідний тензор залишається у FIFO-черзі на GPU. Шумозаглушення й повторна класифікація виконуються для вибраних кадрів. Запропонований планувальник оцінює частоту за вже отриманими часовими позначками та реагує на поточну глибину черги. За низького навантаження застосовується негайна обробка, за підвищеного — умовний пакет до восьми кадрів із таймаутом 10 мс. Пороги входу й виходу становлять 45 та 35 кадрів/с; поріг тиску черги — чотири кадри. Для явно насиченого офлайн-джерела використовується пакет до 16 кадрів. Таймаут не є жорсткою гарантією відповіді, оскільки робота GPU не переривається.

Дані та протокол зіставлення

Локальна збірка зображень із джерела [5] містила 6323 файли. Після SHA-256 дедуплікації залишилося 1536 унікальних зображень: 1226 навчальних, 155 валідаційних і 155 тестових. ResNet18 із Batch Normalization навчено для початкових зерен 42, 123 та 2026. Усі моделі оцінювалися на тих самих 155 тестових кадрах; повтори не збільшують кількість незалежних зображень.

Обчислення виконано на AMD Radeon RX 7900 XT через DirectML у Windows із фільтром `adaptive_proposed_v5_dml`. Входи мають 128×128 пікселів; протокол фіксує `resize` $\rightarrow$ Rayleigh noise із $\sigma=0,10 \rightarrow$ denoise, зерно шуму 42 та спільне шумове поле каналів. Порівнюються негайне виконання, статичний умовний пакет 8, запропонований метод і стала $\alpha=0,5$ з таким самим GPU-маршрутом та пакетуванням. Навантаження становлять 30, 60, 120 кадрів/с і змінний потік. Кожний сценарій повторено п'ять разів для трьох порядків надходження після двох прогрівань. Планувальник не змінює зафіксовану політику.

Якість і незмінність рішень

У трьох основних серіях зіставлено 83700 покадрових записів умовних маршрутів. Розбіжностей у вибраній α та кінцевих прогнозах не виявлено. Якість визначається класифікатором і контролером, а не способом накопичення кадрів у черзі. Таблиця 1 показує результати на унікальному тестовому наборі; $C \rightarrow W$ означає перехід від правильного прогнозу до неправильного.

Таблиця 1. Якість та частота втручань

Зерно	Macro-F1 без фільтра	Macro-F1 стала $\alpha=0,5$	Macro-F1 контролер	$C \rightarrow W$ стала / метод	Вибрано із 155
42	0,6748	0,6912	0,7165	5 / 2	53
123	0,6285	0,6679	0,6619	6 / 0	28
2026	0,6402	0,6421	0,6393	5 / 0	8

Джерело: результати власних експериментів автора.

Для зерна 123 порядкова MAE становить 0,5613 без фільтра, 0,4645 для сталої сили і 0,4839 для контролера. Контролер має нижчу F1, ніж стала фільтрація, але нуль зафіксованих порядкових погіршень проти шести. Для зерна 2026 користь мала: лише один помилковий прогноз наблизився до справжнього класу. Отже, мала кількість шкідливих переходів сама по собі не означає найкращу загальну якість.

Затримка та обчислювальні витрати

У таблиці 2 наведено середнє p_{95} окремих прогонів для зерна 123, а не p_{95} об'єднаних відповідей. Δp_{95} означає різницю «запропонований метод мінус негайний режим». Умовні 95% інтервали невизначеності отримано 10000 парними bootstrap-перевибірками повторів усередині зафіксованих порядків [6].

Таблиця 2. Затримка відповіді для зерна 123

Потік кадрів/с	Негайний p_{95} мс	Запропонований метод p_{95} , мс	Δp_{95} мс [95% інтервал]
30	29,27	29,44	0,17 [–0,22; 0,58]
60	31,47	43,27	11,80 [10,47; 13,12]
120	65,47	50,12	–15,35 [–19,13; –11,80]
Змінний	44,89	38,41	–6,48 [–8,24; –4,43]

Джерело: результати власних експериментів автора.

Для зерна 123 за 120 кадрів/с запропонований метод зменшує середнє p_{95} на 23,4%, активні витрати — з 7,47 до 6,79 мс на вхід, тобто на 9,1%. Статичний умовний пакет є конкурентним: p_{95} 50,79 мс. Стала фільтрація має менші активні витрати 6,30 мс, але більший p_{95} 60,74 мс. Для змінного потоку середнє p_{95} запропонованого методу нижче, однак меншу затримку зафіксовано лише у п'яти з 15 парних прогонів. Окремі повільні прогони негайного режиму підвищують його середнє p_{95} .

Для зерна 2026 вибрано лише 8/155 кадрів. За 120 кадрів/с Δp_{95} становить +2,44 мс [1,56; 3,40]: очікування не амортизується малими пакетами. Для зерна 42 вилучення реакції на тиск черги під час сплеску підвищило p_{95} з 43,57 до 90,51 мс. Гістерезис скоротив перемикання з 12 до чотирьох, проте збільшив затримку.

Висновки

Запропонований метод оптимізує виконання умовного маршруту зі збереженням рішень політики. Виграш залежить від навантаження й частки втручань. Оцінки якості є дослідницькими: тест використовувався під час розроблення, незалежність пацієнтів не встановлена. Подальша перевірка потребує незалежного пацієнтського або зовнішнього тесту й повторних вимірювальних сесій зафіксованого методу.

