Міністерство освіти і науки України
Український державний університет
науки і технологій /УДУНТ/
ННІ Дніпровський металургійний інститут УДУНТ
Фізико-технічний інститут металів і сплавів НАН України
Дніпровський освітній центр /Україна/
ВСП Нікопольський факультет УДУНТ

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University
of Science and Technologies /USUST/
ESI Dnipro Metallurgical Institute of USUST
Physical and Technical Institute of Metals and Alloys of the
National Academy of Sciences of Ukraine
Dnipro Education Center /Ukraine/
SSU Nikopol's Faculty of USUST

XVI Всеукраїнська конференція молодих вчених

«МОЛОДІ ВЧЕНІ 2026 – ВІД ТЕОРІЇ ДО ПРАКТИКИ»

18 березня 2026 р.
м. Дніпро, Україна

М А Т Е Р І А Л И

XVI All-Ukrainian Conference of Young Scientists

«YOUNG SCIENTISTS 2026- FROM THEORY TO PRACTICE»

March 18 2026, Dnipro, Ukraine

P R O C E E D I N G S

Дніпро
Журфонд
2026

УДК 658.562.012.7
М75

Конференцію включено до Переліку міжнародних, всеукраїнських науково-практичних конференцій в системі МОН України на 2026 рік (http://www.uintei.kiev.ua/page/plan-provedennya-naukovyh-naukovo-tehnichnyh-zahodiv-v-ukrayini-0).

Схвалено Вченою радою ННІ Дніпровський металургійний інститут УДУНТ
і редакційною радою конференції

До збірника матеріалів XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Молоді вчені 2026 - від теорії до практики» (18 березня 2026 р., Дніпро, Україна) увійшли 214 публікацій (статті, доповіді, тези доповідей), що надійшли до оргкомітету та були прийняті до опублікування.

The collection of materials of the 16th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Young Scientists 2026 - from Theory to Practice" (March 18, 2026, Dnipro, Ukraine) included 214 publications (articles, reports, abstracts of reports) that were submitted to the organizing committee and accepted for publication.

**Верстку збірника здійснено з оригіналів,
наданих авторами в електронному вигляді.**

**Тексти доповідей / статей, тез / та їх назви в змісті відтворені мовами оригіналів.
Матеріали, що включені до збірника, відтворено в редакції,
запропонованій авторами, або узгодженій з ними.**

**Укладачі збірника і видавець не несуть відповідальності
за зміст та стиль подання авторами матеріалів, можливі орфографічні помилки
у прізвищах та назвах організацій,
якість формул та ілюстрацій, виконаних авторами з відхиленнями від вимог
редакційної ради.**

Відповідальність за належне декларування (атрибуцію) використання інструментів ШІ для створення або обробки будь-яких результатів, що містяться в матеріалах збірника та як наслідок – за наявність ненавмисного плагіату, помилкових посилань або недостовірної інформації несуть автори публікацій.

ISBN 978-617-8737-68-9

© УДУНТ, 2026
© Дніпровський освітній центр, 2026
© Хохлова Т.С., Ступак Ю.О.,
упорядкування, 2026

СЕКЦІЯ 1

«МЕТАЛУРГІЯ, МЕТАЛООБРОБКА, МАШИНОБУДУВАННЯ. НОВІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

Модератор

В.Ф. БАЛАКІН
докт. техн. наук, проф.

WORKSHOP 1

« METALLURGY, METALWORKING, MECHANICAL ENGINEERING. NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES »

Moderator

Valerii BALAKIN
Dr (Eng.), Prof.

ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОВОЛЬТАЇКИ ЗА РАХУНОК КВАНТОВИХ ТОЧОК

Студент Є.О. Божко
Керівник - доц., канд. техн. наук М.Л. Антонов
Національний університет «Запорізька політехніка»
м. Запоріжжя, Україна

Сонячна енергія є одним із найперспективніших джерел відновлюваної енергії, проте її широке впровадження стикається з низкою проблем, зокрема з обмеженою ефективністю та високими виробничими витратами. Останніми роками поява сонячних елементів на основі квантових точок викликала значний інтерес завдяки їхньому потенціалу подолати ці перешкоди.

Сонячна енергія вже давно вважається перспективним джерелом відновлюваної енергії, що пропонує чисту та стійку альтернативу викопним паливам. Однак традиційні сонячні елементи на основі кремнію мають обмеження щодо ефективності та економічності. На зміну їм приходять квантові елементи — революційна технологія, яка обіцяє подолати ці бар'єри та відкрити нову еру виробництва сонячної енергії.

Що таке квантові точкові сонячні елементи: Квантові точкові сонячні елементи — це тип сонячних елементів, що використовують нанорозмірні напівпровідникові частинки, так звані квантові точки, для поглинання сонячного світла та перетворення його на електроенергію. Ці крихітні частинки мають унікальні оптичні та електронні властивості, що дозволяє їм ефективно поглинати фотони в ширшому спектрі світла порівняно з традиційними сонячними елементами [1].

Квантові точки — нанорозмірні напівпровідникові частинки — мають унікальні квантово-механічні властивості, що дозволяють їм поглинати сонячне світло та перетворювати його на електроенергію з безпрецедентною ефективністю. Їхня регульована ширина забороненої зони дозволяє поглинати ширший спектр світла, підвищуючи коефіцієнт перетворення енергії [2]. Крім того, можливість їхнього виготовлення у вигляді розчину сприяє недорогому та масштабному виробництву, що робить їх економічно вигідною альтернативою традиційним сонячним елементам на основі кремнію. У цій статті надано огляд принципів роботи квантово-точкових сонячних елементів, обговорено останні прориви в дослідженнях та оцінено їхній потенційний вплив на майбутнє сонячної енергетики. Завдяки всебічному аналізу стає очевидним, що квантово-точкові елементи представляють собою квантовий стрибок уперед у технології сонячної енергетики, відкриваючи перспективи сталого, доступного та ефективного виробництва енергії у глобальному масштабі.

У пошуках стійких джерел енергії сонячна енергетика є променем надії, що дозволяє використовувати безмежну енергію Сонця для забезпечення

нашої планети. Протягом десятиліть технологія сонячної фотовольтаїки зробила значні кроки вперед, стаючи дедалі ефективнішою та доступнішою. Однак прагнення до ще більшої ефективності та масштабованості спонукало дослідників до пошуку інноваційних шляхів, і сонячні елементи на основі квантових точок стали перспективним напрямком [1].

Квантові сонячні елементи представляють собою парадигмальний зсув у сонячній технології, використовуючи унікальні властивості квантових точок для подолання традиційних обмежень. Ці нанорозмірні напівпровідникові частинки демонструють надзвичайні оптоелектронні властивості, включаючи регульовані ширини забороненої зони, ефективне поглинання світла та покращений транспорт заряду. Такі характеристики не тільки дозволяють квантовим сонячним елементам перевищити пороги ефективності традиційних фотоелектричних систем на основі кремнію, але й відкривають двері до нових можливостей у конфігураціях тандемних сонячних елементів та гнучких, прозорих підкладок [2].

Переваги квантових сонячних елементів:

1. Підвищення ефективності. Квантові сонячні елементи мають потенціал для досягнення вищого рівня ефективності, ніж традиційні кремнієві сонячні елементи. Це пов’язано насамперед із їхньою здатністю поглинати ширший діапазон довжин хвиль сонячного світла, включаючи як видиме, так і інфрачервоне світло. Завдяки максимальному поглинанню світла квантові сонячні елементи можуть генерувати більше електроенергії з тієї самої кількості сонячного світла.
2. Економічність. Матеріали на основі квантових точок можна виготовляти за допомогою недорогих технологій на основі розчинів, що робить їх виробництво більш економічним порівняно з сонячними елементами на основі кремнію. Крім того, квантові точки можна синтезувати з використанням доступних і нетоксичних матеріалів, що зменшує вплив виробництва сонячних елементів на навколишнє середовище.
3. Гнучкість та універсальність. Квантові точкові сонячні елементи забезпечують більшу гнучкість щодо форм-фактора та застосування. Їхні невеликі розміри та сумісність із гнучкими підкладками дають змогу розробляти легкі та налаштування сонячних панелей, які можна інтегрувати в різноманітні поверхні, зокрема будівлі, транспортні засоби та пристрої.

Хоча квантові точкові сонячні елементи мають величезний потенціал, для його повної реалізації необхідно вирішити кілька питань. Однією з істотних перешкод є збільшення обсягів виробництва при збереженні стабільної якості та продуктивності. Дослідники активно вивчають нові технології виготовлення та матеріали, щоб подолати цю перешкоду [2].

Стабільність і довговічність квантово-точкових сонячних елементів все ще лишається важливою проблемою, що потребує вирішення та є необхідною

умовою їх широкого практичного застосування, подальшого розвитку матеріалознавства та інженерії пристроїв. Водночас їх масове впровадження має значний потенціал для трансформації сфери відновлюваної енергетики, оскільки вони можуть забезпечити масштабоване й екологічно стале задоволення зростаючих енергетичних потреб, сприяти зменшенню викидів парникових газів і пом'якшенню наслідків зміни клімату. Крім того, універсальність таких елементів відкриває широкі можливості для інтеграції сонячної енергетики в різноманітні сфери — від міської інфраструктури до автономних і віддалених об'єктів.

Висновки:

Сонячні елементи на основі квантових точок є значним проривом у розвитку сонячної енергетики, оскільки поєднують високу ефективність, економічність і універсальність застосування. Завдяки унікальним властивостям цих нанорозмірних напівпровідникових частинок, які працюють на основі принципів квантової механіки, стає можливим більш точно та ефективно перетворювати сонячне випромінювання на електричну енергію. Хоча технологія ще потребує подальшого вдосконалення, сучасні дослідження відкривають широкі перспективи її використання — від побутових пристроїв до масштабних енергетичних систем. У результаті квантові точкові сонячні елементи можуть стати важливим кроком до створення доступної, чистої та відновлюваної енергії, сприяючи формуванню більш сталого майбутнього.

Посилання

1. Nozik A. J. Quantum dot solar cells // Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. – 2002. – Vol. 14, № 1–2. – P. 115–120.
2. Semonin O. E., Luther J. M., Beard M. C. Quantum dots for next-generation photovoltaics // Materials Today. – 2012. – Vol. 15, № 11. – P. 508–515.

ПРОЄКТ РОЗДАВАЛЬНОГО РЕДУКТОРА З МІЖОСЬОВИМ ДИФЕРЕНЦІАЛОМ ДЛЯ ЛЕГКИХ ПОВНОПРИВІДНИХ БАГІ

Студент (ПМ23120) О.О. Борщаговський
Керівник - доц., канд. техн. наук О.П. Посмітюха
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Легкі повнопривідні багі є перспективним видом мобільних транспортних засобів для виконання спеціальних бойових завдань у військовій сфері, або проведення спортивних автомобільних змагань. Їх застосування охоплює евакуацію, патрулювання, розвідку та транспортування

вантажів у складних дорожніх умовах. Одним із ключових елементів трансмісії таких машин є роздавальний редуктор з міжосьовим диференціалом, що забезпечує оптимальний розподіл крутного моменту між осями та підвищує прохідність.

Актуальність теми пов'язана з потребою створення компактних і водночас високоефективних трансмісійних систем для легких повнопривідних транспортних засобів, зокрема багі. В умовах війни проектування всіх складових механізмів обмежена рамками часу та виробничих можливостей промисловості, для спрощення виробництва та масштабування процесу доцільно використати елементи існуючих автомобілів, дооснастити їх додатковими роздавальними редукторами і створити повнопривідну модель. Наявність диференціалу спрощує експлуатації транспортного засобу та забезпечують передачу крутного моменту на всі осі, проте часто мають значну масу, складність конструкції та недостатню адаптивність до змінних дорожніх умов. Тому розробка роздавального редуктора з інтегрованим міжосьовим диференціалом є перспективним напрямом підвищення прохідності та керованості легких багі.

Аналіз сучасних рішень:

- в Україні дослідження військових багі проводяться у Національній академії сухопутних військ, де відзначається їхня роль у мобільності передових груп [1, 2];
- легкі тактичні автомобілі розглядаються як альтернатива важким джипам, завдяки меншій масі, високій швидкохідності та маневреності;
- міжнародні дослідження акцентують увагу на використанні легких матеріалів (карбон, алюміній) для зменшення маси та підвищення ефективності трансмісії [3, 4];
- у сфері спортивного та позашляхового транспорту активно застосовуються Atlas та Hero transfer cases, які демонструють високий рівень адаптивності та міцності [5, 6].

Виконано проєкт роздавального редуктора, (розрахунок та вибір передаточного числа зубчатої передачі, розрахунок блокувального механізму, проєктування корпусних частин) який поєднує функції розподілу крутного моменту між передньою та задньою осями з можливістю компенсації різниці їхніх кутових швидкостей за допомогою міжосьового диференціала. Конструкція редуктора виконана у компактному корпусі з використанням легких матеріалів, що дозволяє знизити масу вузла без втрати міцності. Окремо зазначу, що редуктор збудовано на основі доопрацювання існуючих приводів від популярних моделей автомобілів, що дасть змогу суттєво здешевити виріб.

Моделювання показує, що інтеграція міжосьового диференціала забезпечує плавний розподіл навантаження між осями, що підвищує стійкість руху та зменшує ризик пробуксовування коліс, а можливість блокування диференціала у випадках, коли потрібна максимальна тяга на обидві осі – наприклад, при русі по піску, болотистому ґрунту чи снігу [7].

Практичне значення проекту полягає у створенні технологічно простого та ефективного рішення для трансмісії легких багі. Використання такого редуктора дозволяє:

- підвищити маневреність та прохідність транспортного засобу;
- зменшити навантаження на окремі елементи трансмісії;
- забезпечити адаптивність до різних дорожніх умов;
- знизити масу та енергоспоживання системи.

Таким чином, запропонований проект роздавального редуктора з міжосьовим диференціалом поєднує сучасні інженерні рішення у сфері трансмісій з практичними вимогами до мобільності та надійності легких повнопривідних багі. Це відкриває перспективи для створення нового покоління спортивних і спеціалізованих транспортних засобів, здатних ефективно працювати у складних умовах експлуатації.

Посилання

1. Кохан В., Сідор Р. Військовий багі – основний засіб забезпечення рухомості мобільних груп переднього краю. Військово-технічний збірник, №29, 2023. DOI: 10.33577/2312-4458.29.2023.50-59.
2. Kraynyk L. Легкі тактичні автомобілі: сучасна ситуація та еволюція розвитку. Збірник наукових праць ХНУПС, 2023.
3. Abd Hamid A.R., Chong J.J. Design and Analysis of Carbon Fiber Composite Chassis for Off-Road Buggy. Springer LNME, 2022.
4. Prince Mohammad Bin Fahd University. Senior Design Project Report on Lightweight Buggy, 2021.
5. Filthy Motorsports. Atlas Transfer Cases for Off-Road Racing, 2024.
6. Hero Transfer Case. Technical Specifications, 2024.
7. Наукові праці НТУ «ХПІ» та КПІ ім. Ігоря Сікорського (тематичні збірники з автомобільної техніки

ЩОДО ЗАМІНИ ВІТЧИЗНЯНИХ МАРОК СТАЛІ НА ІНОЗЕМНІ АНАЛОГИ У СУЧАСНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ*прим

Здобувач освіти першого /бакалаврського/ рівня (ME09-24-1H)[1], *майстер дільниці*[2] *О.В. Брикнер*
Керівник - доц., канд. техн. наук, зав. каф.[3] *Ю.О. Ступак*
[1] ОПП Металургія, спеціальність 136 (G10); [2] ТОВ "ВОЛЕВ-ІНВЕСТ" (м. Нікополь)
[3] Кафедра Теорії, технології та автоматизації металургійних процесів (Нікопольський ф-т)
Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
м. Дніпро, Україна

Сучасне машинобудування на даний момент потребує використання матеріалів, які забезпечують необхідні механічні властивості, надійність і довговічність виробів при економічно доцільній вартості. Важливу роль у цьому відіграє правильний вибір марки сталі, оскільки від її властивостей значною мірою залежить якість та ресурс роботи деталей і конструкцій.

У сучасних умовах для України особливо актуальним стало питання заміни окремих вітчизняних марок сталі на іноземні аналоги. Через повномасштабну війну частина металургійних підприємств була зруйнована або втратила можливість повноцінно працювати, що призвело до скорочення виробництва деяких видів металопродукції. У результаті окремі марки сталі, які раніше широко використовувалися в промисловості, стали важкодоступними або зовсім не виробляються.

За таких умов підприємства для виготовлення своєї продукції змушені шукати іноземні аналоги сталей, які мають подібні хімічний склад, механічні властивості та технологічні характеристики. Правильний підбір таких аналогів є важливим завданням, оскільки від цього залежить безпечність, надійність і ефективність подальшого використання виробів.

Метою цієї доповіді є аналіз підходів до заміни вітчизняних марок сталі на іноземні аналоги та формування рекомендацій щодо їх правильного вибору в умовах обмеженого доступу до традиційних матеріалів.

1. Критерії визначення еквівалентності сталей.

У машинобудівній галузі інколи виникає необхідність заміни однієї марки сталі іншою. Особливо актуальним це питання стало для України в умовах війни, коли частина металургійних підприємств припинила роботу або зменшила обсяги виробництва. У результаті деякі марки сталей стали важкодоступними, що змушує підприємства шукати іноземні аналоги.

Проте підбір аналога не може базуватися лише на подібності назв або приблизних табличних значеннях. Для коректної заміни необхідно

*прим При підготовці цього матеріалу автором (О.В. Брикнер) використовувалися системи ШІ (DeepSeek, ChatGPT) для мовного редагування, структуризації та перевірки окремих фрагментів тексту. Автор та керівник повністю перевірили зміст та несуть повну відповідальність за поданий матеріал.

враховувати комплекс характеристик матеріалу: хімічний склад, механічні властивості та мікроструктуру сталі [4].

Хімічний склад.

Першим етапом порівняння є аналіз хімічного складу. Важливими є вміст вуглецю та легуючих елементів, таких як хром, марганець, нікель, молібден. Саме вони визначають здатність сталі до зміцнення, її зносостійкість та корозійну стійкість. Крім того, необхідно враховувати вміст шкідливих домішок — сірки та фосфору, які можуть погіршувати пластичність і ударну в'язкість металу [5].

Механічні характеристики сталі.

Тут важливими критеріями є:

- границя текучості;
- тимчасовий опір розриву;
- відносне видовження;
- твердість.

Ці показники визначають здатність матеріалу витримувати робочі навантаження без руйнування. Наприклад, конструкційна сталь ASTM A36 має мінімальну границю текучості близько 250 МПа, тоді як європейська сталь S235JR — приблизно 235 МПа [2, 3]. На думку авторів, саме механічні характеристики є визначальними під час прийняття рішень щодо адекватної (еквівалентної) заміни сталі однієї марки на іншу.

Мікроструктура сталі.

Остаточні властивості сталі значною мірою залежать від її мікроструктури. Так, розмір зерна, співвідношення фаз та характер розподілу карбідів можуть істотно впливати на міцність і пластичність матеріалу.

Зміни у мікроструктурі часто пояснюють різницю у важливих властивостях сталей навіть при близькому хімічному складі [1].

2. Практичні аспекти та ризики заміни сталей

У практиці машинобудування часто виникає необхідність порівняння сталей різних стандартів ASTM (США), EN (Європейський Союз), JIS (Японія), GB (Китай). Хоча багато сталей мають близькі характеристики, їх повна взаємозамінність не завжди можлива.

Основні ризики заміни:

1. Невідповідність за механічними характеристиками.

Навіть незначні відмінності у міцності можуть призвести до деформації або руйнування деталей, особливо у відповідальних вузлах машин.

2. Зварюваність сталі.

Зварюваність значною мірою залежить від вмісту вуглецю та так званого вуглецевого еквівалента. Чим вищий цей показник, тим більша ймовірність утворення тріщин у зоні зварювання [5].

3. Корозійна стійкість.

Легуючі елементи можуть суттєво впливати на опір сталі корозії. Наприклад, додавання міді або хрому підвищує атмосферну стійкість металу [1].

4. Відмінності у стандартах прокату.

Різні стандарти можуть мати інші допуски на розміри та механічні характеристики продукції.

3. Порівняння міжнародних аналогів конструкційних сталей

Прикладом взаємозамінних конструкційних сталей є матеріали з мінімальною границею текучості близько 235–250 МПа (таблиця).

Стандарт	**Марка сталі**	**Границя текучості (min, МПа)**	**Типовий вміст вуглецю (%)**	**Ключові особливості**
GB (Китай)	Q235	235	≤ 0,20	Універсальна, добра зварюваність [3]
ASTM (США)	A36	250	≤ 0,26	Вища міцність, містить Cu для корозійної стійкості [2, 3]
EN (Європа)	S235JR	235	≤ 0,17	Нижчий вуглець, гарантована ударна в'язкість [2]
JIS (Японія)	SS400	245	≤ 0,20	Проміжні показники міцності [2]

Наведені дані узагальнені за матеріалами міжнародних стандартів [2, 3].

4. Методологія вибору сталі-аналога.

Для правильного підбору сталі-замінника рекомендується використовувати системний підхід.

Основні етапи (алгоритм) підбору можуть бути наступні.

1. Аналіз умов роботи деталі - визначення навантажень, температурних режимів та можливих видів руйнування.

2. Визначення властивостей вихідної сталі - аналіз хімічного складу та механічних характеристик матеріалу.

3. Пошук потенційних аналогів - використання міжнародних стандартів та довідкових матеріалів для підбору близьких за властивостями сталей.

4. Експериментальна перевірка - проведення механічних випробувань та дослідження структури матеріалу.

5. Оптимізація термічної обробки. У разі потреби властивості сталі можуть бути скориговані шляхом термічної обробки (гартування, відпуск, нормалізація) [1, 4].

Такий підхід дозволяє не лише підібрати аналог сталі, але й забезпечити необхідний рівень надійності та довговічності деталей машин.

Наведені теоретичні положення повністю підтверджуються практичним досвідом. Зокрема, при виготовленні обладнання для харчової промисловості на підприємстві ТОВ «Волев-Інвест» була успішно виконана заміна вітчизняної сталі 08Х18Н10 на її імпортний аналог AISI 304. Незважаючи на майже ідентичний хімічний склад цих сталей (вміст хрому близько 17–19 % та нікелю 8–10 %), ключовим фактором, що дозволив виконати заміну без технологічних ризиків, стала верифікація технологічних властивостей. Особливу увагу було приділено перевірці зварюваності матеріалу, оскільки більшість елементів обладнання виготовляється з використанням зварних з’єднань. Для цього були виконані контрольні зварювальні проби методом TIG-зварювання (аргонодугового зварювання) із застосуванням присадного матеріалу типу ER308L, який є рекомендованим для аустенітних нержавіючих сталей. та підтверджено, що корозійна стійкість імпортного металу в умовах контакту з харчовими середовищами (мийні засоби, кислоти) є еквівалентною. В процесі впровадження матеріалу також було відкориговано окремі параметри технології виготовлення деталей. Зокрема, уточнено режими зварювання (сила струму, швидкість переміщення електрода та витрата захисного газу), а також режими механічної обробки для забезпечення необхідної якості поверхні та точності виготовлення деталей обладнання. Цей випадок демонструє, що при правильному підході, заснованому на знанні стандартів та проведенні випробувань, заміна на іноземний аналог є абсолютно прийнятним та надійним рішенням.

Висновок

В умовах воєнних дій та руйнування металургійної інфраструктури України, пошук іноземних аналогів сталей став не просто питанням економічної доцільності, а й критичною умовою виживання та забезпечення безперебійності виробничих процесів на машинобудівних підприємствах. Коректна заміна не може базуватися виключно на зіставленні табличних даних або назв марок за різними стандартами, вирішальним є комплексний металознавчий підхід, що включає аналіз хімічного складу, дослідження мікроструктури та, найголовніше, порівняльні механічні випробування для досягнення кінцевого комплексу властивостей у готовій деталі. Навіть для конструкційних сталей загального призначення існують ризики, пов'язані з відмінностями у зварюваності, корозійній стійкості, границі текучості та розмірній точності. Ігнорування цих факторів може призвести до передчасних відмов обладнання.

Посилання

1. ASM International. Handbook. Vol. 1. Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys. https://doi.org/10.31399/asm.hb.v01.9781627081610

2. ASTM International. Стандарт ASTM A36/A36M-19. – Standard Specification for Carbon Structural Steel. https://store.astm.org/a0036_a0036m-19.html (дата звернення 01.02.2026)
3. ДСТУ EN 10025-2:2022 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 2. Технічні умови постачання нелегованих конструкційних сталей (EN 10025-2:2019, IDT). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=99739 (дата звернення 01.02.2026)
4. William D. Callister, Jr. David G. Rethwisch Materials science and engineering. An Introduction. https://anupturnedworld.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/06/callister-materials-science-and-engineering.pdf (дата звернення 01.02.2026)
5. P. L. J. Leder. Factors Influencing the Weldability of High Tensile Alloy Steels, and a New Weld Cracking Test // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Vol. 159, Issue 1. https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1948_159_017_02

ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДЕФЕКТІВ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ ДЛЯ УНОРМУВАННЯ ДОПУСТИМОГО РІВНЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ PBF-LB/M

Аспірант С.І. Буштрук
Керівник - проф., докт. техн. наук Т.М. Миронова
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Опис дефектів металургійного походження, що виникають у процесі виробництва, а також визначення рівня їх допустимості, зазвичай регламентуються державними стандартами та технічними умовами на постачання. Галузь адитивного виробництва металів активно розвивається протягом останніх 15 років, проте питання виявлення, ідентифікації та нормування допустимої кількості дефектів для конкретних марок матеріалів залишається неврегульованим на рівні державних і міжнародних стандартів [1].

Єдиним на сьогодні документом, що системно описує дефекти технології лазерного плавлення металевого порошкового шару (далі — PBF-LB/M), є стандарт VDI 3405 Blatt 2.8, виданий Асоціацією німецьких інженерів [2]. У цьому документі дефекти класифікуються за причинами виникнення та впливом на процес або об’єкт обробки й поділяються на три групи: дефекти будови (структури), геометрії та процесу. Водночас наразі відсутні стандарти, які б визначали, які саме дефекти характерні для різних груп матеріалів, які з них є типовими, а також який рівень їх допустимості залежно від сфери застосування.

Дефекти будови, згідно з [2], включають пори (одиничні або у вигляді скупчень) із випадковим або підповерхневим розташуванням, несплавлення, розшарування, тріщини, тверді включення та сегрегації.

Існуючі базові підходи до контролю дефектів передбачають узагальнене визначення характеристики відносної щільності, що широко застосовується для оцінювання якості виробів порошкової металургії. Однак для конструкцій із підвищеними вимогами до надійності такий підхід є недостатнім.

Для деталей із високим ризиком руйнування застосовують сучасні методи контролю, зокрема комп'ютерну томографію [1], але її використання обмежене природою матеріалу, товщиною та формою виробу. Для гарантованого усунення внутрішніх дефектів будови застосовують обробку гарячим ізостатичним пресуванням із подальшою термічною обробкою. Такий підхід, зокрема, використовується для відповідальних деталей двигунів, виготовлених за технологією PBF-LB/M зі сплаву AlSi10Mg [3]. При цьому спостерігається певне зниження показників міцності, але досягається підвищення опору циклічним навантаженням.

Окрім комп'ютерної томографії інших варіантів неруйнівного контролю для визначення розмірів дефектів менше 100 мкм, їх кількості й розподілу на сьогодні немає. Тривають розробки методів неруйнівного контролю безпосередньо в процесі побудови [1], але відповідним обладнанням планується оснастити нові промислові машини другого покоління, а велика кількість наявного виробничого обладнання, особливо малі машини, до цього не можна буде пристосувати.

Відповідно до [1], також активно розвивається і напрямок стандартизації, пов'язаний зі створенням фізичних моделей для руйнівного контролю.

Металографічний контроль дефектів у площині перерізу широко застосовується в дослідницьких роботах, а також використовується у виробництві для виявлення наявності тих чи інших типів дефектів. У зв'язку з повторюваністю параметрів процесу сплавлення з певним кроком, характерні дефекти процесу PBF-LB/M можуть бути виявлені, за винятком ситуацій їх випадкового формування.

Водночас кількісна оцінка дефектності матеріалу в об'ємі за допомогою цього методу є неможливою, що зумовлено ймовірнісним характером потрапляння дефектів у площину перерізу. Існує метод побудови об'ємної моделі матеріалу шляхом послідовного об'єднання зображень перерізів, отриманих у результаті багатошарового сканування поверхні з контрольованим поступовим механічним зняттям шарів. Проте його застосування обмежується високою трудомісткістю, зумовленою необхідністю забезпечення малого кроку зняття матеріалу (~10 мкм).

Окремим аспектом металографічного методу є підготовка поверхні зразків для забезпечення якісного розкриття порожнин у металі. Така підготовка має свої особливості порівняно з традиційними методиками, що застосовуються для дослідження якості литих або зварних з'єднань, що

зумовлено значно меншими розмірами контрольованих дефектів. Вона повинна забезпечувати усунення перемішаного (нашарованого) внаслідок абразивної обробки поверхневого шару металу та може включати полірування, електрополірування і травлення.

Під час металографічного контролю виробів, виготовлених за технологією PBF-LB/M, виникає проблема ідентифікації типу дефектів лише за їх формою в площині перерізу, що може бути вирішена лише шляхом детального дослідження компонентів мікроструктури. Зокрема, складнощі виникають при виявленні дефектів типу несплавлення, зумовлених недостатньою локальною енергією плавлення. Такі дефекти можуть мати значний об’єм і бути заповненими нерозплавленим порошком; водночас у ряді випадків порошок всередині відсутній або форма дефекту є значно сплющеною. У таких ситуаціях дефект може нагадувати газову пору або пору типу «замкової щілини», або тріщину — залежно від його геометрії. Лише подальше травлення для виявлення мікроструктури та визначення положення дефекту відносно ванни плавлення дають змогу достовірно ідентифікувати його тип.

На рис. 1 проілюстровано варіанти нестабільної ванни розплавленого металу в процесі плавлення лазером в режимі «замкової щілини» (англ. *keyhole*), названому за характерною формою профілю ванни. Це викликає схлопування розплавленого металу з захопленням пари металу та захисних газів, що виникає при перевищенні потужності лазерного випромінення, зокрема при спробах збільшити швидкість побудови. Найчастіше це спостерігається на промислових машинах та для матеріалів, які потребують високого тепловкладення. Пори типу «замкової щілини» фіксуються внаслідок різкого зниження температури та неможливості дифузії суміші газів в розплавлений метал.

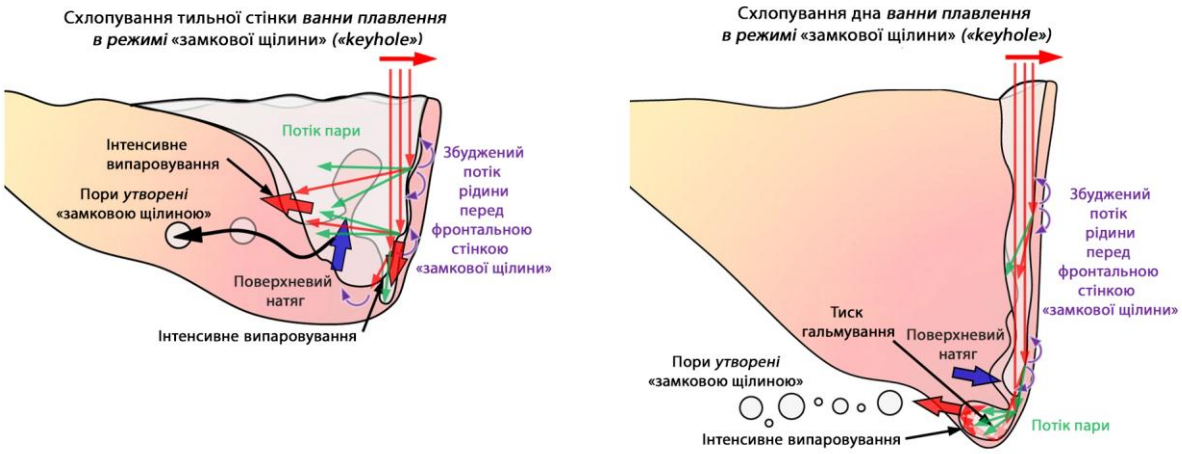
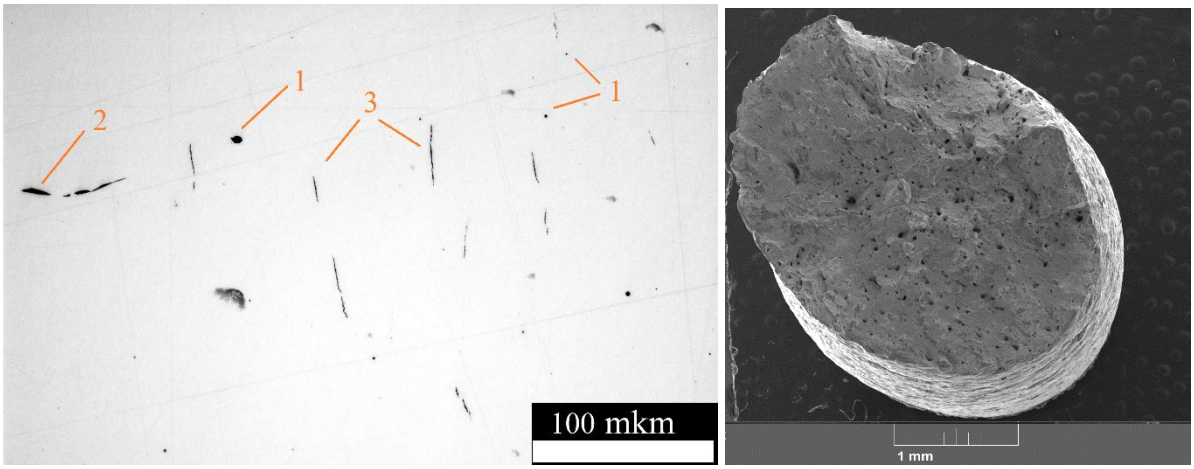


Рисунок 1 – Схеми схлопування розплавленого металу з формуванням порожнинних дефектів при нестабільному плавленні лазером в режимі «замкової щілини» («keyhole») [4] (адаптовано).