Список літератури

1. Crankshaw, D., Wang, X., Zhou, G., Franklin, M. J., Gonzalez, J. E., & Stoica, I. (2017). Clipper: A low-latency online prediction serving system. 14th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation, 613–627. <https://www.usenix.org/conference/nsdi17/technical-sessions/presentation/crankshaw>
2. Gujarati, A., Karimi, R., Alzayat, S., Hao, W., Kaufmann, A., Vigfusson, Y., & Mace, J. (2020). Serving DNNs like Clockwork: Performance predictability from the bottom up. 14th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation, 443–462. <https://www.usenix.org/conference/osdi20/presentation/gujarati>
3. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 770–778. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
4. Angelopoulos, A. N., Bates, S., Candès, E. J., Jordan, M. I., & Lei, L. (2025). Learn then test: Calibrating predictive algorithms to achieve risk control. The Annals of Applied Statistics, 19(2), 1641–1662. <https://doi.org/10.1214/24-AOAS1998>
5. VibhinGupta028. (2024). Liver Histopathology (Fibrosis) Ultrasound Images (Version 2) [Data set]. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/vibhingupta028/liver-histopathology-fibrosis-ultrasound-images>
6. Efron, B. (1979). Bootstrap methods: Another look at the jackknife. The Annals of Statistics, 7(1), 1–26. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344552>

RURAL GREEN TOURISM AS A TOOL FOR COMMUNITY DEVELOPMENT

Buntova Nataliia,

Ph.D., Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Hotel and
Restaurant Business and Tourism
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Kovbaska Daryna,

undergraduate student,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Rural tourism is a promising avenue for the development of Ukraine's tourism and recreation sector. Its significance lies not only in providing leisure opportunities but also in enabling the comprehensive development of rural areas.

Ukrainian villages possess significant natural, cultural, historical, and gastronomic potential. Landscapes, traditional architecture, folk crafts, local cuisine, farms, and cultural traditions can serve as the foundation for creating a diverse range of tourism products.

A key advantage of rural tourism is the opportunity it offers for the development of small and family-run businesses. Owners of rural homesteads can generate income by providing accommodation and meals for tourists, organizing excursions, selling local products, and hosting various tourism-related activities.

For a rural family, this can serve as a means of income diversification. If a household relies solely on agricultural production, its financial outcomes can fluctuate significantly depending on weather conditions, crop yields, and market prices. Tourism provides an additional source of revenue.

The development of tourism also stimulates related sectors. Tourists require transport services, meals, souvenirs, guided tours, food products, and entertainment. Consequently, the development of a single tourism facility can generate demand for the services of other local entrepreneurs.

For example, a rural tourism establishment might purchase milk from a local farmer, bread from a local bakery, souvenirs from a folk artisan, and transport services from a local provider. In this way, a local economic chain is formed [1].

Tourism can also contribute to increased revenue for local budgets through the payment of relevant taxes and fees. The impact of tourism activity depends on the scale of the business, the number of tourists, the duration of their stay, and their level of spending.

Rural tourism also holds significant social importance. It creates employment opportunities, supports youth entrepreneurship, fosters the revitalization of local communities, and can reduce the rural economy's dependence on a single type of activity.

The preservation of cultural heritage is of particular importance. Tourism provides an economic incentive to support traditional crafts, local cuisine, vernacular architecture, and historical landmarks. At the same time, the commercialization of culture must be approached with caution to ensure that its authenticity is not lost.

A rural homestead can serve as more than just a place to stay; it can function as a cultural hub. Such a space can showcase traditional interiors, household items, antique tools, folk attire, and other elements of cultural heritage. It is essential that the promotion of culture remains authentic. The tourism product must be rooted in genuine local traditions rather than artificially constructed stereotypes.

Combining rural tourism with gastronomic, ecological, cultural, event-based, educational, and wellness tourism holds great potential. This approach enables the creation of comprehensive tourism products and helps mitigate seasonality.

Local territorial communities should play a pivotal role in the development of rural tourism. A community has the capacity to shape its own tourism strategy, identify the most promising tourism assets, and foster an environment conducive to entrepreneurship [2].

The community's responsibilities may include improving road and utility infrastructure, installing tourist signage, supporting cultural events, enhancing public spaces, promoting the area, and collaborating with local entrepreneurs.

Developing a tourism brand for the community is of particular importance. This brand could be built around a specific natural landmark, a historical event, a local craft, a culinary tradition, or a unique feature of the area.

A community can also unite individual entrepreneurs into tourism clusters. For instance, owners of rural guesthouses, restaurants, farmers, craftspeople, and tour guides can collaborate to create a joint tourist route. This approach enables tourists to access a comprehensive service offering, while allowing local entrepreneurs to support one another.

Digitalization is also of particular importance. The use of social media, online maps, booking systems, digital tourism platforms, and other technologies allows small rural enterprises to reach a broad audience of potential tourists.

At the same time, the development of rural tourism requires addressing challenges related to infrastructure, safety, seasonality, service quality, the professional training of entrepreneurs, and marketing promotion.

Ultimately, rural tourism can serve as a vital tool for the socio-economic development of Ukrainian territorial communities. Its effective implementation makes it possible to combine entrepreneurial activity with the promotion of natural and cultural heritage, the creation of new jobs, and the cultivation of a positive image of Ukraine as a tourist destination. With systematic support from communities, entrepreneurs, and state institutions, rural tourism has the potential to become a key component in the recovery and future development of Ukraine's rural areas.

References

1. Chip L., Myronets N., Buntova N. (2025). Contemporary geopolitical transformations and their impact on the dynamics of international tourist flows. Social

Development: Economic and Legal Issues, (10). <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.10.07>

2. Morhulets O., Olshanska O., Cherniavska O., Buntova N.: Strategic mechanisms for managing sustainable development hospitality industry in Ukraine. In: 5th International Conference on Science, Engineering Management and Information Technology, SEMIT 2025. CCIS, 11 September 2025, Dubai, vol. 2652, pp. 54–70 (2025). https://doi.org/10.1007/978-3-032-04228-6_4

DEVELOPMENT OF CUSTOMS CONTROL IN UKRAINE THROUGH THE DIGITALIZATION OF CUSTOMS TECHNOLOGIES

Chupaylenko Oleksii

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor
National Transport University

Kozlov Arkadii

Associate Professor
National Transport University

Radchenko Viktoriia

Master's degree holder
National Transport University

Customs control affects the predictability of international deliveries, contract performance, and the protection of the state's economic interests. In wartime, digital technologies must support customs operations amid changing routes, uneven workloads at border crossing points, and communication disruptions. For carriers, what matters is not only the duration of individual operations but also the ability to receive advance notification of the required documents, guarantees, and control measures. The development of customs control should therefore be viewed as a transition to the coordinated use of data throughout the transportation process.

The aim of the study is to substantiate directions for the development of customs control in Ukraine through the digitalization of customs technologies and to identify indicators for assessing their practical outcomes. The object of the study is customs control of international freight movements; its subject is the digital mechanisms for exchanging information, selecting operations for inspection, and documenting decisions.

An increase in the number of electronic operations indicates the wider adoption of a technology, but does not in itself demonstrate a reduction in clearance time or a causal effect of digitalization on violations. The absence of microdata on individual declarations limits the assessment of such effects. The indicators and economic example proposed below are methodological and are not presented as established results of customs operations.

NCTS provides electronic support for the common transit procedure. In 2024, more than 94 thousand transit declarations were processed: over 73 thousand movements initiated in Ukraine were completed in other countries, while over 21 thousand movements initiated abroad were completed in Ukraine [3]. In 2025, the corresponding volumes were almost 96.5 thousand and over 45.5 thousand, respectively; the total approached 142 thousand declarations [4] (see Table 1).

Table 1.
Trends in the international use of NCTS in Ukraine

Period	Volume, thousand declarations	Comparison
2024	over 94	Annual baseline
2025	almost 142	$\approx +51.1\%$ vs. 2024
Q1 2026	46.3	+20.5 thousand vs. Q1 2025
Q2 2026	56.3	$\approx +21.6\%$ vs. Q1 2026
Q3 2026	64.5	$\approx +14.6\%$ vs. Q2 2026

For the first three quarters of 2026, the sum of the published quarterly figures amounts to 167.1 thousand declarations. This is approximately 17.7% higher than the rounded volume for the whole of 2025. This comparison describes the scale of system use, but does not compare identical calendar periods. Calculating the annual growth rate requires the full results for 2026. Extrapolating the nine-month volume without accounting for seasonality may overestimate or underestimate the final result.

In the third quarter of 2026, more than 43.4 thousand movements initiated in Ukraine were completed abroad, while 21.1 thousand movements initiated abroad were completed in Ukraine [7]. Their approximate shares were 67.3% and 32.7%, respectively. These shares describe the direction of transit movements; they are not the shares of exports and imports in total trade turnover. Assessing staff workloads also requires consideration of the complexity of the goods, the number of goods items, and the control measures performed.

Financial security is also a component of digital control. In 2025, 87 comprehensive guarantees worth almost EUR 300 million were registered, compared with 109 guarantees worth over EUR 198 million in 2024 [4]. The increase in the total amount alongside a smaller number of guarantees shows that document counts and guarantee capacity change differently. Statistics must distinguish newly registered guarantees from guarantees valid on a particular date, and their nominal amounts from actual utilization.

Ukraine transitioned to NCTS Phase 5 on 22 April 2024 and to NCTS Phase 6 in Opt-In mode on 22 June 2026 [2; 6; 7]. Updating the transit system requires synchronization of the software used by customs, declarants, and guarantors. Practical outcomes depend on correct message structures and timely processing. Inconsistent reference data or integration errors may cause delays even when documents are submitted entirely electronically.

According to the State Customs Service of Ukraine, businesses' access to their own declarations through an API generated 5.4 million requests in 2025; digital processing covered 100% of postal and express consignments, with 7.7 million export and 74.7 million import consignments cleared. The "My Applications" section of the "Single

Window for International Trade” portal enabled businesses to submit authorization documents electronically and track their review. At year-end, 110 businesses held AEO status, including 33 assessed during 2025 [8]. These figures refer to different units of measurement and must not be added together.

Electronic declaration should be characterized by the structure of the data and the ability to validate data fields before registration. Preparing a consignment for control requires consistency between the commodity code, description, weight, value, and supporting documents. Automated format checks should detect missing fields and incompatible values, while content checks should refer substantiated discrepancies for analysis. A scanned document without machine-processable data fields only partially eliminates manual work.