Газові пори утворюються в наслідок виділення газу з металу при кристалізації чи повторних субсольвусних нагріваннях, мають сферичну форму та зазвичай менші розміри ніж пори «замкової щілини».

При металографічній ідентифікації дефектів слід також розуміти, що ідентифікація одного типу дефектів не виключає наявності інших типів (рис. 2, а).



а ***б***

Рисунок 2 – Виявлення дефектів побудови в жароміцному нікелевому сплаві на полірованій поверхні мікрошліфа (а) та в зломі з алюмінієвого сплаву після випробування на розтяг(б)

1 - газові пори або пори «замкової щілини», 2 - несплавлення, 3 - тріщини.

Перспективним напрямком руйнівного контролю є фрактографічне дослідження зломів, що виявляє скупчення дефектів в місцях їх локалізації в об’ємі, наприклад в робочій довжині стандартного зразка при випробуванні на розтяг (рис. 2, б). Але це відбуватиметься з деформацією дефектів та вірогідністю утворення нових тріщин та пустот, що слід визначати шляхом співставлення поверхонь обох частин зразків після руйнування . Найбільш перспективним є використання фрактографічного методу для матеріалів зі зниженою пластичністю в стані після друку, оскільки вірогідність пластичної деформації дефектів, що впливатиме на їх розміри, мінімальна. Прикладом такого матеріалу може бути алюмінієвий сплав AlSi10Mg з крихкою складовою фази евтектичного кремнію.

Висновки:

1. Наявність дефектів є особливістю технології PBF-LB/M, що можуть бути усунені, до певної міри, за рахунок корекції режиму друку або додаткової подальшої обробки. В останньому випадку це призводить до зниження унікальних характеристик, що отримуються тільки в стані після друку для ряду сплавів. У свою чергу чутливість властивостей до дефектів для різних сплавів досі нестандартизована, що потребує дослідження.

2. Для визначення вмісту дефектів широко використовуються руйнівні методи контролю які, однак, не дають повної картини про розподіл дефектів в усьому об’ємі.

3. Металографічний контроль дефектів — найбільш доступний на даний момент метод, що потребує розробки стандартної методики, відмінної від загального металургійного підходу з огляду на малий розмір дефектів. Ця методика має застосовуватись як у промисловості так і, особливо, у дослідженнях для можливості об’єднання результатів з різних наукових робіт.

4. Фрактографічний метод контролю є більш швидким і інформативним серед руйнівних методів щодо дослідження локалізації дефектів в об’ємі, особливо для сплавів з малою пластичністю.

Посилання

1. Makes, America, and ANSI Additive Manufacturing Standardization Collaborative. "Standardization roadmap for additive manufacturing." April, Public Draft (2025).
2. VDI 3405 Blatt 2.8 - Additive Fertigungsverfahren - Pulverbettbasiertes Schmelzen von Metall mittels Laserstrahl (PBF-LB/M) - Fehlerkatalog - Fehlerbilder beim Laser-Strahlschmelzen.
3. AMS7030 - Aluminum Alloy, 10.0Si - 0.35Mg Stress Relieved, Hot Isostatic Pressed (HIP), Solution Treated and Artificially Aged, Produced by Laser Powder Bed Fusion (L-PBF)
4. Huang, Yuze, et al. "Keyhole fluctuation and pore formation mechanisms during laser powder bed fusion additive manufacturing." Nature communications 13.1 (2022): 1170.

РОЗПОДІЛ Ni В СТРУКТУРІ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ СИСТЕМИ Ti-Ni ПІСЛЯ ПРОМЕНЕВОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ОБРОБКИ

Аспірант В.В. Вендін
Керівник – доц., д. т. н. А.В. Мініцький
ННІ матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
(НН ІМЗ ім. Є.О. Патона), м. Київ, Україна

Дослідження розподілу нікелю в структурі порошкових матеріалів системи Ti-Ni актуальне у зв’язку з широким використанням цих сплавів у сучасному машинобудуванні, медицині та аерокосмічній техніці [1]. Сплави Ti-Ni характеризуються комплексом фунціональних та механічних властивостей, серед яких ефект памяті форми, висока корозійна стійкість, значна міцність та біосумісність. Завдяки цьому вони застосовуються для

виготовлення деталей авіаційних та космічних систем, де важлива висока надійність матеріалу та стабільність його властивостей під дією навантажень та температур.

Одним із сучасних напрямів виготовлення виробів із сплавів Ti-Ni є використання адитивних технологій [2]. Селективне лазерне та електронно-променеве плавлення дозволяє формувати матеріал за рахунок локального нагрівання порошкового шару концентрованим джерелом енергії. Характерною особливістю цих технологій є дуже високі швидкості нагріву та охолодження, що суттєво впливає на фазові перетворення, формування мікроструктури та розподіл легуючих елементів у матеріалі.

Використання лазерного та електронно-променевого променя дозволяє відтворити локальну дію концентрованих потоків енергії на порошкову систему та дослідити формування структури матеріалу після швидкісного теплового впливу [3]. Це дає можливість оцінити характер взаємодії титану та нікелю, умови утворення інтерметалідних фаз та особливості формування мікроструктури порошкових матеріалів системи Ti-Ni.

У дослідженні проаналізовано закономірності розподілу частинок нікелю нанесеного плакуванням (4%) та механічною сумішшю (20%) в структуру пористого титанового каркасу залежно від способу легування та параметрів подальної променевої обробки. Розглянуто комплексний вплив концентрації Ni, методів отримання вихідних порошків та специфіки поверхневої модифікації на формування фазового складу зразків. Особливу увагу приділено механізмам просочування легуючого елемента в об’єм пористої матриці та трансформації мікроструктури поверхневих шарів під дією концентрованих джерел енергії. Отримані дані дають змогу оптимізувати процеси розподілу компонентів у технологіях адитивного виробництва, забезпечуючи гомогенність структури багатокомпонентних сплавів.

Дослідження процесу фазоутворення та перерозподілу нікелю в порошковій системі Ti-Ni під впливом променевої поверхневої обробки показало, що при електронно-променевій обробці (ЕПО) формується структурно-стабільний стан, де нікель дифундує в міжзеренний простір титанової матриці, утворюючи інтерметалідну фазу $NiTi_2$.

У випадку лазерної поверхневої обробки (ЛПО) характерні екстримальні швидкості нагріву та охолодження, що призводить до формування гетерофазної структури. У процесі ЛПО нікель активно взаємодіє з титаном та залишковим киснем, що спричиняє виділення складної оксидної фази Ni_2Ti_4O. При концентрації 20% Ni ця фаза стає домінуючою (75%), що змінює механізм зміцення від твердорозчинного до композиційного.

Особлива увага приділяється морфології вихідних порошків. Використання плакованого порошку забезпечило більш рівномірний розподіл нікелю по структурі титану, що покращило гомогенність його розподілу в зоні плавлення порівняно з механічними сумішами. Це дозволяє нівелювати локальну хімічну неоднорідність і досягти стабільніших значень

мікротвердості по всьому об’єму обробленого шару. Таким чином після ЕПО нікель сформував рівномірний інтерметалідний каркас у міжзеренному просторі, тоді як при лазерній обробці від перерозподіляється у високодисперсні оксидно-нікелеві фази. Це дозволяє досягнути конфігурацію розподілу нікелю в матриці титану при якому відбувся перехід від мікрогетерогенного стану до формування зміцненої композиційної структури порошкового матеріалу [4].

Висновки:

Підсумовуючи результати дослідження можна констатувати, що характер розподілу нікелю в структурі порошкової системи Ti-Ni визначається поєднанням способу вихідного легування та виду променевого впливу. Встановлено, що використання плакованих порошків порівняно з механічними сумішами є більш ефективним для досягнення високої гомогенності розподілу нікелю, що мінімізує хімічну неоднорідність та стабілізує механічні властивості.

Виявлено, що тип променевої обробки визначає фазову морфологію системи Ti-Ni. Електронний промінь сприяє формуванню інтерметалідного каркасу $NiTi_2$ за рахунок дифузійних процесів у зоні розплаву, тоді як лазерна обробка зумовлює утворення композиційної структури з переважанням фази Ni_2Ti_4O. Регулювання характеру розподілу нікелю в титанові матриці дозволяє змінити вихідну порошкову суміш у високощільний зміцнений матеріал із прогнозованими експлуатаційними характеристиками.

Посилання

1. Jandyal A. 3D printing – A review of processes, materials and applications in industry 4.0 / A. Jandyal, I. Chaturvedi, I. Wazir [and others] // Sustainable Operations and Computers. – Volume 3. – 2022. – P. 33-42.
2. Praveena B. A. A comprehensive review of emerging additive manufacturing (3D printing technology): Methods, materials, applications, challenges, trends and future potential / B. A. Praveena, N. Lokesh, A. Buradi [and others] // Materialstoday: proceedings. – Volume 52, Part 3. – 2022. – P. 1309-1313.
3. Zhang Q. Laser-induced wettability gradient surface on NiTi alloy for improved hemocompatibility and flow resistance / Quanchao Zhang, Jiaojiao Dong, Mengxia Peng [and others] // Materials Science and Engineering: C. – Volume 111. – June 2020.
4. Вендін В. В. Вплив умов лазерної та електронно-променевої обробки на структуру порошкового матеріалу системи Ti-Ni : магістерська дис. : 132 Матеріалознавство / Вендін Владислав Вадимович. - Київ, 2025. - 80 с.

ПРИСАДКИ НА ОСНОВІ НАНОЧАСТИНОК ГЛИНИ ПЕРСПЕКТИВНИЙ КЛАС ПРОТИЗНОСНИХ ТА АНТИФРИКЦІЙНИХ ДОБАВОК ДО МОТОРНИХ ОЛИВ

Магістрант В.С. Вернигора
Керівник - доц., канд. техн. наук О.В. Тіхонов
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна

Відомо, що використання присадок впливає на тертя шляхом зміни фізико-хімічних властивостей мастила і поверхонь деталей [1-5]. Вони дозволяють знизити коефіцієнт тертя, запобігти зносу і задиракам, а також захистити вузли від корозії, особливо в граничному і змішаному режимах тертя. Присадки змінюють перебіг тертя через такі процеси: Утворення захисної плівки (адсорбція). Протизадирні присадки – це компоненти, що додаються в мастильні матеріали, які допомагають запобігти контакту металу з металом при надзвичайно високих навантаженнях. Вони хімічно взаємодіють із металевими поверхнями, утворюючи захисні плівки, які оберігають їх від задирів, зварювання та зносу. Протизадирні присадки дозволяють мастильному матеріалу витримувати короткочасний тиск, що перевищує його нормальну вантажопідйомність, без руйнування.

Протизадирні присадки діють за допомогою складних хімічних реакцій, що створюють захисну плівку на металевих поверхнях. Молекули присадки розкладаються під впливом високого тиску і температури між контактуючими металевими деталями і швидко реагують зі свіжими відкритими металевими поверхнями під мастильною плівкою, утворюючи неорганічні плівки, хімічно пов'язані з металом.

Сірковмісні сполуки відносяться до найбільш широко використовуваних і ефективних протизадирних присадок для мастильних композицій.

Основний механізм дії сірчаних протизносних присадок заснований на трибохімічних реакціях, що призводять до утворення плівок сульфідів металів. Ці сульфіди металів мають шарувату кристалічну структуру, що забезпечує чудову мастильну плівку.

Плівки мають дуже високу адгезію, низьку міцність на зсув і швидко відновлюються в міру зносу. Це забезпечує довговічний протизадирний захист.

Фосфоровмісні сполуки є ще одним великим класом протизадирних присадок до мастильних матеріалів.

Як протизносні та антиоксидантні присадки сполуки фосфору утворюють захисні плівки за допомогою трибохімічних реакцій, аналогічних реакцій сірчаних присадок. Однак замість сульфідів вони відкладають склоподібні поліфосфатні плівки.

Ця гладка поліфосфатна плівка забезпечує хорошу зносостійкість та несучу здатність. Однак фосфорні плівки, як правило, товщі, але менш довговічні, ніж сульфідні. Крім того, плівки можуть обмежувати ефективність за високих температур.

Хлоровані парафіни (ХП) колись були повсюдно використовуваними протизадирними присадками у промислових мастильних матеріалах. Вони містять парафінові воски або олії з хлором, включеним у вуглецевий ланцюг. Це забезпечувало чудові протизадирні властивості, коли вуглець-хлорні зв'язки розривалися, утворюючи плівки хлориду заліза на металі.

Фактори, що впливають на вибір відповідного протизадирного мастила, включають:

1. Рівні навантаження та тиск – вищі навантаження вимагають більш високого та більш реакційного вмісту сірки.

2. Робочі температури – високі температури обмежують швидкість реакції сірки та сприяють використанню термостійких фосфорних добавок.

3. Взаємодія в контакті – для ковзання потрібно більше утворення плівки; для нековзного контакту потрібна більша стійкість до екстремальних тисків.

4. Чорні метали віддають перевагу сірці; кольорові метали, такі як бронза, віддають перевагу добавкам фосфору.

5. Вплив довкілля – фосфорні плівки краще протистоять вимиванню водою, ніж сульфіди.

6. Сумісність – з іншими присадками, ущільнювачами, фарбами, фільтрами тощо.

Присадки на основі глин (найчастіше наноглини, такі як монтморилоніт або каолін) мають значний вплив на процес тертя, виступаючи в ролі ефективних протизносних та антифрикційних компонентів у мастильних матеріалах. Вони формують захисні плівки, знижуючи тертя та знос за рахунок унікальних структурних властивостей.

Механізми впливу на тертя.

Присадки на основі глин діють через декілька основних механізмів:

Формування захисної плівки (self-repairing film): Наночастинки глини адсорбуються на поверхнях, що труться, утворюючи плівку, що складається з Si, Al, Fe, O і C. Ця плівка запобігає прямому контакту поверхонь металів. Частинки глини заповнюють мікротріщини та нерівності поверхонь, роблячи їх більш гладкими. Глини мають шарувату кристалічну структуру, яка забезпечує низький опір зсуву між шарами, діючи як тверде мастило.

У процесі тертя відбуваються реакції між частинками глини та поверхнею, що призводить до утворення міцнішого захисного шару.

Присадки на основі глин, таким чином, перетворюють сухе або граничне тертя на більш плавний процес, значно знижуючи зношування деталей і підвищуючи їх довговічність.

Присадки на основі наночастинок глини (наноглини) є інноваційним класом мастильних матеріалів, де використовуються модифіковані шаруваті силікати (найчастіше монтморилоніт) розміром 1-100 нм.

Попередні трібологічні випробування порошкоподібних наповнювачів Нанопорошок глини Куп'янського родовища проводили на машині тертя МІ-1М. Попередня концентрація порошків в моторній олії М-10-$Г_2$ склала 0,2%, згідно з рекомендаціями, наведеними в літературі [1, 2]. Остаточну оцінку антифрикційних властивостей досліджуваних мастильних композицій встановлювали після 6 год випробувань. Було встановлено, що гіршими антифрикційними властивостями в порівнянні з іншими мастильними матеріалами володіє чиста моторна олія М-10-$Г_2$. Величина моменту тертя зразків після 6 год випробувань склала 0,43 Н-м. Кращі антифрикційні властивості з усіх показало моторне масло з присадкою на основі наночастинок (НЧ) глини в порівнянні з досліджуваними мастильними композиціями. Так, при використанні даної присадки момент тертя після 6 год випробувань склав 0,27 Н-м, що в 1,59 рази менше, ніж масла М-10-$Г_2$. Введення наночастинок ZnS і Л+Р в базову основу моторну олію знизило момент тертя зразків відповідно на 43 і 39%, в порівнянні з олією М - 10-$Г_2$.

Сприятливий вплив на антифрикційні властивості моторної олії надали також присадки з НЧ Бр і М. Момент тертя при їх використанні під кінець випробувань склав 0,36 і 0,38 Н-м, що в 1,19 і 1,13 рази менше, ніж масла М-10-Г2.