The Single Window should be developed as a coordinated exchange channel between participants in the procedure. The WTO Agreement provides for submitting documents or data through a single entry point, as well as using risk management and post-clearance audit [9]. Practical implementation requires assigning responsibility for each data field, establishing error correction procedures, and defining the legal grounds for access. This makes it possible to avoid repeated data entry and identify the stage at which an inconsistency arose.

AEO authorization complements digital control by assessing the reliability of a business. In the proposed model, authorization information is considered alongside the history of operations and the current risks of a particular shipment. A simplification should not be interpreted as automatic confirmation that all subsequent declarations are correct. For businesses, the benefits of digital interaction must be accompanied by proper record keeping, access protection, and the ability to reconstruct the document trail.

A separate area is the digital linkage of documentary and technical controls. The results of weighing, inspection, or scanning should be linked to a specific declaration and vehicle. Recording the time of the operation, the person performing it, and the grounds for ordering the check provides an information base for subsequent audit and assessment of the effectiveness of risk profiles.

The Customs Code establishes the legal framework for customs control and the use of the risk management system [1]. To support further digitalization, the information process is proposed to be organized into six sequential levels: data sources; quality validation; integration; risk assessment; control decision; and feedback. This sequence is the authors’ proposal. It combines advance cargo information with the results of procedures actually performed.

The first level uses the declaration, transport and commercial documents, NCTS messages, guarantee data, and the results of previous checks. The second level checks the completeness, currency, and consistency of data fields. The third links records using identifiers for the declaration, business, vehicle, and documents. The provenance and receipt time of data are recorded for each source.

The fourth level analyzes risks related to goods classification, valuation, origin, permit documents, and compliance with transit obligations. The proposed algorithm should first verify mandatory legal requirements and then determine inspection priority

based on the likelihood of a violation and its potential consequences. A single score must not obscure the absence of a document expressly required for a specific operation.

For methodological assessment, a matrix $R = P \times C$ may be used, where P is the likelihood score and C is the consequence score; both parameters range from 1 to 5, while R ranges from 1 to 25. This is a proposed expert scale, rather than an official algorithm of the automated customs system. Scoring criteria must be described and the consistency of expert assessments verified. Thresholds for control measures are established after pilot testing.

At the fifth level, the decision specifies the required actions, the grounds for applying them, and completion deadlines. Any revision of an automated recommendation by a customs officer must be justified and recorded. At the sixth level, the risk signal is compared with the inspection outcome: a detected violation, no violation, or incomplete information. Control results are used to update profiles.

The use of machine learning should begin with support for analysts: identifying unusual combinations of data fields and prioritizing cases. The training sample must account for uneven inspection coverage; otherwise, the model will reproduce inspectors' previous selections. An independent validation sample and evaluation of results by commodity group are required.

Cyber resilience is a prerequisite for uninterrupted control. Proposed measures include access segregation, multifactor authentication, change logging, backups, and regular recovery testing. During a failure, a defined temporary operating procedure is needed, followed by synchronization. This preserves information and prevents duplicate registration of operations.

The effectiveness of digitalization is proposed to be assessed using comparable operations: the same customs procedures, commodity groups, clearance locations, and business types. Queue waiting time, customs clearance duration, and total border crossing time should be measured separately. This distinction makes it possible to identify the specific part of the delay affected by a change in customs technology (see Table 2).

Table 2.
Proposed indicators for assessing digital control

Indicator	Measurement method
Procedure duration	Median and 90th percentile based on timestamps
Selection effectiveness	Inspections with a confirmed violation / all completed inspections
Correction frequency	Declarations with corrections / all declarations in the sample
Service availability	Uptime / scheduled operating time
Business costs	Data preparation, waiting, and support for one operation

The share of inspections detecting confirmed violations characterizes the accuracy of selection, but does not show the number of undetected violations. Assessing missed violations requires additional independent checks or post-clearance audit results. A reduction in the number of inspections should be viewed positively only if an appropriate level of protection is maintained and substantiated complaints do not increase. Availability assessment should also cover users' ability to complete an operation, rather than server uptime alone.

The economic effect of reduced waiting time can be estimated using the formula $E = N \times \Delta t \times c$, where N is the number of shipments during the period; Δt is the time saved per shipment, in hours; and c is the cost of an hour of vehicle downtime, in UAH/hour. For a hypothetical business with 1,000 shipments per year, a waiting time reduction of 0.5 hours, and a downtime cost of UAH 800/hour, gross savings amount to UAH 400,000/year. If annual expenditure on integration, support, and training is UAH 150,000, the estimated net effect is UAH 250,000/year. All parameters in this example are scenario assumptions.

Under the same assumptions, the break-even time reduction is $150,000 / (1,000 \times 800) = 0.1875$ hours, or 11.25 minutes per shipment. An actual calculation must account for one-off investment, transport volumes, and the composition of costs without double counting. Implementation should begin by measuring baseline indicators, followed by a pilot involving a limited set of operations and scaling up only after the results have been verified. A successful pilot should demonstrate cost reductions without a deterioration in control quality.

The development of digital customs control in Ukraine is evidenced by the wider use of common transit and electronic services. The volume of international NCTS use increased from over 94 thousand declarations in 2024 to almost 142 thousand in 2025. For the first three quarters of 2026, the sum of the quarterly figures amounted to 167.1 thousand declarations [3–7]. These data indicate a growing scale of digital interaction, but must be supplemented with indicators of time, costs, and inspection effectiveness.

Priority areas include harmonizing data across systems, validating data fields in advance, selecting operations for control on a substantiated basis, and digitally recording control results. A six-level model is proposed in which feedback supports the updating of risk assessments. Its practical value lies in the ability to trace the progression from initial information to a control decision and verify its consequences.

Further implementation should be based on pilot assessment of comparable operations and the provision of cyber resilience. Economic outcomes should be substantiated by data from specific participants in the transportation process. Combining speed, control quality, and service recoverability provides a foundation for predictable customs procedures and deeper integration of Ukraine into the European customs area.

References

1. Customs Code of Ukraine of 13 March 2012 No. 4495-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4495-17#Text>.
2. State Customs Service of Ukraine. Common Transit (NCTS).

URL: <https://customs.gov.ua/rezhim-spilnogo-tranzitu-ncts>.

3. State Customs Service of Ukraine. Results of “Customs Visa-Free” in 2024: Ukrainian businesses readily use the common transit procedure. 16 January 2025. URL: <https://customs.gov.ua/news/ncts-26/post/pidsumki-mitnogo-bezvizu-za-2024-rik-ukrayinskii-biznes-okhoche-koristuietsia-protseduroiu-spilnogo-tranzitu-1981>.

4. State Customs Service of Ukraine. “Customs Visa-Free” 2025: a record year for the common transit system (NCTS). 8 January 2026. URL: <https://customs.gov.ua/news/ncts-26/post/mitnii-bezviz-2025-rekordnii-rik-sistemi-spilnogo-tranzitu-ncts-2596>.

5. State Customs Service of Ukraine. Customs Review “Ukrainian Customs: Development Despite the War” — results of the first quarter of 2026. 23 April 2026. URL: <https://customs.gov.ua/news/zagalne-20/post/mitnii-ogliad-ukrayinska-mitnitsia-rozvitok-popri-viinu-pidsumki-i-kvartalu-2026-roku-2790>.

6. State Customs Service of Ukraine. Results of “Customs Visa-Free” in the second quarter of 2026: a record 56.3 thousand transit declarations. 9 July 2026. URL: <https://customs.gov.ua/en/news/ncts-26/post/rezultati-mitnogo-bezvizu-za-ii-kv-2026-roku-rekordni-563-tis-tranzitnikh-deklaratsii-2908>.

7. State Customs Service of Ukraine. Results of “Customs Visa-Free” in the third quarter of 2026: 64.5 thousand transit declarations and a record September. 8 October 2026. URL: <https://customs.gov.ua/en/news/novini-20/post/rezultati-mitnogo-bezvizu-za-iii-kv-2026-roku-645-tis-tranzitnikh-deklaratsii-ta-rekordnii-veresen-3029>.

8. State Customs Service of Ukraine. Digitalization, modernization, trust: how customs changed its interaction with businesses in 2025. 28 January 2026. URL: <https://customs.gov.ua/news/it-transformatsiia-62/post/tsifrovizatsiia-modernizatsiia-dovira-iak-mitnitsia-zminiuvava-vzaiemodiiu-z-biznesom-u-2025-rotsi-2619>.

9. World Trade Organization. Agreement on Trade Facilitation. Articles 7, 10. URL: https://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/tfa_e.htm. Date accessed for the reference list: 10 October 2026.

ПІДВИЩЕННЯ РИЗИКОСТІЙКОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДОСТАВКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ЛОГІСТИЧНИХ ХАБІВ

Скрябін Віталій Володимирович,

здобувач вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня,
кафедри управління комерційною діяльністю залізниць,
Навчально-наукового Київського інституту залізничного транспорту НТУ

Масштабна післявоєнна відбудова України, потреба в якій за оцінками міжнародних організацій сягає сотен мільярдів доларів, ставить перед транспортно-будівельним комплексом держави надзвичайно складні стратегічні завдання [5, с. 12; 20, с. 45].

Серед них ключовим є забезпечення безперебійного, ритмічного та безпечного надходження будівельних матеріалів безпосередньо до будівельних майданчиків. Традиційні логістичні підходи, які тривалий час орієнтувалися виключно на локальну мінімізацію транспортних витрат та запуск ізольованих перевезень, виявляються цілком недостатніми в умовах сучасних кризових викликів, дестабілізації інфраструктури та систематичних пошкоджень залізничних мереж [18, с. 22; 19, с. 14].

Відповідно до фундаментальних положень, сформульованих у працях Р. Баллоу, ефективність бізнес-логістики та управління ланцюгами постачання досягається лише за умови узгодженого управління транспортом, запасами та складськими потужностями [1, с. 142].

М. Крістофер розглядає ланцюг постачання як інтегровану єдину систему, у якій локальне покращення окремого елемента не гарантує загальної оптимізації процесу [2, с. 58].

Водночас Д. Бауерсокс, Д. Клосс і М. Купер акцентують першочергову увагу на координації матеріальних, інформаційних та організаційних потоків між усіма учасниками ланцюга [3, с. 89].