Присадки з «Наногліна» 2 і Бр знизили температуру поверхні тертя, в порівнянні з базовою олією, відповідно на 14 і 10% на ранній стадії випробування і на 13 і 11% в кінці випробування.

Отримані результати свідчать про те, що застосування нанорозмірних компонентів в складі базової моторної олії дозволяє значно підвищити його антифрикційні властивості. Наявність в зоні тертя нанорозмірних частинок різних матеріалів, очевидно сприяє протіканню трибологічних процесів, що створюють сприятливі умови для формування поверхневих плівок на деталях, що труться. Плівки зменшують коефіцієнта тертя і температуру. Це, швидше за все, пов'язано з більш низьким зсувними опором знову сформованих поверхневих шарів і їх більшою теплопровідністю по відношенню до основного металу деталей.

Протизносні властивості експериментальних мастильних композицій показали, що протизносні властивості випробуваних мастильних матеріалів не однакові: найбільша втрата маси зразків – 4,4 мг спостерігалася при використанні моторної оливи М-1СКГ2; мінімальний знос – 2,7мг мали зразки, випробувані на моторному маслі М-10-Г2 з НЧ Л+Р. Таким чином знос зразків, зменшився в 1,62 рази, в порівнянні з олією М-10-Г2.

Висновки:

1. Аналізуючи отримані результати випробувань можна відзначити, що всі без винятку експериментальні мастильні композиції на основі

наноразмірних матеріалів в тій чи іншій мірі перевершують чисту моторну олію по здатності протистояти схоплюванню поверхонь.

2. Малоефективним з точки зору підвищення навантаження схоплювання виявилося введення в базове масло наночастинок чистої міді Ml. У цьому випадку величина навантаження не перевищила значення, отриманого при випробуванні зразків на чистому моторному маслі М-10-Г2. Незважаючи на це, можна відзначити позитивний вплив присадки НЧ М на збільшення часу роботи зразків до настання схоплювання. У порівнянні з маслом М-10-Г2 воно було більше на 12%.

3. Сучасні олії повинні бути поліфункціональними і містити багатокомпонентні присадки. Тому на підставі результатів проведених досліджень в якості компонента присадки, що дозволяє підвищити антифрикційні властивості моторної оливи М-10-Г2, був обраний наноразмірний порошок НЧ глини, а в якості компонента, що підвищує протизносні властивості базової моторної оливи, – наноразмірний порошок сплаву латуні з фосфором.

4. Для отримання найбільшого ефекту від застосування мастильної композиції на основі наночастинок кольорових металів доцільно провести оптимізацію її складу з використанням методу математичного планування експерименту.

Посилання

1. Закалов О.В. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с.
2. Основи трібології: Підручник / Антипенко А.М., Бєлас О.М., Войтов В.А. та ін. / За ред. Войтова В.А. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – 342с.
3. Абдінов Є.А. Застосування надтонких порошків із матеріалів природного походження при обкатуванні відремонтованих двигунів / Є.А. Абдінов // XIV-й Міжнародний форум молоді «Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі». Збірка матеріалів форуму. – Харків: ХНТУСГ. 2018. – С. 124.
4. Вернигора В. Домішки наноразмірних порошкоподібних матеріалів до мастильних композицій. / В. Вернигора, О. Тіхонов // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем : збірник тез VI Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції 27–28 листопада 2025 р. – Рівне: НУВГП, 2025. – С. 328-330.
5. Bovington, C. (2010). Friction, Wear and the Role of Additives in Controlling Them. In: Mortier, R., Fox, M., Orszulik, S. (eds) Chemistry and Technology of Lubricants. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1023/b105569_3

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ СИЛІКОТЕРМІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ МАРГАНЦЮ ПРИ ОТРИМАННІ СЕРЕДНЬОВУГЛЕЦЕВОГО ФЕРОМАРГАНЦЮ

Студенти М. Р. Гайдучик, І. А.Гриченко, Р.Р.Пустохайлов, Р.Д.Шилов
Керівник - доц., канд. техн. наук І.Й. Водін
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Виплавка марганцевих феросплавів є складним багатостадійним процесом, в якому провідна роль належить окислювально-відновним реакціям в поєднанні з електричним і газовим режимом печі. Таким чином, вирішуючи завдання створення перспективних ресурсозберігаючих технологічних схем електросилікотермічного отримання рафінованих марганцевих сплавів, в першу чергу, необхідно досліджувати фізико-хімічні особливості реакцій, що лежать в основі отримання товарних сплавів.

Великий практичний інтерес представляє рішення проблеми рафінування металу від кремнію на кінцевій стадії електросилікотермічного процесу отримання низьковуглецевих сплавів марганцю.

В основі процесу отримання середньовуглецевого феромарганцю лежать реакції силікотермічного відновлення оксидів марганцю кремнієм силікомарганцю [1,2,4]. Силікотермічне відновлення оксидів металів в загальному вигляді можна представити наступними реакціями [5,6]:

$$2Me + O_2 = 2MeO \quad (1.1)$$

$$Si + O_2 = SiO_2 \quad (1.2)$$

$$2MeO + Si = 2Me + SiO_2 \quad (1.3)$$

$$\Delta G^0_{(2.3)} = \Delta G^0_{(2.2)} - \Delta G^0_{(2.1)}.$$

Відновлення оксидів металів кремнієм стає термодінамічно можливим за умови, що $\Delta G^0_{(2.2)} < \Delta G^0_{(2.1)}$. Показники процесу силікотермічного відновлення за схемою 1.3 визначаються термодинамічною міцністю оксиду, що утворюється і відновлюється. Характеристикою міцності оксидів металів є стандартна зміна енергії Гіббса утворення оксиду і пружність його дисоціації. Для реакції утворення оксиду двовалентного металу в разі коли метал і оксид існують в системі в якості чистих компонентів і не утворюють розчинів ΔG^0 пов'язано з рівноважним тиском кисню співвідношенням [5-7]:

$$2Me + O_2 = 2MeO \quad (1.4)$$

$$\Delta G^0 = -RT\,LnKp = -RT\,\frac{1}{(PO_2)_{MeO}} - RT\,Ln(PO_2)_{MeO}, \quad (1.5)$$

Чим міцніше оксид металу, тим менше пружність його дисоціації $(P_{O2})_{MeO}$ і менше величина ΔG^0 реакції утворення. В системі Mn-O можливе утворення оксидів: MnO_2; Mn_2O_3; Mn_3O_4 і MnO, яке описується такими реакціями:

$$2Mn_2O_3 + O_2 = 4MnO_2; \quad (1.6)$$
$$4Mn_3O_4 + O_2 = 6\ Mn_2O_3; \quad (1.7)$$
$$6MnO + O_2 = 2\ Mn_3O_4; \quad (1.8)$$
$$1{,}5Mn + O_2 = 0{,}5\ Mn_3O_4; \quad (1.9)$$
$$2Mn + O_2 = 2MnO. \quad (1.10)$$

Розкладання оксидів марганцю, як і їх утворення відповідно до принципу послідовних перетворень А.А.Бажова відбувається за схемою:

$$MnO_2 \rightleftarrows Mn_2O_3 \rightleftarrows Mn_3O_4 \rightleftarrows MnO \rightleftarrows Mn \quad (1.11)$$

Отримання марганцевих феросплавів силікотермічним способом з урахуванням схеми відновлення (1.3) і даних про термічну дисоціацію оксидів марганцю може бути описано наступними реакціями:

$$2Mn_3O_4 + Si = 6MnO + SiO_2; \quad (1.12)$$

$$\Delta G°_{T(2.12)} = 673026 + 79{,}1T; \quad (1.13)$$

$$Mn_3O_4 + 2\ Si = 3Mn + 2\ SiO_2; \quad (1.14)$$

$$\Delta G°_{T(2.14)} = -\ 372688 + 16{,}4T; \quad (1.15)$$

$$2MnO + Si = 2Mn + SiO_2; \quad (1.16)$$

$$\Delta G°_{T(2.16)} = -\ 85220 + 25{,}96T. \quad (1.17)$$

Реакції відновлення гаусманіта і манганозіта кремнієм екзотермічні, зміна вільної енергії взаємодії кремнію з Mn_3O_4 помітно вище, ніж з MnO (рис.2). Крім того аналіз термодинамічних умов відновлення Mn_3O_4 за реакціями (1.12) і (1.14) показує, що гаусманіт реагує з кремнієм переважно по реакції (1.12). Помітний розвиток реакції (1.12), (1.14) і (1.16) отримують з появою рідких фаз. У зв'язку з тим, що температура плавлення Mn_3O_4 становить 1863 К, MnO - 2058 К, а кремнію 1 686 К [1,2], найбільш легкоплавкою складовою в системі (MnO, Mn_3O_4) - Si є кремній і взаємодія починається при температурах вище його температури плавлення.

Опис процесу відновлення оксидів марганцю рівняннями (1.12) - (1,17) є неповним, оскільки не враховується термодинаміка утворення реальних металургійних розплавів. Для реального процесу отримання середньовуглецевого феромарганцю реакції (1.12) - (1.17) слід записати [2]:

$$2(Mn_3O_4) + [Si]_{SiMn} = 6(MnO) + (SiO_2); \quad (1.18)$$

$$(Mn_3O_4) + 2[Si]_{SiMn} = 3[Mn] + 2(SiO_2); \quad (1.19)$$

$$2(MnO) + [Si]_{SiMn} = 2[Mn] + (SiO_2). \quad (1.20)$$

Рівновага реакцій відновлення Mn_3O_4 і MnO кремнієм може бути описано наступними рівняннями:

$$Kp_{(2.18)} = \frac{A^6_{(MnO)} \cdot A_{(SiO_2)}}{A^2_{(Mn_3O_4)} \cdot A_{[Si]}} = \frac{\gamma^6_{(MnO)} \cdot \gamma_{(SiO_2)} \cdot x^6_{(MnO)} \cdot x_{(SiO_2)}}{\gamma^2_{(Mn_3O_4)} \cdot \gamma_{[Si]} \cdot x^2_{(Mn_3O_4)} \cdot x_{(SiO_2)}}, \quad (1.21)$$

$$Kp_{(2.19)} = \frac{A^3_{[Mn]} \cdot A^2_{(SiO_2)}}{A_{(Mn_3O_4)} \cdot A^2_{[Si]}} = \frac{\gamma^3_{[Mn]} \cdot \gamma^2_{(SiO_2)} \cdot x^3_{[Mn]} \cdot x^2_{(SiO_2)}}{\gamma_{(Mn_3O_4)} \cdot \gamma^2_{[Si]} \cdot x_{(Mn_3O_4)} \cdot x^2_{[Si]}}, \quad (1.22)$$

$$Kp_{(2.20)} = \frac{A^2_{[Mn]} \cdot A_{(SiO_2)}}{A^2_{(MnO)} \cdot A_{[Si]}} = \frac{\gamma^2_{[Mn]} \cdot \gamma_{(SiO_2)} \cdot x2_{[Mn]} \cdot x_{(SiO_2)}}{\gamma^2_{(MnO)} \cdot \gamma_{[Si]} \cdot x^2_{(MnO)} \cdot x_{[Si]}}, \quad (1.23)$$

Аналіз рівнянь (1.21) - (1.23) дозволяє зробити висновок про те, що повнота відновлення оксидів марганцю залежить від складу шлакової і металевої фаз - активності оксидів марганцю і кремнезему, в шлаку і активності марганцю в металі.

При використанні в якості відновника сплавів кремнію з марганцем температура початку перебігу реакцій відновлення знизиться. Для силікотермічного відновлення оксидів марганцю використовується силікомарганець, що містить 18 - 32% кремнію [1,2].

На діаграмі стану системи Mn - Si (рис.1) ці сплави знаходяться в області 30 - 50% атомних часток кремнію. Це зона стійкого існування силіцидів марганцю; Mn_5Si_2, Mn_5Si_3, MnSi, температура плавлення яких знаходиться в інтервалі 1530-1560 К .

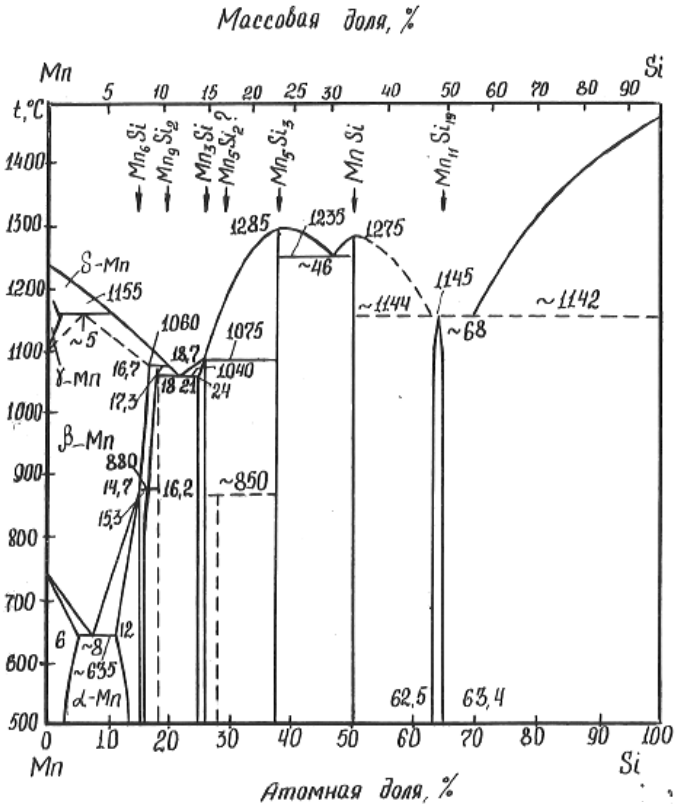


Рисунок 1 - Діаграма стану системи Mn – Si

Фізико-хімічні умови отримання низьковуглецевих сплавів марганцю, силікотермічним способом в значній мірі визначаються термодинаміченими характеристиками металевих і шлакових розплавів. Питанням визначення термодинамічних характеристик сплавів марганцю з кремнієм присвячено значну кількість робіт, заснованих на експериментальних дослідженнях теплот змішування калориметричним методом і методом е.р.с. [6-8]. Однак для термодинамічної оцінки температурного інтервалу плину реальних процесів найчастіше використовуються розрахункові методи [9,10].

Висновки:

Таким чином, визначення термодинамічних характеристик металевого і шлакового розплавів на базі марганцю і кремнію дозволяють з достатнім ступенем вірогідності розрахувати склади фаз, що знаходяться в рівновазі в реальних металургійних розплавах виробництва середньовуглецевого феромарганцю.

Посилання

1. Гасік М.І. Марганець. - М. Металургія, 1992. - 608 с.
2. Гасік М.І., Лякішев М.П., Емлін Б.І. Теорія та технологія виробництва феросплавів. - М: Металургія, 1988. - 784 с.
3. Толстогузов М.В. Теоретичні основи та технологія плавки крем'янистих та марганцевих сплавів. - Металургія, 1992.-239 с.
4. Лякішев М.П., Гасік М.І., Поляков О.І. Термодинамічні дослідження міжчасткової взаємодії в системах Me(Ti, V, Cr, Mn, Fe, C, Ni) - Si - C як теоретичні передумови вдосконалення технології виплавки масових крем'янистих феросплавів. //Метали.- 1991.-І.-С.5-13.
5. Баталін Г.І., Судавцева В.С. Термодинамічні властивості розплавів системи Mn-Si. //Неорганічні матеріали.-1975.-т.11.- N10.- З 1782-1787.
6. Баталін Г.І., Бондаренко Т.П., Судавцева В.С. Теплоти утворення рідких сплавів системи Si-Fe, Mn.//Укр.хім.журнал.-1984.- т.50.- N20.- С.187-190.
7. Ентальпії утворення рідких сплавів марганцю з кремнієм. / Єсін С.Ю., Горбунов Ю.В., Петрушевський М.С, Гельд П.В. //Ізв.вузів.Чор.металургія. - 1975. - N2. - С.8-11.
8. Гасік М.І., М'ячин В.І., Поляков О.І. Взаємозв'язок теплоти змішання з в'язкістю і питомим електроопіром бінарних металевих розплавів.// Ізв.вузів.Чер.металургія. – С.13-16.
9. Вітусевич В.Т. Ентальпія утворення розплавів Mn-Si-C// Метали. - 1992. - N3. – с. 69-72.
10. Гладких В.А., Лисенко В.Ф., Лях Д.А. Розрахунок термодинамічних характеристик у системі Fe-Mn-Si-C з урахуванням розчинності вуглецю. / / Праці міжн.наук.-практ.конф. "Теорія і практика електротермії феросплавів". - Нікополь. - 1996. С21-23.