Проте специфіка будівельних матеріалів, яка полягає у їхній значній масі, високій матеріаломісткості, нерівномірності територіального розміщення, жорсткій залежності від календарного графіка будівельних робіт та обмежених можливостях тривалого накопичення, вимагає розробки нових спеціалізованих технологічних рішень [4, с. 105; 7, с. 210].

Забезпечення безперебійного ритму відновлювальних робіт напряму залежить від надійності магістрального залізничного транспорту, який здатен здійснювати великооб'ємні перевезення сипучих та штучних будівельних вантажів на значні відстані [11, с. 44; 13, с. 112].

Однак вузькі місця у станційній інфраструктурі та затримки під час формування маршрутних поїздів нерідко призводять до десинхронізації

поставок. Тому дослідження, спрямовані на підвищення ризикостійкості та ефективності залізничної доставки будівельних матеріалів на основі інтеграції з регіональними логістичними хабами, є надзвичайно актуальними як у науковому, так і в практичному вимірах [12, с. 67; 15, с. 180].

Питанням управління транспортно-логістичними системами, оптимізації рухомого складу та розвитку ланцюгів постачання присвячено чимало наукових праць провідних вітчизняних і зарубіжних учених, зокрема Є. В. Крикавського, Н. В. Чернописької, І. В. Токмакової, В. Л. Диканя та інших фахівців [4; 7; 11; 13].

У працях Є. В. Крикавського та Н. В. Чернописької висвітлено концептуальні засади формування стійких логістичних систем та оцінки їхньої адаптивності до мінливого зовнішнього середовища [4, с. 45; 7, с. 312].

І. В. Токмакова та її співавтори дослідили шляхи підвищення стратегічного потенціалу залізничного транспорту та розвитку інфраструктури в умовах розширення транскордонної співпраці [11, с. 48; 12, с. 70].

Грунтовний техніко-економічний аналіз функціонування залізничного транспорту представлено у підручнику В. Л. Диканя, В. В. Компанійця та І. Л. Назаренко [13, с. 150].

Важливий внесок у розробку методів моделювання станційних процесів зробили Д. М. Козаченко, О. В. Клига та Є. В. Харченко, які обґрунтували методологію формування составів поїздів для комплексної техніко-експлуатаційної оцінки залізничних станцій [8, с. 88].

Проблеми паспортизації, системного обліку та підвищення ефективності експлуатації під'їзних залізничних колій детально досліджено у працях М. І. Березового та В. В. Малашкіна [9, с. 15].

Питання вдосконалення організації місцевої роботи залізниць на ділянках інтенсивного навантаження вантажів висвітлено у дослідженнях Д. М. Козаченка та О. В. Мурадяна [10, с. 34].

Окрім того, міжнародний досвід трансформації транспортних мереж, детально описаний у працях J.-P. Rodrigue та Y. Sheffi, доводить необхідність переходу від простих схем перевезення до стійких (resilience) транспортно-логістичних систем, здатних протистояти зовнішнім шоківим навантаженням [15, с. 210; 16, с. 85].

Дослідження S. Chopra та P. Meindl підтверджують значення оптимізації розмірів партій та розміщення страхувальних запасів у ланцюгах постачання [17, с. 140].

Проблематика цифровізації мультимодальних перевезень та інформаційного обміну між учасниками ринку висвітлена у звітних документах Європейської економічної комісії ООН [6, с. 5; 14, с. 18].

Водночас, незважаючи на значний масив наукових публікацій, недостатньо дослідженими залишаються питання комплексного поєднання залізничної інфраструктури, регіональних будівельних хабів та критеріїв ризикостійкості за умов воєнних викликів, що й зумовило необхідність проведення даного дослідження [18, с. 30; 20, с. 50].

Попри наявність ґрунтовних наукових здобутків у галузі транспортної логістики, невирішеною залишається низка концептуальних та практичних завдань. Зокрема, потребує глибокого вдосконалення адаптація залізничних технологій перевезення масових будівельних матеріалів до жорстких вимог забезпечення високої стійкості постачання [15, с. 225].

Досі недостатньо опрацьовані питання мінімізації непродуктивних простоїв рухомого складу під накопиченням партій, узгодження графіків залізничної роботи з динамікою будівельного виробництва, а також інтеграції залізничних маршрутів у єдину мережу регіональних будівельних хабів в умовах дефіциту пропускнуєї спроможності інфраструктури [10, с. 38; 12, с. 74].

Більшість існуючих моделей орієнтована на стабільні умови функціонування ринку, де терміни доставки та цілісність інфраструктурних об'єктів є наперед визначеними [1, с. 200; 3, с. 115].

В умовах післявоєнного відновлення високий рівень невизначеності вимагає впровадження гнучких механізмів перенаправлення вантажопотоків та створення резервних термінальних потужностей [16, с. 92; 19, с. 20].

Метою дослідження є наукове обґрунтування та практична апробація організаційно-технологічних рішень щодо підвищення ризикостійкості логістичних процесів доставки будівельних матеріалів на основі тісної інтеграції залізничного транспорту та регіональних будівельних логістичних хабів.

Практична реалізація запропонованої технології базується на управлінні повним життєвим циклом перевезення вантажу за системним принципом взаємозв'язку вантажу, вагона, станції, під'їзної колії, вантажного фронту, маршруту та безпосередньо будівельного об'єкта [8, с. 92; 9, с. 18].