ПРОЕКТ ЛЕГКОГО РОТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ПРОТИПІХОТНИХ МІН З ВИКОРИСТАННЯМ НАЗЕМНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ

Студент ПМ2212 Д.В. Гончар
Керівник - доц., канд. техн. наук О.П. Посмітюха
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Проблема протипіхотних мін залишається однією з найгостріших у сучасному світі. За даними ООН та міжнародних організацій, мінна небезпека продовжує становити серйозну загрозу для цивільного населення у понад 60 країнах світу [1]. Війна, що проходить на теренах України, характеризується масованим використанням мінних загороджень, а особливо, заборонених міжнародними конвенціями, протипіхотних мін. Актуальність проблеми розмінування сьогодні є надзвичайно високою, адже протипіхотні міни залишаються однією з найбільш небезпечних загроз для цивільного населення та військових підрозділів. Традиційні методи їх знешкодження пов’язані з високим ризиком для саперів, значними витратами часу та ресурсів. Тому розробка дистанційно керованих систем, здатних ефективно виконувати завдання гуманітарного розмінування, є стратегічно важливим напрямом сучасної інженерної науки.

У даній роботі для вирішення цих задач планується створити легкий роторний пристрій, інтегрований в наземний роботизований комплекс, який створює тиск на поверхню ґрунту меншим 60 кг, що дасть можливість знешкодити лишень протипіхотні міни і не зачіпати протитанкові.

Метою роботи є розробка легкого роторного обладнання, інтегрованого з наземним роботизованим комплексом (НРК), яке забезпечує ефективне знешкодження протипіхотних мін шляхом механічного впливу на ґрунт та мінні корпуси. Основні завдання:

- оптимізація конструкції роторного механізму для зменшення маси та підвищення міцності;
- вибір матеріалів із високою зносостійкістю;
- інтеграція обладнання у мобільну роботизовану платформу для дистанційного керування.

У процесі дослідження було проведено огляд наукових публікацій, технічних звітів та інтернет-статей, присвячених механічним засобам розмінування. Зокрема, у виданні *Mechanical Demining Equipment Catalogue* (GICHD, 2020) наведено широкий спектр існуючих роторних ланцюгових систем, що застосовуються у гуманітарному розмінуванні [1]. Міжнародні стандарти IMAS (2019) визначають вимоги до безпеки та ефективності механічних засобів [2]. У роботах Habib (2013) та Fiedler (2018) розглянуто інноваційні рішення та перспективи розвитку роботизованих платформ для розмінування [3, 4]. Огляд інтернет-джерел показав, що сучасні тенденції спрямовані на створення легких мобільних систем, які можуть бути

інтегровані у наземні роботизовані комплекси для виконання завдань у небезпечних умовах. Це підтверджує актуальність розробки легкого роторного обладнання, яке поєднує ефективність та мобільність.

Конструкція роторного механізму оптимізована за масою та геометрією робочих елементів, що дозволяє зменшити навантаження на привід та підвищити циклічну міцність деталей. Використання легких матеріалів (високоміцних сплавів та композитів) та зонований захист, забезпечує зниження загальної маси обладнання, що критично важливо для мобільності роботизованої платформи.

Роторне обладнання складається з легких робочих елементів молоткового типу які здійснюють інтенсивний ударний вплив на ґрунт. Використання високоміцних сталей дозволяє підвищити її циклічну довговічність. Модульна схема забезпечує можливість швидкої заміни пошкоджених елементів та адаптації до різних типів мін і ґрунтів.

Наземний роботизований комплекс виконує функцію носія та системи управління. Він забезпечує дистанційне керування, що мінімізує ризики для персоналу, а також дозволяє застосовувати обладнання у складних умовах – на пересіченій місцевості, у зонах руйнувань чи на територіях із високим рівнем забруднення.

Розроблене обладнання може бути використане як у військових інженерних підрозділах, так і у гуманітарних місіях. Його застосування дозволяє [5]:

- скоротити час розмінування територій;
- знизити ризики для персоналу;
- інтегрувати систему у колісні та гусеничні роботизовані платформи для доставки вантажів та евакуації у небезпечних умовах.

Використання легкого роторного обладнання у складі НРК відкриває нові можливості для створення мобільних комплексів розмінування. Це робить їх перспективними для військових, інженерних та рятувальних операцій. Запропонований проект поєднує сучасні інженерні рішення у сфері матеріалознавства та механіки з практичними вимогами до безпеки й ефективності розмінування.

Посилання

1. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). Mechanical Demining Equipment Catalogue. Geneva, 2020.
2. International Mine Action Standards (IMAS). Mechanical Demining – Guidelines and Best Practices. UNMAS, 2019.
3. Habib, M. K. Humanitarian Demining: Innovative Solutions and the Challenges of Technology Transfer. International Journal of Advanced Robotic Systems, 2013.
4. Fiedler, T., et al. Mechanical Mine Clearance Technologies: State of the Art and Future Prospects. Journal of Mine Action, 2018.
5. United Nations Mine Action Service (UNMAS). Mine Action and Effective Technologies for Clearance. UNMAS Report, 2021.

DETERMINATION OF DYNAMIC COMPONENTS OF THE MOTION OF THE OVERFLOW PRODUCT OF A THIN WET ORE CRUSHING

Postgraduate student Y.O. Hryshchenko
Vladimir Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine
Supervisor: Prof., Doctor of Technical Sciences V.S. Morkun
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

The mining industry widely uses screening or sifting to separate ore particles by size. Huge volumes of ore at mining enterprises are regularly subjected to industrial screening, so studying the kinetics of the process and optimizing the relevant technology is of great economic importance. Solving this problem is complicated by the presence of many working variables and various disturbing factors that determine the results of this technological operation. Foremost, these include the complex distribution of ore particles by size and density, as well as the complex influence of various dynamic operating modes of the screening surface on the movement of the oversize product.

As the crushed ore material moves across the screening surface, advection, diffusion, segregation, and percolation of its particles occur in the material layer, with smaller particles approaching the screen and eventually passing through the openings [1].

Changes in the distribution of particles by size on the screen during the screening process alter the composition of the material in different layers and ultimately affect the overall screening efficiency.

Therefore, modeling the dynamics of material movement during screening must take into account the decisive ratio of ore material of each size class in the flow [2]. With this in mind, the corresponding model of the process in partial derivatives looks as follows [3]

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{u} c_i) + \nabla \cdot \mathbf{\Phi}_i = \nabla \cdot (\mathbf{D} \nabla c_i), \qquad (1)$$

where $\nabla \cdot (\mathbf{u} c_i)$ - advection; $\nabla \cdot \mathbf{\Phi}_i$ - segregation; $\nabla \cdot (\mathbf{D} \nabla c_i)$ - diffusion; c_i - concentration; i - th class of particle size of crushed ore; t - time; $\mathbf{u}$ - speed field; $\mathbf{D}$ - collisional diffusion tensor.

Since the segregation flow of any size class i depends on the concentration of another class j, these equations are related. For different flow fields, the coordinate system is oriented so that the x-axis is directed along the flow slope (down the slope), the y-axis – along the swing, and the z-axis – normal to the free surface, and velocities $\mathbf{u} = (u, v, w)$ correspond to the directions $\mathbf{x} = (x, y, z)$.

To simplify the modeling of these processes, a mathematical formulation commonly used to describe decay and degradation operations was applied [4]. When the ore suspension is loaded onto the screen, several interrelated processes

occur: the material moves through the screen, gradual dewatering occurs, the mass of the oversize product per unit length of the screen decreases, and its density increases. Due to the selective passage of solid phase particles through the screen, as well as the destruction of ore aggregates, its granulometric composition changes. That is, it can be assumed that in the corresponding process model, over time, part of the oversize product disappears, and part changes its parameters, i.e., is transformed. This approach recognizes weight loss q material proportional to the degree of concentration c

$$q = -\lambda c^n, \tag{2}$$

where n - conversion order; λ - conversion constant.

Specific meaning λ depends on all variables of the environment of the system under consideration. The mass loss term q, given by the formula (2), is substituted into the general equation (3) instead of the segregation flow $\mathbf{\Phi}$

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = \nabla \cdot (\mathbf{D}\nabla c_i) - \nabla \cdot (\mathbf{u}c_i) - \lambda c_i^n . \tag{3}$$

Separately, this component is determined by the expression

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\lambda c^n . \tag{4}$$

A case where losses are proportional to concentration corresponds to $n = 1$, and the solution of differential equation (4) is

$$c = c_0 \, exp(-\lambda t), \tag{5}$$

where $c_0 = c(t = 0)$ - initial condition.

As mentioned above, the particle size distribution of the oversize product and the rate of its change are determined by the operating parameters of the process, which include product characteristics and process variables. In fact, a properly formed operating mode can be understood as a simplified rule that combines the interaction of several complex processes, and where λ – This is the key parameter that defines them. Fig. 1 shows the results of modeling in MATLAB® the change in the concentration of the specified ore size classes in the oversize product when screening on a screen with a mesh size of 74 μm.

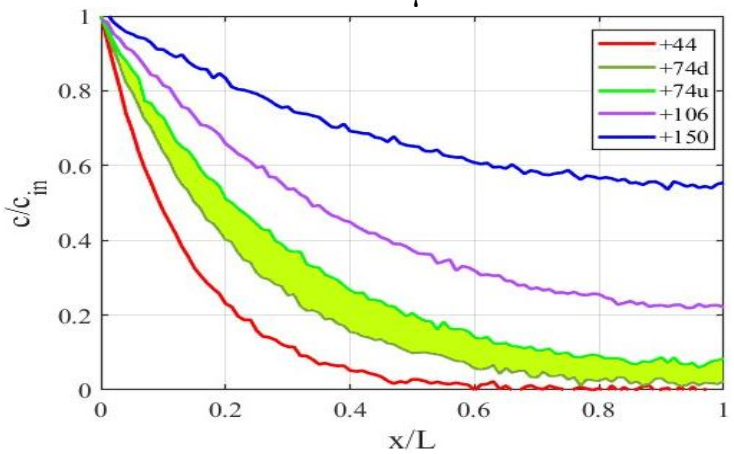


Figure 1 – Results of modeling changes in the concentration of specific classes and particle size of ore in the oversize product of a screen

For ore material with a particle size of 74 μm, the green sector indicates the effect of changing the mass concentration of the solid phase in the input product from 20% (+74d) to 40% (+74u).

Analysis of this approach has shown that its application allows simulating virtually all possible dynamics of ore material during its movement through a sieve and, based on the results obtained, forming an appropriate strategy for automated process control [5 - 7].

Conclusions:

The dynamics of crushed ore material on the screening surface of a vibrating screen are determined by advection, diffusion, segregation, and percolation of its particles in the material layer. As a result of these processes, its particles approach the surface of the screen, and eventually some of them pass through the openings.

The studied model allows taking into account the transformation of the granulometric composition of solid phase particles of the oversize product and its density during movement through the screen. The dispersibility of the size and density of the screened material is taken into account by the same ratio. The mechanisms of particle segregation in the crushed ore layer are usually multidirectional and multispeed. A decrease in the concentration of the solid phase in the input product increases the screening speed but reduces the productivity of the process. An increase in the speed of spatial movement of particles in the crushed ore layer improves their percolation and increases the probability of passing through the sieve openings. It is particularly important that this apply to particles (including those with complex shapes) whose size is close to the size of the openings.

The studied model uses a parameter that represents, in a concentrated form, a set of variables that determine the operating modes of the screen. This approach allows us to consider the strategy of automated control of the ore screening process as a sequence of operations for determining operating modes and forming control actions that correspond to them in space and time.

The direction of further research should be considered to be the formation, based on the studied model, of such a movement of crushed ore particles on a sieve, which will ensure improvement of the quality of the final product and increase the efficiency of screening.

References

1. Li J., Webb C., Pandiella S.S., Campbell G.M. Discrete particle motion on sieves - a numerical study using the DEM simulation. *Powder Technology*. 2003. Vol. 133, no. 1-3. P. 190-202. https://doi.org/10.1016/S0032-5910(03)00092-5.
2. Fan Y., Schlick C.P., Umbanhowar P.B., Ottino J.M., Lueptow R.M. Modelling size segregation of granular materials: the roles of segregation, advection and diffusion. *Journal of Fluid Mechanics*. 2014. Vol. 741. P. 252-279. DOI:10.1017/jfm.2013.680.
3. Umbanhowar P.B., Lueptow R. M. and Ottino J.M. Modeling Segregation in Granular Flows. *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*.

2019. Vol. 10. P. 129-153. https://doi.org/10.1146/annurev-chembioeng-060718-030122.
4. Holzbecher E. Environmental Modeling Using MATLAB R. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2007. 392 p. ISBN 978-3-540-72936-5.
5. Morkun V.S., Morkun N.V., Hryshchenko S.M., Shashkina A.A. and Bobrov E.Y. General principles of formalization of technological process control of mining production in a dynamic distributed system. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2024. Vol. 4. P. 210–221. https://doi.org/10.15588/1607-3274-2024-4-20.
6. Morkun V.S., Morkun N.V., Hryshchenko S.M., Hryshchenko Y.O. Modeling of a combined electromagnetic and electromechanical drive of a screen to increase its efficiency. *Visnyk of the Volodymyr Dal Eastern Ukrainian National University*. 2025. no. 287(1). P. 46-56. https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-287-1-46-56.
7. Morkun V.S., Morkun N.V., Hryshchenko Y.O., Bobrov E.Y. Modeling the dynamics of the oversize product of fine wet screening of iron ore. *Visnyk of the Volodymyr Dal Eastern Ukrainian National University*. 2025. no. 293(7). P. 56-66. https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-293-7-56-66.

ЕЛЕКТРООСАДЖЕНІ ПОКРИТТЯ Ni–Mo–B ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ТВЕРДОМУ ХРОМУ: МІКРОМЕХАНІЧНІ ТА ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

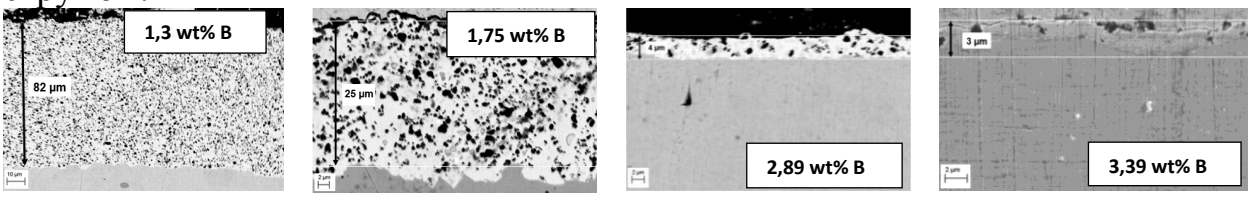
Аспірант М.В. Данильчук
Керівник – д-р. техн. наук С.А. Корній
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна

Промислове обладнання піддається впливу навантажень, тертя та агресивних реагентів із навколишнього середовища. Це призводить до зниження його ефективності та довговічності, передчасного зносу компонентів і виходу з ладу. Один із найпоширеніших і найефективніших способів вирішення цієї проблеми – нанесення захисних покриттів. Легуванням нікелю молібденом створює покриття високої зносостійкості та корозійної тривкості, які покращуються з підвищенням вмісту Mo [1]. Такі матеріали вважаються перспективою для заміни твердого хромування, яке, згідно з директивами ЄС (2000/53/WE і 2011/37/UE), має бути заборонене через токсичність Cr(VI) у електролітичних ваннах. Однак покриття нікель-молібден з вмістом молібдену понад 20 wt.% втрачають адгезію до підкладки внаслідок внутрішніх напружень, що інтенсифікують утворення тріщин на їх поверхні. Властивості таких систем можна покращити введенням третього

елемента для релаксації напружень, наприклад, бору, що додатково підвищує їх мікротвердість і зносостійкість. Таким чином, покриття Ni-Mo-B є чудовими кандидатами для заміни твердого хромування. У цій роботі досліджено покриття Ni-Mo-B різного складу, отримані з саморегулюючого електроліту-суспензії. Мета дослідження полягає у встановленні взаємозв'язків між механічними характеристиками покриттів, їх зносостійкістю та трибокорозійними властивостями.

Покриття Ni–Mo–B наносили на сталь 45 із електроліту [2] з 50 г/л бору (pH 9,0, 60 °C) при густині струму 0,5–5,0 A/dm^2, швидкості перемішування 300 об/хв протягом 1 год. Анод – нікелева пластина. Мікромеханічні характеристики визначали методом склерометрії та динамічного наноідентування на багатофункціональному приладі «Мікрон-гамма». Трибологічні та трибокорозійні дослідження покриттів здійснювали за схемою «площина–кулька» (∅9 mm, Al_2O_3) на повітрі і у 3 % NaCl відповідно, з навантаженням на контртіло 10 N. Морфологію та елементний склад аналізували на скануючому електронному мікроскопі Zeiss EVO-40XVP з енергодисперсійним спектрометром Oxford Inca Energy 350.