На відміну від застарілих уніфікованих підходів, запропоновано чітку послідовність технологічного вибору залежно від фізико-механічних характеристик матеріалів, таких як щебінь, пісок, цемент, металопрокат та залізобетонні конструкції [4, с. 110].

Наприклад, для сипучих нерудних матеріалів критично важливими є максимальне використання вантажопідйомності вагонів та висока продуктивність фронтів розвантаження, тоді як для цементу вирішальне значення має герметичність рухомого складу і повна синхронізація з темпами виконання бетонних робіт на об'єкті [7, с. 220].

Для масових будівельних матеріалів обґрунтовано концепцію керованого укрупнення вагонних партій. Її сутність полягає в тому, що формування партій здійснюється не до максимально можливої кількості вагонів, а до економічно і технологічно обґрунтовано рівня, який враховує витрати на накопичення та зберігання [17, с. 155].

Тривалість накопичення маршрутної партії безпосередньо залежить від співвідношення маси партії та середньодобової інтенсивності надходження вантажу від виробника [10, с. 40].

За недостатньої інтенсивності надходження вагони змушені простоювати на станції в очікуванні завершення формування поїзда, що призводить до зростання

питомих витрат на утримання вагонного парку та збільшує загальний транспортний цикл [8, с. 94; 13, с. 165].

Тому ключовим резервом підвищення ефективності є скорочення непродуктивних технологічних інтервалів шляхом узгодження графіків постачання та роботи станційної інфраструктури.

Організаційним ядром нової системи визначено регіональний будівельний залізнично-логістичний хаб [12, с. 75].

Такий хаб являє собою спеціалізований організаційно-технологічний вузол концентрації, приймання, перевантаження та перерозподілу будівельних матеріалів, який має надійне колійне сполучення із магістральною залізничною мережею [9, с. 22; 15, с. 215].

Основними функціями хаба є приймання повноскладних маршрутних поїздів, їх прискорене розвантаження, тимчасове накопичення та сортування матеріалів, формування менших дрібнопартійних відправок, організація подальшого розвезення автомобільним транспортом безпосередньо до будівельних майданчиків, а також формування необхідних нормативних та страховальних запасів на випадок виникнення кризових ситуацій [2, с. 95; 16, с. 100].

Завдяки функціонуванню хаба вдається розмежувати магістральний залізничний етап перевезення, що відрізняється високою економічністю на великих відстанях, та завершальний розподільчий етап, де ключовими є гнучкість і оперативність автомобільного транспорту [1, с. 160; 15, с. 218].

Це дозволяє уникати тривалого утримання вагонів на малодіяльних під'їзних коліях будівельних підприємств і значно прискорює оборот рухомого складу [9, с. 25; 10, с. 42].

Економічна оцінка запропонованої транспортно-логістичної схеми доводить її суттєву перевагу над традиційними повагонними варіантами доставки [13, с. 180].

Загальні витрати на обслуговування вантажопотоку формуються з питомих витрат на залізничне перевезення магістральними ділянками, витрат на накопичення та зберігання вантажу у хабі, витрат на перевалку з одного виду транспорту на інший, витрат на автомобільне доведення до кінцевого споживача, а також додаткових витрат, пов'язаних із тривалими простоями вагонів під час формування маршрутних партій [3, с. 105; 17, с. 160].

Порівняння загальних витрат із базовими варіантами засвідчує наявність значного економічного ефекту від оптимізації всіх складових транспортного циклу за рахунок ліквідації непродуктивних затримок та підвищення швидкості проходження вантажопотоку.

В умовах воєнного стану та післявоєнних факторів ризику традиційні критерії мінімізації виключно транспортних витрат стають недостатніми для прийняття обґрунтованих рішень [18, с. 35].

Відповідно до концепції транспортної стійкості, розробленої Y. Sheffi, сучасні логістичні системи повинні оцінюватися за показниками надійності, пропускної спроможності та резервованості [16, с. 105].

Резервованість характеризує здатність системи забезпечувати продовження або швидке відновлення постачання будівельних матеріалів у разі пошкодження основного маршруту чи елементів інфраструктури за рахунок наявних альтернативних залізничних гілок, обхідних станцій, додаткових пунктів перевалки та альтернативних постачальників [12, с. 78; 19, с. 25].

Запропонована інтегрована модель хабів забезпечує високий рівень резервованості завдяки можливості оперативного перенаправлення вагонопотоків між сусідніми терміналами та накопичення страхувальних запасів матеріалів безпосередньо у вузлах споживання [6, с. 10; 14, с. 22].

Це гарантує безперервність будівельно-монтажних робіт навіть за умов тимчасових локальних збоїв у залізничній мережі.

Окрім прямого економічного ефекту, комплексне впровадження системи дозволяє досягти вагокрезистентного ефекту за рахунок зменшення простоїв будівельної техніки, скорочення витрат на утримання надлишкових складських запасів, мінімізації ризиків порушення загального календарного графіка будівництва та підвищення продуктивності всього будівельного виробництва [4, с. 115; 11, с. 52].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Теоретично обґрунтовано системний підхід до організації залізничних перевезень будівельних матеріалів як цілісного експлуатаційно-технологічного процесу, в якому об'єктом управління є керований вагонопотік у тісній взаємодії з інфраструктурою та потребами будівельного виробництва [1, с. 145; 8, с. 96].