1,3 wt% BOтримані за вищезазначених режимів електролізу покриття Ni-Mo-B відзначаються відсутністю мікроструктурних дефектів, на яких добре видно рівномірно розподілені чатинки бору (рис. 1*а – г*). Товщина покриттів залежить від концентрації молібдену: з його зростанням вона зменшується від 82 до 3 мкм, що пов'язано зі зниженням катодного виходу за струмом.



а *б* *в* *г*

Рисунок 1 – Мікроструктура (*а – г*) поверхні покриттів Ni-Mo-B із вмістом Mo, wt%: *а* – 8; *б* – 16; *в* – 21; *г* – 27.

При вмісті молібдену понад 21 wt% товщина покриттів зменшується до 3–4 мкм. Тому їхні мікромеханічні та трибологічні властивості не досліджувалися, оскільки вони не забезпечують достатнього ресурсу зносостійкості за механічного навантаження та корозивного середовища. Результати мікромеханічних властивостей покриттів подані у табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики покриттів Ni-Mo-B, визначені за допомогою методу динамічного індентування

C_{Mo}, wt%	h_1	h_2	H_v, GPa	E, GPa	$W_{plastic}$	$W_{elastic}$	ε
	μm				μJ		
8	2,098	1,926	4,635	194,2	45,56	13,8	0,61
16	1,869	1,624	5,845	201,5	33,08	12,5	0,58

Зі збільшенням вмісту Mo з 8 до 16 wt% зменшується глибина проникнення індентора як при максимальному навантаженні (h_1), так і після розвантаження (h_2), що свідчить про підвищення опору пластичній деформації. Зростають мікротвердість – від 4,635 до 5,845 GPa та модуль Юнга – від 194,2 до 201,5 GPa. Це свідчить про загальне підвищення жорсткості та пружності матеріалу з більшим вмістом молібдену. Зменшується питома пластична робота деформації ($W_{plastic}$) і незначно пружна складова ($W_{elastic}$). Основний вплив зумовлений вмістом Mo. Індекс пружної деформації (ε) незначно знижується, що свідчить про незначне зменшення еластичності за підвищення мікротвердості.

Трибологічні випробування показали (рис. 2*а, б*), що коефіцієнт тертя залежить від вмісту молібдену в покриттях. Для покриття з концентрацією молібдену 8 wt.% спостерігається стадія припрацювання зі зниженням коефіцієнта тертя приблизно на 0,25, після чого для обох зразків відбувається його поступове зростання з виходом на стабільний режим фрикційної взаємодії, який зберігається протягом усього часу випробувань (до 1200 с). Середні значення коефіцієнта тертя становлять 0,5 для покриття з 8 wt.% Mo та 0,6 – для покриття з 16 wt.% Mo.

Аналіз доріжок тертя виявив частинки бору, а також характерні сліди пластичної деформації в зоні контакту (рис.2*а/, б/*). Бор виконує роль твердої змазки, яка сприяє зниженню коефіцієнта тертя та локалізує навантаження.

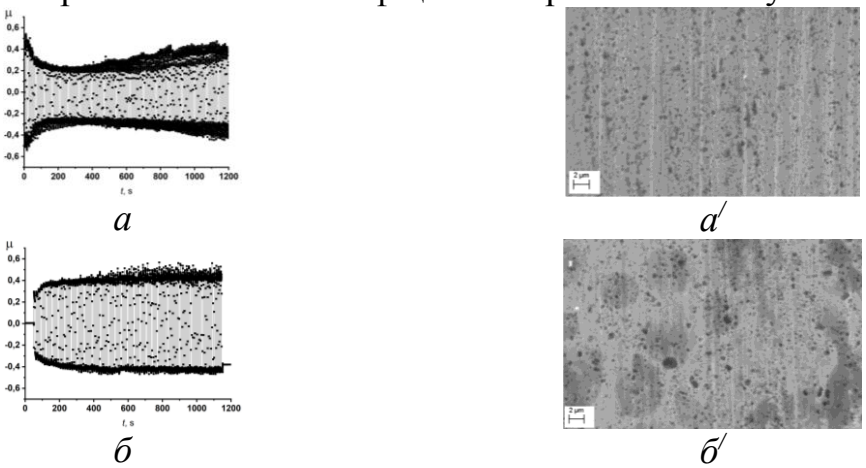
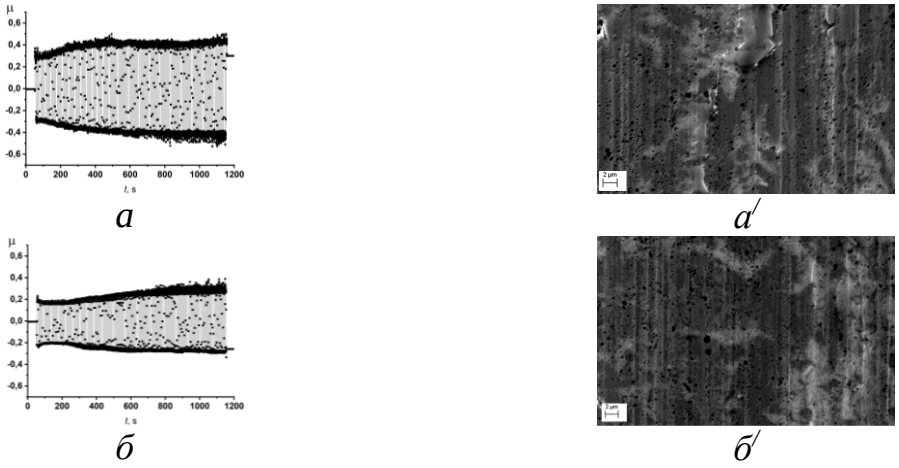


Рисунок 2 – Зміна коефіцієнта тертя на повітрі для покриттів з вмістом Mo (wt.%): *а* – 8; *б* – 16 та відповідна топографія поверхні (*а/, б/*).

Трибокорозійними дослідженнями встановлено, що у 3 % розчині NaCl характер зміни коефіцієнта тертя відрізняється від повітря через змащувальну дію середовища (рис. 3*а, б*). Зокрема, відсутня стадія припрацювання. Середні значення коефіцієнта тертя в електроліті близькі до значень у повітрі (~0,4).

Покриття з вмістом молібдену 16 wt% мають приблизно на 6 % менші втрати матеріалу, порівняно з покриттями з 8 wt% Mo, завдяки вищій мікротвердості. Аналіз топографії зношеної поверхні (рис. 7*а/, б/*) показав, що в електроліті відбувається вимивання аморфного бору із зони тертя. Це перешкоджає формуванню шару твердої змазки, що обумовлює відсутність помітного зниження коефіцієнта тертя.



а *а/*

б *б/*

Рисунок 3 – Зміна коефіцієнта тертя за дослідженнями у 3,0 % розчині NaCl покриттів із вмістом Mo 8 (*а*) та 16 *(б)* wt% та відповідна топографія поверхні тертя (*а/, б/*).

Висновки:

1. Отримані покриття з вмістом 8…27 wt% Mo і 1,30…3,39 wt% B мають однорідну структуру без пор та тріщин. Збільшення вмісту молібдену в покриттях Ni–Mo–B з 8 до 16 wt% сприяє підвищенню їх мікротвердості та модуля Юнга, а також зменшенню глибини проникнення індентора, що свідчить про зростання опору пластичній деформації та жорсткості матеріалу. Водночас спостерігається незначне зниження індексу пружної деформації, що вказує на деяке зменшення еластичності покриття. Отже, підвищення концентрації молібдену в системі Ni–Mo–B загалом покращує мікромеханічні характеристики покриттів, підвищуючи їх твердість і опір деформації.

2. Встановлено, що для сухого тертя найефективнішими є покриття з 8 wt.% Mo, тоді як за трибокорозійного навантаження оптимальними є покриття з 16 wt.% Mo. Вони мають вищу твердість, меншу втрату матеріалу та більш стабільний електродний потенціал під час фрикційних взаємодій у електроліті.

Посилання

1. Increasing corrosion resistance of Ni-Mo composite electrodeposited coatings: Doping with boron / S. A. Halaichak et al. *Materials Letters*. 2023. Vol. 353. 135268.
2. Preparation of electrochemical Ni–Mo coatings from self-regulating electrolytes / S. A. Halaichak et al. *Materials Science*. 2024. Vol. *59*, Is. 5. P. 561-565.

ОЦІНЮВАННЯ ЗА УДАРНОЮ В'ЯЗКІСТЮ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ ТРУБНОЇ СТАЛІ ГАЗОПРОВОДУ

Аспірант Д. О. Демянчук
Керівник – чл.-кор. НАН України, професор, докт. техн. наук О. І. Звірко
Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка
Національної академії наук України, м. Львів, Україна

Найбільшим викликом для надійної та безпечної експлуатації тривало експлуатованих газопроводів є деградація сталей, зокрема зниження їх опору крихкому руйнуванню [1]. Для його оцінювання найчастіше застосовують підходи механіки руйнування [2, 3] та випробування на ударну в'язкість [4, 5]. Визначення в'язкості руйнування пластичних трубних сталей ускладнене через проблематичність використання методів лінійної механіки руйнування, тому надають перевагу випробуванням на ударну в'язкість. Експлуатаційна деградація інтенсифікується під дією водню [1], який сумісно з прикладеними напруженнями виступає чинником розвитку пошкодженості, що також може істотно знижувати опір крихкому руйнуванню.

Об'єктом досліджень була сталь API 5L X67 в неексплуатованому (труба запасу) та експлуатованому впродовж 34 роки на магістральному газопроводі станах. Труби виготовляють вальцюванням, тому матеріалу властива анізотропія механічних властивостей, вони відрізняються для зразків, по-різному орієнтованих щодо напряму вальцювання. Цей чинник враховували при складанні програми експериментів. Для випробувань вирізняли серії зразків, що відрізнялися станом металу та орієнтацією у поперечному та поздовжньому напрямі щодо напряму вальцювання. Ударну в'язкість визначали на стандартних зразках з надрізом Шарпі. Надріз виготовляли по товщині перерізу труби, як показано на рис. 1. Кожна серія складала 3-4 зразки, а результати випробувань усереднювали.

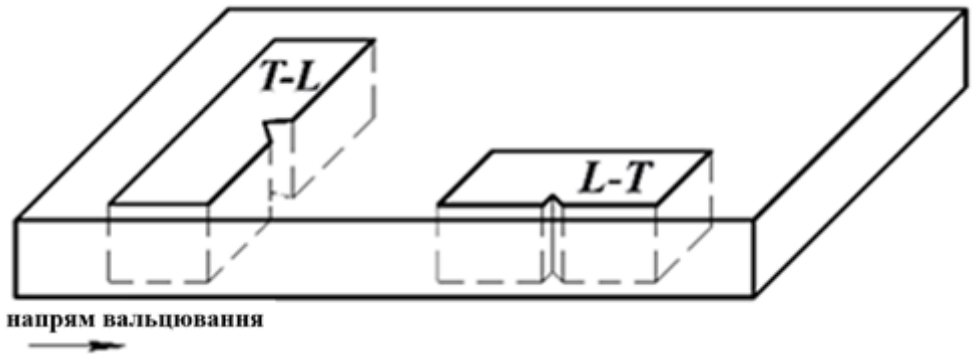


Рисунок 1 – Схема вирізання зразків з фрагмента труби:
T-L – поперечні зразки; L-T– поздовжні зразки

Таблиця 1 – Ударна в'язкість *KCV* (Дж/см^2) зразків з урахуванням їх експлуатації та орієнтації відносно напряму вальцювання

Орієнтація зразків	Неексплуатований стан	Експлуатований стан
Поздовжня	248	188
Поперечна	221	125

Фрактографічний аналіз продемонстрував відмінності у характері зломів: на поперечних зразках зафіксували сильніше виражені розшарування. Вони практично ділили товщину зразка (10 мм) у зоні руйнування на кілька тонших прошарків, а це сприяло підвищенню енергії руйнування і, відповідно, рівня в'язкості руйнування.

Висновки:

1. Продемонстровано закономірності впливу орієнтації зразків стосовно напряму вальцювання на ударну в'язкість зразків Шарпі для трубної сталі API 5L X67. Не залежно від стану металу, як неексплуатованого, так і експлуатованого, поперечним зразкам властиві нижчі значення *KCV* порівняно із поздовжніми, що зумовлено особливостями мікроструктури. Однак найістотніші відмінності отримано у випадку випробувань експлуатованого металу, якому властива мікропошкодженість.
2. Фрактографічним аналізом виявлено експлуатаційне окрихчення сталі та розшарування, типове для трубних сталей.

Посилання

1. Zvirko O. I. In-service degradation of structural steels (A survey) // Materials Science. – 2021, 57(3). – P. 319–330.
2. Богданов В. Л. Особливості застосування підходів фізико-хімічної механіки для оцінювання крихкості феритно-перлітних сталей / В. Л. Богданов, З. Т. Назарчук, О. І. Звірко // Доповіді Національної академії наук України. – 2024, № 6. – С. 21–30.
3. Zvirko O. I. Sensitivity of the *J*-Integral method for estimating the hydrogen embrittlement of ferritic-pearlitic pipe steel / O. I. Zvirko, O. T. Tsyrulnyk, O. I. Venhrynyuk, H. M. Nykyforchyn // Strength of Materials. – 2024. – 56, № 5. – Art. No 104534. – P. 928–935.
4. Нестеров О. Методичні особливості вивчення деградації вальцьованих сталей портальних кранів // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2023. – 1(109). – С. 66–71.
5. Nykyforchyn H. In-service degradation of rolled carbon steels: the role of damaging / H. Nykyforchyn, O. Zvirko, O. Oliynyk, et al. // Procedia Structural Integrity. – 2023, 47. – P. 190–194.

ЗМІНА КРАЙОВОГО КУТА ЗМОЧУВАННЯ ВОГНЕТРИВІВ ШЛАКОМ У РІЗНІ ПЕРІОДИ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧАВУНУ В КОВШІ

Аспіранти Д.В. Єськов, І.М. Матина
Керівники – проф., докт. техн. наук Є.М. Сігарьов,
доц., канд. техн. наук М.Р. Руденко
Дніпровський державний технічний університет
м. Кам'янське, Україна

Дослідженням впливу хімічного складу та активності складових ковшового шлаку, що утворюється під час десульфурації чавуну вдуванням суміші вапна та магнію [1, 2], на його поверхневий натяг та особливості взаємодії з вогнетривами ковша присвячено ряд робіт вітчизняних та зарубіжних авторів [1-6]. Така увага пов'язана з сучасними вимогами як до ефективності рафінування чавуну в умовах доцільності заміни частини коштовних реагентів більш дешевими аналогами на основі металургійних відходів [1, 2], так і необхідністю зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних із тривалістю служби вогнетривів ковша. Зміна складу і властивостей ковшового шлаку у різні періоди рафінування чавуну призводить до активізації корозії, ерозії та, як наслідок, руйнування робочого шару футерівки ковшів. Таким чином, визначення граничних значень в'язкості, температури плавлення та раціонального хімічного складу ковшових шлаків десульфурації залишається актуальним завданням.

Стратегія сучасного проєктування вогнетривкої футерівки чавунозаливального ковшу, в якому зазвичай проводять десульфурацію чавуну перед заливанням у сталеплавильний агрегат [1, 2], повинна враховувати такі фактори як термомеханічні напруження, механічну ерозію робочого шару вогнетривів [2] та хімічну корозію внаслідок взаємодії вогнетривів з оксидами шлаку [3-6]. До основних причин закінчення кампанії вогнетривів чавунозаливального ковша відносять, перш за все, знос шлакового поясу, а також утворення і розвиток вертикальних тріщин і сколів. Інтенсивність корозії вогнетривів визначається градієнтом поточної та концентрації насичення вогнетривкого оксиду в ковшовому шлаку. Для забезпечення мінімальної розчинності вогнетривкого оксиду хімічний склад шлаку повинен знаходитися у області його первинної кристалізації.

Коригування хімічного складу первинного ковшового шлаку системи CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2 для підвищення його основності (т. зв. «інкубаційний» період) перед початком вдування суміші вапна та магнію на установці десульфурації (УДЧ) ПрАТ «Камет-Сталь», за прийнятою технологією, здійснюють шляхом подачі порошкоподібного вапна (до 40 кг/хв) вглиб металевої ванни [4]. Раніше авторами доповіді [6] було обґрунтовано доцільність коригування основності шлаку на поверхні ковшової ванни шляхом додавання металургійних відходів (кінцевого шлаку з агрегату «піч-

ківш» конвертерного відділення комбінату, які містять CaO та Al_2O_3. Таке коригування сприятиме попередженню розвитку переходу сірки із шлаку під час транспортування чавуну до УДЧ і можливість виключення «інкубаційного» періоду із циклу обробки з відповідним зменшенням витрат вапна на десульфурацію.

Метою роботи було визначення зміни крайового кута змочування, роботи адгезії та поверхневого натягу ковшового шлаку десульфурації змінного хімічного складу до Al_2O_3–SiC вогнетривів чавунозаливального ковшу конвертерного цеху ПрАТ «Камет-Сталь». Вогнетривке футерування 230-т ковша складається із теплоізоляційних плит, арматурного та робочого шарів. Десульфурацію чавуну забезпечують вдуванням суміші на основі флюїдизованого порошкоподібного вапна та гранульованого магнію, що призводить до перманентної зміни хімічного складу та властивостей ковшового шлаку.

Перед початком вдування десульфураторів на поверхні чавуну знаходиться первинний шлак, який сформовано із залишків доменного або міксерного шлаку та продуктів взаємодії останнього з вогнетривами ковша. За фізичним станом шлак являє собою конгломерати з низькою сульфідною ємністю, невисокою основністю та хімічним складом і суттєво відрізняється від складу вогнетривів робочого шару [6]. Температура чавуну перед рафінуванням становить 1270-1360 ^{0}C.

Коефіцієнт (роботу) змочування шлаком поверхні вогнетриву ($W_{ЗМ}$) прийнято описувати через крайовий кут змочування θ та енергію міжфазових взаємодій. У металургії його часто характеризують як міру здатності рідких шлаків розтікатися поверхнею вогнетривів, що, у свою чергу, визначає інтенсивність хімічної корозії; швидкість та глибину проникнення шлаку у пори вогнетриву. Для розрахунку $W_{ЗМ}$ у класичній міжфазовій термодинаміці робота змочування шлаком вогнетриву визначається за виразом Дюпре-Юнга [7]. Крім поверхневого натягу, до основних впливових на змочування факторів відносять основність шлаку (*B2*), вміст у шлаку Al_2O_3 та MgO, окисленість і в’язкість шлаку.

Для вивчення впливу зміни хімічного складу ковшового шлаку, % (CaO; MgO; Al_2O_3 та SiO_2) по ходу десульфурації на θ і $W_{ЗМ}$ сплановано та реалізовано повний факторний експеримент. Досліджено змочування вогнетриву шлаками складу, %: CaO 42-57,0; MgO 5,0-9,0; Al_2O_3 6-16; SiO_2 18-82, виготовлених з хімічно чистих оксидів. Порошки оксидів Al_2O_3, CaO, MgO та SiO_2 були прожарені при температурі > 1100К впродовж 12 год, після чого ретельно перемішані в керамічній ступці. Отримані суміші оксидів було спресовано у циліндри, які розміщували на підкладці, вирізаній із робочого шару ковшового вогнетриву системи Al_2O_3-SiC.

Дослідження поверхневих явищ у системі «шлак-вогнетрив» проводили з використанням комплексу на основі печі Таммана, оптичного пірометра та контрольно-вимірювальних приладів в лабораторії «Металургія сталі» кафедри металургії ДДТУ. Використані основні положення методики

визначення поверхневого натягу методом лежачої краплі [8]. Для визначення поверхневих характеристик проводили вимірювання геометричних розмірів краплі шлаку. Крайовий кут змочування вимірювали із точністю до $0,5^0$, а лінійні розміри краплі шлаку – з точністю до 0,1 мм.

Отримано лінійне рівняння регресії, придатне для прогнозування величини Θ внаслідок зміни вмісту CaO, MgO та Al_2O_3 у шлаку по ходу десульфурації. Усі статистичні розрахунки виконані при 5%-ому рівні значимості. Дисперсійний аналіз результатів експерименту показав, що усі вони відтворювані, розрахункові значення G-критерію Кохрена не перевищують табличного ($G = 0,348 < G_{табл} = 0,68$). Перевірка отриманого рівняння за F-критерієм Фішера, після їх спрощення у відповідності з довірчим інтервалом, показала, що воно адекватно описує досліджувані параметри. Розрахункові значення критерію Фішера не перевищують табличного ($F = 2,95 < F_{табл} = 4,07$). Після перевірки адекватності моделі рівняння регресії представлено у натуральних змінних:

$$\Theta = -283,363 + 7,2069 \cdot CaO + 51,91 \cdot MgO + 30,415 \cdot Al_2O_3 - 1,029 \cdot CaO \cdot MgO - 0,61 \cdot CaO \cdot Al_2O_3 - 4,493 \cdot MgO \cdot Al_2O_3 + 0,0856 \cdot CaO \cdot MgO \cdot Al_2O_3 \quad (1)$$

Значущість коефіцієнтів регресійної моделі перевірено за критерієм Ст'юдента. При рівні значущості $\alpha = 0,05$ та числі ступенів свободи $f = 8$ табличне значення $t_{кр} = 2,31$. Встановлено, що статистично значущими є коефіцієнти при факторах MgO, Al_2O_3, а також при взаємодії $CaO \cdot MgO$ та $MgO \cdot Al_2O_3$. Для досліджених шлаків розрахункові значення поверхневого натягу у температурному інтервалі ковшової десульфурації становлять 0,42-0,51 Н/м та 0,56-0,65 Н/м для шлаків на початку та наприкінці операції. Значення в'язкості шлаків змінюються у діапазоні 1,0-3,0 Па·с до 0,3-1,0 Па·с відповідно.

На основі моделювання зроблено висновки, що нелінійність зміни величини Θ пов'язана зі зміною в'язкості та поверхневого натягу шлаку під впливом підвищення вмісту як (MgO), так і з насиченням шлаку (CaO). Мінімізація Θ забезпечується при нижніх для (Al_2O_3) і вищих для (MgO) граничних досліджених значеннях і насиченні шлаку (CaO), але при збільшенні (Al_2O_3) вказані умови забезпечує помірний вміст (CaO). Водночас зменшення активності a_{CaO} забезпечується можливістю утворення в шлаку нових сполук ($CaSiO_3$, Ca_2SiO_4, $CaAl_2O_4$, $CaO \cdot 2Al_2O_3$, $3CaO \cdot Al_2O_3$). Вказані висновки підтверджуються і аналізом зміни $W_{ЗМ}$. Для поверхні відгуку MgO-Al_2O_3 відмічається домінування впливу (MgO). Підвищення вмісту (Al_2O_3) знижує Θ майже лінійно.

Раціональний склад шлаку, що забезпечує мінімізацію змочування Al_2O_3-SiC вогнетривів шлаком у дослідженому діапазоні, повинен складатись з 42-46% (CaO), 5-8% (MgO), 6-9% (Al_2O_3).

Зростання вмісту (MgO) віднесено до основного фактору зменшення Θ, а збільшення (CaO) – до посилюючого вказаного ефекту фактору, через

взаємодію $CaO{\cdot}MgO$. (Al_2O_3) виступає стабілізуючим фактором і, при високих концентраціях, очікувано підвищує величину Θ. Взаємодія $MgO{\cdot}Al_2O_3$ також частково компенсує зменшення Θ від взаємодії $CaO{\cdot}MgO$. Водночас необхідно враховувати, що при збільшенні вмісту MgO до меж насичення, надлишок MgO може перейти у тверду фазу з гетерогенізацією системи і негативно вплинути на рафінувальну спроможність шлаку.

Висновки:

1. Досліджено особливості змочування вогнетривів системи Al_2O_3-SiC ковшовим шлаком з хімічним складом, характерним для різних етапів десульфурації чавуну вдуванням суміші на основі вапна та магнію.
2. Побудовано статистично адекватну лінійну регресійну модель змочування вогнетривів шлаками системи CaO-SiO2-MgO-Al2O3. Показано, що змочування вогнетривів на основі Al2O3 та SiC шлаком має суттєво нелінійну природу та супроводжується комплексом міжфазових реакцій.
3. Згідно з результатами аналізу ізоліній у площині MgO-Al2O3 при фіксованому вмісті CaO у шлаку, підвищення вмісту (MgO) супроводжується зменшенням крайового кута змочування, а зростання вмісту (Al2O3) – його збільшенням і погіршенням змочування поверхні вогнетриву шлаком, що обумовлено високою термодинамічною стабільністю глинозему та впливом на реакційну здатність шлаку до Al2O3-SiC вогнетривів.
4. Запропоновано оптимізацію складу ковшового шлаку десульфурації чавуну для зменшення інтенсивності корозійного впливу на робочий шар вогнетривів чавунозаливального ковша. Визначено раціональний склад ковшового шлаку десульфурації для умов УДЧ КЦ ПрАТ «Камет-Сталь».

Посилання

6. Siharov Ye., Chernyatevich A., Chubin K., Zarandiya S. Desulfurization of hot metal by the injection of disperse magnesium through a submerged rotating tuyere. Steel in Translation. 2011. No. 41(6). Pp. 487-497.
7. Сігарьов Є.М., Недбайло М.М., Кривцун І.В. Напрямки удосконалення ковшової десульфурації чавуну. Збірник наукових праць Дніпродзержинського технічного університету: (технічні науки) - Дніпродзержинськ: ДДТУ, вип. 2(28). - 2016. - С. 3-9.
8. Сігарьов Є.М., Єськов Д.В., Крячко Г.Ю., Матина І.М. Дослідження ерозії вогнетривів ковшу при вдуванні газу вглиб ванни крізь обертову фурму. Вісник ПДТУ (технічні науки), вип. 49 (Т.1). 2024. С. 208-218.
9. Охотский В.Б., Зражевский А.Д. Закономерности износа ковшевой футеровки. Результаты исследований. Металлургическая и горнорудная промышленность. 2014. - №3. - С. 24-28.

10. Molchanov L., Lantukh O., Synehin Y. Physical Modeling of Erosion Destruction of Teeming Ladle Lining in the Process of Its Exploitation. Bulletin of Vinnitsa Polytechnic Institute. 2019. No. 1. Pp. 65–71.
11. Сігарьов Є.М., Єськов Д.В., Крячко Г.Ю., Матина І.М. Сульфідна ємність та властивості модифікованих ковшових шлаків. Зб. наукових праць ДДТУ (технічні науки). До 95 річчя кафедри металургії ДДТУ. Кам'янське: ДДТУ. – 2024. - С. 76-88.
12. Washburn E. The Dynamics of Capillary Flow. Physical Review, vol. 17, Issue 3. 1921. Pp. 273-283.
13. Кошевник А.Ю., Кусанов М.М., Лубман Н.М. Измерение поверхностного натяжения по размерам лежащей капли. Журнал физической химии, 1953, Т. XXVII, вип. 12. С. 1887-1890.

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ І ОЦІНКА СТАБІЛЬНОСТІ ОКСИДНИХ ФАЗ У СИСТЕМІ «ШЛАК-ВОГНЕТРИВ»

Аспіранти Д.В. Єськов, Д.С. Кондрашенков
Керівники – проф., докт. техн. наук Є.М. Сігарьов,
доц., канд. техн. наук А.А. Похвалітий
Дніпровський державний технічний університет
м. Кам'янське, Україна

Виконано термодинамічний аналіз із оцінкою стабільності оксидних фаз у системі «шлак-вогнетрив» при ковшовій десульфурації переробного чавуну в умовах конвертерного цеху ПрАТ «Камет-Сталь» [1]. Розробка квадратичної моделі для прогнозування змочування шлаком вогнетривів металургійних агрегатів та номограм для визначення питомих витрат коригувальних шлакоутворювальних добавок зі залученням методики термодинамічного аналізу, розрахунків сульфідної ємності [2], визначення розподілу сірки між шлаком та металом по ходу рафінування металевих розплавів залишається актуальним завданням.

Крім того, наприклад, для забезпечення мінімальної розчинності оксидів вогнетривів заливальних ковшів при проведенні десульфурації чавуну [3], бажаним є підтримання хімічного складу ковшового шлаку в області його первинної кристалізації. Фазоутворення та субсолідусна побудова хімічної системи «шлак-вогнетрив» також впливають на швидкість корозії вогнетривів.

В даній роботі досліджені наслідки коригування хімічного складу ковшового шлаку системи (CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2), з метою підвищення його основності та здатності до видалення сірки з чавуну, додаванням металургійних відходів, що містять оксиди магнію та алюмінію.

Відомо [4], що у системі MgO-Al_2O_3 магнезіальна шпінель ($MgAl_2O_4$) є єдиною стабільною сполукою. Якщо у зоні контакту шлаку з вогнетривом є локально доступні (Al_2O_3) та (MgO) у вільних формах і місце контакту рідке, то при температурах ковшової десульфурації (1250-1350^{0}C) термодинамічно дозволеним є утворення захисної шпінелі у вигляді як дрібних зерен, так і тонкої плівки (гарнісажного покриття) (табл. 1, реакція 7), але реальна рівновага визначається a_{MgO} та a_{Al2O3}.

На основі виконаного авторами доповіді термодинамічного аналізу з оцінкою стабільності оксидних фаз у системі «шлак-вогнетрив» (табл. 1) показано, що при високій активності CaO (a_{CaO}) та SiO_2 (a_{SiO2}) існує термодинамічно обумовлена перевага утворення $CaSiO_3$, Ca_2SiO_4, $CaAl_2O_4$, $CaO{\cdot}2Al_2O_3$, $3CaO{\cdot}Al_2O_3$ та Mg_2SiO_4 зі зв'язуванням частини вільного Al_2O_3 і формування шпінелі в таких умовах ускладнюється.

Таблиця 1 - Зміна вільної енергії Гіббса реакцій, що відбуваються у ковшовому шлаку по ходу десульфурації чавуну

№	Реакція	ΔG^0, Дж/моль	Розрахункові значення ΔG^0 у температурному діапазоні ковшової десульфурації чавуну, Дж/моль	
			1523 К	1623 К
1	$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$	$- 92500 – 2{,}5{\cdot}T$	-96307,5	-96557,5
2	$2CaO + SiO_2 = Ca_2SiO_4$	$- 118800 – 11{,}3{\cdot}T$	-136009,9	-137139,9
3	$CaO + Al_2O_3 = CaAl_2O_4$	$- 18000 – 18{,}83{\cdot}T$	-46678,09	-48561,09
4	$CaO + 2Al_2O_3 = CaO{\cdot}2Al_2O_3$	$- 86100 – 205{,}1{\cdot}T$	-398467,3	-418977,3
5	$3CaO + Al_2O_3 = 3CaOAl_2O_3$	$- 12600 – 24{,}69{\cdot}T$	-50202,87	-52671,87
6	$2MgO + SiO_2 = Mg_2SiO_4$	$- 67200 – 4{,}31{\cdot}T$	-73764,13	-74195,13
7	$MgO + Al_2O_3 = MgAl_2O_4$	$- 35600 – 2{,}09{\cdot}T$	-38783,07	-38992,07

У такому випадку підтверджується доцільність присадження до ковшового шлаку десульфурації з підвищеним вмістом (CaO) та зростаючим,

по ходу рафінування вмістом (MgO), шлакоутворювальних компонентів [2], які містять підвищену кількість Al_2O_3.

Для утворення захисного гарнісажу необхідно підвищувати вміст (MgO) до меж насичення та >15% (Al_2O_3). Проте необхідно враховувати, що при збільшенні вмісту (MgO) до меж насичення надлишок MgO перейде у тверду фазу з гетерогенізацією системи, що може негативно вплинути на спроможність шлаку до видалення сірки з чавуну та кінцеві показники рафінування.

Для розглянутих у дослідженні ковшових вогнетривів, що містять >60%Al_2O_3, особливу увагу доцільно також приділити раціональному співвідношенню $SiC/C_{гр}$. Як показано у дослідженні [5], взаємодія ковшового шлаку системи SiO_2-CaO-Al_2O_3-MgO із вогнетривами, що містять SiC, призводить до втрат маси вогнетривів внаслідок протікання реакції:

$$2SiO_2+SiC=3\{SiO\}+\{CO\};\ \Delta G^0 = 1{,}41\cdot10^6 - 655{,}72T\ ,\ Дж/моль \qquad (1)$$

Так, при включенні до складу вогнетривів SiC і при взаємодії з металевими розплавами, що містять відновлювачі, поява вільного Si на поверхні SiC (Bao Sarina et al., 2012) суттєво знижує величину θ. Взаємодія SiC з (Al_2O_3) також змінює локальний хімічний склад шлаку та, як наслідок, зменшує θ, збільшуючи глибину проникнення шлаку у пори вогнетриву.

Для запобігання контакту шлаку з SiC робочої поверхні вогнетривів доцільним є використання захисних покриттів на їх робочій поверхні (вуглецевих прошарків, гарнісажного покриття та т.ін.).

Уведення до складу вогнетривів вуглецю ($C_{гр}$) зменшує величину роботи адгезії високоглиноземистих шлаків [6], але реакція відновлення (MgO)

$$(MgO) + C_{гр} = [Mg] + \{CO\};\ \Delta G^0 = 615200 - 289{,}82T\ ,\ Дж/моль \qquad (2)$$

у температурному діапазоні ковшової десульфурації і P_{CO}=101325 Па майже не отримує розвитку.