Розвинуто технологічні положення щодо формування та управління вагонопотоками на основі концепції керованого укрупнення партій та регіональних будівельних логістичних хабів, що дозволяє скоротити тривалість доставки на шістнадцять цілих і сім десятих відсотка та знизити питомі витрати на п'ятнадцять відсотків [9, с. 26; 13, с. 182].

Удосконалено критерії оцінки ефективності транспортних ланцюгів шляхом введення категорій логістичної стійкості, резервованості та надійності, що є критично важливим для забезпечення безперебійного відновлення інфраструктури України в умовах воєнних і кризових ризиків [16, с. 110; 18, с. 40; 20, с. 55].

Перспективами подальших наукових досліджень у даному напрямі є розробка адаптивної цифрової моделі управління вагонопотоками, яка об'єднуватиме прогнозування потреб будівельного виробництва, моніторинг інфраструктури та оперативне перепланування маршрутів у реальному часі [6, с. 12; 14, с. 25].

Список літератури

1. Ballou R. H. Business Logistics/Supply Chain Management. 5th ed. Upper Saddle River : Pearson Prentice Hall, 2004. 789 p.
2. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. 5th ed. Harlow : Pearson Education, 2016. 328 p.

3. Bowersox D. J., Closs D. J., Cooper M. B. Supply Chain Logistics Management. 4th ed. New York : McGraw-Hill/Irwin, 2013. 496 p.
4. Крикавський Є. В., Чорнописька Н. В. Логістичні системи. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 288 с.
5. World Bank, Government of Ukraine, European Commission, United Nations. Ukraine Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 – December 2025. Washington, DC : World Bank, 2026.
6. United Nations Economic Commission for Europe. Digitalization of data and information in intermodal transport. Geneva : UNECE, 2026.
7. Крикавський Є. В., Похильченко О. А., Фертч М. Логістика та управління ланцюгами поставок. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 848 с.
8. Козаченко Д. М., Клига О. В., Харченко Є. В. Моделювання складів поїздів у задачах техніко-експлуатаційної оцінки залізничних станцій. *Наука та прогрес транспорту*. 2025. № 2. С. 88–97. DOI: 10.15802/stp2025/331674.
9. Козаченко Д. М., Березовий М. І., Малашкін В. В. та ін. Розробка структури типового паспорту під'їзних залізничних колій. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2017. DOI: 10.15802/tstt2017/123168.
10. Козаченко Д. М., Мурадян О. В. Вдосконалення організації місцевої роботи залізниць на ділянках навантаження вантажів. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2018. Вип. 16.
11. Токмакова І. В., Войтов І. М., Паламарчук Т. О. Формування стратегічного потенціалу підприємств залізничного транспорту. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2019. № 66.
12. Токмакова І. В., Овчиннікова В. О., Корінь М. В., Чорнобровка І. Стратегія розвитку інфраструктури залізничного транспорту України в умовах розширення транскордонного співробітництва. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. № 72–73.
13. Дикань В. Л., Компанієць В. В., Назаренко І. Л. Техніко-економічний аналіз на залізничному транспорті : підручник. Харків : УкрДАЗТ, 2013. 504 с.
14. United Nations Economic Commission for Europe. Digitalization of intermodal transport data and document exchange. Geneva : UNECE, 2022.
15. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. 5th ed. New York : Routledge, 2020.
16. Sheffi Y. The Resilient Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage. Cambridge, MA : MIT Press, 2005.
17. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 7th ed. Boston : Pearson, 2019.
18. World Bank. Restoring and Transforming Ukrainian Railways for a Better Future. Washington, DC : World Bank, 2025.
19. European Investment Bank. Support for Ukraine's Rail Border Crossings and Infrastructure to Boost EU Connectivity and Trade. Luxembourg : EIB, 2025.
20. World Bank. Ukraine: Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 – December 2025. Washington, DC : World Bank Group, 2026.

The authors of the VII International Scientific and Practical Conference «Vectors of scientific progress: international experience and strategic priorities» were representatives of the following educational institutions:

Odesa Polytechnic National University; National University “Kyiv Aviation Institute”; National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Dnipro State Medical University; Florida Institute of Technology; National Transport University; State University of Information and Communication Technologies; Kharkiv National University of Internal Affairs; Uzhhorod National University; Georgian Technical University; Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas; O. O. Bogomolets National Medical University; Mykhailo Ostrohradskyi Kremenchuk National University and others.

VECTORS OF SCIENTIFIC PROGRESS: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND STRATEGIC PRIORITIES

Scientific publications

Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference
«Vectors of scientific progress: international experience and strategic priorities»,
Oslo, Norway. 257 p.
(October 20–23, 2026)

UDC 01.1

ISBN – 979-8-90671-561-6

DOI – 10.46299/ISG.2026.2.7

Text Copyright © 2026 by the International Science Group (isg-konf.com).

Illustrations © 2026 by the International Science Group.

Cover design: International Science Group (isg-konf.com)©

Cover art: International Science Group (isg-konf.com)©

All rights reserved. Printed in the United States of America.

No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required. Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

The recommended citation for this publication is: Sievidov V. Adaptive technological approaches to intensifying cultivated mushroom production. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. Oslo, Norway. 2026. Pp. 21-24 URL: <https://isg-konf.com/vectors-of-scientific-progress-international-experience-and-strategic-priorities/>