З урахуванням наведеного вище обґрунтування та результатів аналізу отриманих даних, запропоновано використання замість двошарової трьохшарової футерівки робочого шару чавунозаливальних 230-т ковшів КЦ ПрАТ «Камет-Сталь», що містить на тільки C, SiC і Al_2O_3, а і додатково $MgAl_2O_4$. Використання шпінелі $MgAl_2O_4$ у складі робочого шару призведе для зменшення величини $W_{ЗМ}$ для шлаків з підвищеним вмістом (CaO), за рахунок збільшення хімічної сумісності, та зниження інтенсивності руйнування.

Висновки

1. Досліджені наслідки коригування хімічного складу ковшового шлаку системи (CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2), з метою підвищення його основності та

здатності до видалення сірки з чавуну, додаванням металургійних відходів, що містять оксиди магнію та алюмінію.

2. З врахуванням тих обставин, що змочування вогнетривів на основі Al_2O_3 та SiC шлаком має суттєво нелінійну природу та супроводжується комплексом міжфазових реакцій, досліджено термодинамічну стабільність оксидів ковшового шлаку десульфурації та пріоритет можливих реакцій у температурному діапазоні обробки чавуну.
3. Розраховано зміну вільної енергії Гіббса реакцій, що відбуваються у ковшовому шлаку по ходу десульфурації чавуну. Визначено раціональне співвідношення $SiC/C_{гр}$ у складі вогнетривів ковша для шлаку десульфурації, що у різні періоди рафінування чавуну містить 42-46% (CaO), 5-8% (MgO), 6-9% (Al_2O_3).
4. Запропоновано використання трьохшарової футерівки робочого шару для чавунозаливальних 230-т ковшів КЦ ПрАТ «Камет-Сталь» з підвищеною стійкістю до руйнування при контакті зі шлаком десульфурації перемінного складу.

Посилання

1. Сігарьов Є.М., Недбайло М.М., Кривцун І.В. Напрямки удосконалення ковшової десульфурації чавуну. Збірник наукових праць Дніпродзержинського технічного університету: (технічні науки) - Дніпродзержинськ: ДДТУ, вип. 2(28). - 2016. - С. 3-9.
2. Сігарьов Є.М., Єськов Д.В., Крячко Г.Ю., Матина І.М. Сульфідна ємність та властивості модифікованих ковшових шлаків. Зб. наукових праць ДДТУ (технічні науки). До 95 річчя кафедри металургії ДДТУ. Кам'янське: ДДТУ. - 2024. - С. 76-88.
3. Сігарьов Є.М., Єськов Д.В., Крячко Г.Ю., Матина І.М. Дослідження ерозії вогнетривів ковшу при вдуванні газу вглиб ванни крізь обертову фурму. Вісник ПДТУ (технічні науки), вип. 49 (Т.1). - 2024. - С. 208-218.
4. Kenneth C. The Influence of Structure on the Phisico-chemical Properties of Slag. ISIJ International, vol. 33. - No. 1. - 1993. - Pp. 148-155.
5. Yong Hou, Guo-Hua Zhang, Kuo-Chih Chou. Reaction Behavior of SiC with $CaO–SiO_2–Al_2O_3$ Slag. ISIJ International, vol. 61. - No. 3. - 2021. - Pp.745-752.
6. Yongchun Guo, Fengman Shen, Haiyan Zheng et. al. Activity of MgO in $CaO–SiO_2–MgO–Al_2O_3$. Melts for Blast Furnace Slag at 1873K. ISIJ International, vol. 61. - No.11. - 2021. - Pp. 2724-2730.

INFLUENCE OF SCANNING RATE AND ELECTRON BEAM ENERGY ON THE SURFACE CONDITION OF ADDITIVELY GROWED SAMPLES FROM MEDICAL ZIRCONIUM ALLOY

PhD, deputy director of the NSI "Titan" V.S. Yefanov [1],
postgrad. students R.B. Osipchuk [1], A.M. Ivaniv [1], M.M. Piasetskyi [1], S.O. Bulish[2]
1 - Ukrainian State University of Science and Technology (USUST)
Dnipro, Ukraine
2 – National University «Zaporizhia Polytechnic»
Zaporizhzhia, Ukraine

It is known that zirconium alloys are used not only as a structural material, but also as a material for prosthetics due to their high strength, anti-corrosion properties and biocompatibility. Scientific developments in recent years have proven that the future lies in the technologies of growing materials from powders using highly concentrated energy sources. Therefore, determining the influence of the parameters of the additive layer-by-layer electron beam growth process (known as the EBM-process) for Zr-Ti-Nb alloy workpieces is an urgent scientific task. An important practical achievement of this work is determining the possibility of using the EBM method for growing Zr-Ti-Nb alloy workpieces for prosthetics.

The purpose of the work was to determine the technological modes of 3D-printing of Zr-Ti-Nb alloy blanks that would ensure the production of blanks with a satisfactory surface condition and satisfactory mechanical characteristics by the additive EBM-method.

The samples were manufactured using different electron beam deposition modes from the Zr-Ti-Nb alloy (20%Ti, 20%Nb, 60% Zr). The equipment for electron beam 3D-printing was created at the E. O. Paton Institute of Electric Welding (Ukraine) [1].

Additive electron beam growth consisted of the following: first, a 3D-model of the object was created, then the file was transferred to the additive equipment and a 3D printer with an electron beam energy source built the experimental samples layer by layer. The consumable material for printing was spherical powder obtained by plasma spraying, powder fraction 80…110 μm. The dimensions of the printed samples were 25×25×5 mm. The duration of the growth process was 10 hours, temperature – 700□C. The deposition took place in a vacuum chamber. The accelerating voltage of the electron beam gun was 60 kV. The pressure in the deposition chamber was 10^{-2} Pa.

Sequential electron beam growth of samples was performed in modes where two parameters were changed: scanning speed (mm/s) and electron beam energy (W). The scanning speed was changed in the ranges: up to 250 mm/s; 250-750 mm/s; 750-1000 mm/s; 1000-1500 mm/s. The influence of electron beam energy was studied in the range: 150-450 W; 450-750 W; 750-1000 W; 1000-1200 W. Different surface states of the samples were obtained using different combinations of technological parameters.

The maximum process energy caused the accumulation of thermal energy and insufficient time for uniform temperature distribution and the formation of a conical protrusion. The maximum scanning speed negatively affected the surface condition - the surface had a bumpy relief. This is due to insufficient time for uniform heat removal throughout the thickness of the deposited metal. Other samples at a scanning speed within 750 mm/s and a process energy of 750 W had a flat surface with thin layers of deposited metal along the scanning lines - this mode was chosen as the most rational. According to this mode, sample blanks for mechanical tests were grown (table 1).

Table 1-

Comparison of mechanical properties of samples from different alloys

Alloy	$\sigma_в$, MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	E, GPa	δ, %
60Zr-20Ti-20Nb	726	701	59,83	5,2
Ti-6Al-4V_{ELI}	860	770	116,0	11,0

From table 1, we can conclude that the experimental material had a modulus of elasticity value two times lower than that of the titanium medical alloy [2], which is closer to the elasticity of human bone (30 GPa) and allows us to consider the 60Zr-20Ti-20Nb alloy more promising in this aspect.

Conclusions:

1. The studied samples of Zr-Ti-Nb alloy with a satisfactory surface condition were obtained as a result of additive growth by the EBM-method with the following parameters: electron beam energy of 750 W and scanning speed of 750 mm/s.

2. The elastic modulus of the studied samples of Zr-Ti-Nb alloy had a value closer to the elasticity of human bone compared to the medical titanium alloy Ti-6Al-4V_{ELI}.

Links

1. Matviichuk V.A. and Nesterenkov V.M. Additive electron beam equipment for layer-by-layer manufacture of metal products from powder materials. The Paton Welding Journal, 2020, 2, 41–46. https://doi.org/10.37434/tpwj2020.02.08

2. New Zr-Ti-Nb Alloy for Medical Application: Development, Chemical and Mechanical Properties and Biocompatibility / O. Mishchenko, O. Ovchynnykov, O. Kapustian, M. Pogorielov // Materials. – 2020. – Vol. 13, Iss. 6. - Article 1306. - https://doi.org/10.3390/ma13061306

.

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЕКСТРЕМАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ НА ДЕГРАДАЦІЮ СТАЛЕЙ МОРСЬКИХ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ

Аспірант К.С. Жильцов
Керівник – доцент, канд. техн. наук П.О. Семенов
Одеський національний морський університет,
м. Одеса, Україна

Морські портальні крани експлуатуються в режимі багатоциклового навантаження, часто наднормативної тривалості. За таких умов метал втрачає вихідні механічні властивості, і що найважливіше, показники опору крихкому руйнуванню [1, 2], що створює ризик неконтрольованого руйнування. Деградація сталей в результаті їх циклічного навантаження передбачає її експериментальне оцінювання на основі випробувань на втому, однак, як було виявлено [3], чутливішим є зниження рівня ударної в’язкості. Тому слід віддавати перевагу оцінюванню ударної в’язкості деградованого металу. Об’єктом досліджень була низьковуглецева сталь типу Ст3сп розрахункових конструкцій після експлуатації у морському порту впродовж 51 років. Зазначимо, що морські портові конструкції, в тому числі і портальні крани, зазнають останнім часом бойових дій, що може позначається на стані металу в результаті його екстремально високошвидкісного деформування [4].

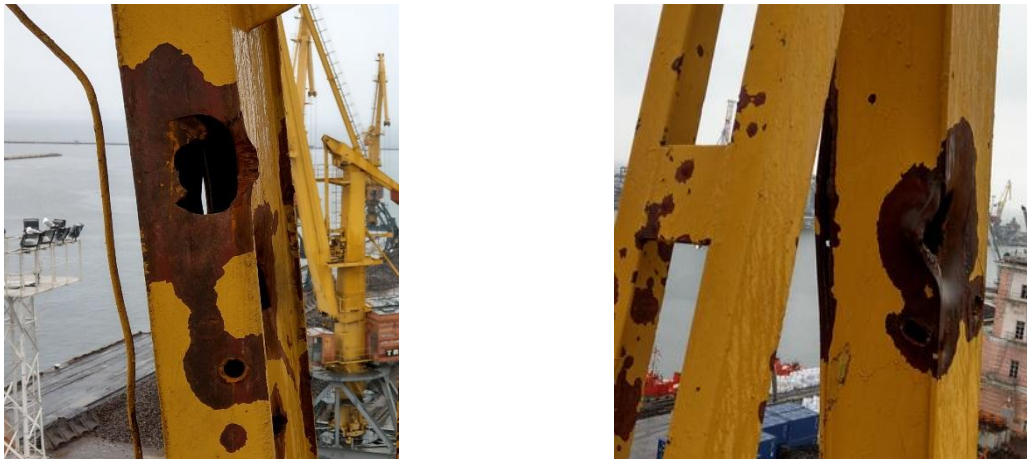


Рисунок 1 – Приклади екстремально швидкісного деформування елементів конструкцій морських портальних кранів

Ударну в’язкість визначали методом Шарпі (*KCV*) випробуваннями на маятниковому копрі КМ-30 зразків стандартних розмірів, виготовлених з вальцьованого листового прокату. Їх висота була у напрямі товщини прокату, а надріз, відповідно, – збоку. Дотрималися двох особливості вирізання зразків. Перша полягала у виготовленні поздовжніх і поперечних до напряму вальцювання прокату зразків, що давало можливість врахувати текстуру матеріалу. Інша стосувалася розміщенню зразків максимально близько до

зони швидкісного деформування сталі. Ці локальні ділянки були спричинені як безпосереднім деформуванням елементу конструкції вигином, так і виривом чи усуненням металу (рис. 1).

Для ділянки, яка не зазнала впливу екстремально швидкісного деформування, ударна в'язкість металу відбиває лише його експлуатаційну деградацію, що позначилося отриманням низьких значень *KCV* (табл. 1). Встановлено, що опір крихкому руйнуванню нижчий для поперечних зразків та металу деформованих ділянок.

Таблиця 1 – Ударна в'язкість *KCV* (Дж/см^2) зразків з урахуванням їх орієнтації відносно напряму вальцювання та наближеності до ділянки швидкісного деформування

Орієнтація зразків	Віддалено від ділянки деформування	Поблизу ділянки деформування
Поздовжня	87	33
Поперечна	57	23

Висновки:

1. Встановлено істотно низький рівень ударної в'язкості сталі, спричинений його тривалою експлуатацією.
2. Екстремально швидкісне деформування сталі спричинило додаткове виявив додаткове окрихчення металу.

Посилання

1. Nemchuk O., Hredil M., Pustovoy V., Nesterov O. (2019). Role of in-service conditions in operational degradation of mechanical properties of portal cranes steel. *Procedia Structural Integrity, 16,* 245–251. doi: 10.1016/j.prostr.2019.07.048
2. Pustovyi V. M., Semenov P. O., Nemchuk O. O., Nesterov O. A., Strelbitskyi V. V. (2022). Degradation of steels of the reloading equipment operating beyond its designed service life. *Materials Science, 57,* 640–648. doi: 10.1007/s11003-022-00590-1
3. Нестеров О. Методичні особливості вивчення деградації вальцьованих сталей портальних кранів. *Вісник Тернопільського національного технічного університету* – 2023, *1*(109), С. 66–71. doi: 10.33108/visnyk_tntu2023.01
4. Семенов П.О. Вплив екстремальних деформаційних умов на ударну в'язкість експлуатованої сталі портального крана. // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2024. – № 5. – С. 67–73. https://doi.org/10.1007/s11003-025-00926-7

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУМІШІ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА ТА ТАЛЬКУ НА ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІОРГАНОСИЛОКСАНУ

Студент, Д.І. Завгородня
Керівники – доц. канд. техн. наук А.-М. В. Томіна
Дніпровський державний технічний університет,
м. Кам'янське, Україна
провідний інженер-технолог О. В. Єрьоменко
ТОВ Джейбіл Сьоркіт Юкрейн Лімітед, с. Розівка, Україна

Одним із пріоритетних завдань сучасної промисловості є підвищення ресурсу експлуатації та надійності трибологічних з'єднань сільськогосподарської, металургійної та автомобільної техніки. Особливо актуальною ця проблема є для серійних підшипників кочення, у яких як антифрикційний захист (АФЗ) традиційно застосовують пластичні змащувальні матеріали типу літолу та солідолу. Експлуатація таких вузлів відбувається в умовах інтенсивного зношування, зокрема абразивного, фретинг-корозійного та корозійно-механічного. Перспективним напрямом розв'язання зазначеної проблеми є застосування АФЗ на полімерній основі [1]. При розробленні нових складів АФЗ був використаний кремнійорганічний полімер – поліорганосилоксан (ПОС), макромолекули якого містять атоми кремнію (Si), сполучені з органічними радикалами та функціональними групами. Завдяки високій енергії зв'язку Si-O (422-494 кДж/моль), що істотно перевищує енергію зв'язку C-C (≈262 кДж/моль), ПОС характеризується підвищеною термічною та хімічною стійкістю. Зокрема, ПОС є стійким до дії слабких кислот і лугів та зберігає працездатність у широкому температурному інтервалі – як за підвищених (653-723 K), так і низьких (213 K) температур. Однак, ПОС в чистому вигляді обмежено застосовується в трибологічних з'єднаннях через недостатній рівень окремих функціональних властивостей. У роботі [2] встановлено, що введення базальтового волокна (БВ) як наповнювача (Нп) у кількості 40-50 мас.% до складу ПОС дозволяє отримати композиційні матеріали із високими показниками зносостійкості. Водночас такі композити характеризуються підвищеним коефіцієнтом тертя [2].

У зв'язку з цим у даній роботі з метою зниження коефіцієнту тертя до складу композиту додатково введено тальк. Завдяки шаруватій кристалічній структурі тальк у полімерних композитах сприяє підвищенню жорсткості та зносостійкості матеріалу, а також зменшенню коефіцієнту тертя. Співвідношення БВ та тальку наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Склад композиційних матеріалів

№	Склад композитів, мас.%		
	КО	Тальк	БВ
1	60	20	20
2	50	25	25
3	40	30	30
4	30	35	35

Приготування АФЗ, склад яких наведено в табл.1, здійснювали в горизонтальному змішувачі з подальшим термореактивним зшиванням ПОС протягом 30 хв. за температури 393 К. Як каталізатор застосували дибутилдилаурат олова $(C_4H_9)_2Sn(OOC(CH_2)_{10}CH_3)_2$ – оловоорганічну сполуку широкого спектра дії. Суміш Нп вводили поступово до досягнення їх однорідного розподілу в об’ємі ПОС. Трибологічні властивості в умовах тертя без змащення за схемою «диск-колодка» визначали з використанням машини тертя СМЦ-2. Як контртіло застосовували сталь 45 твердістю 45-48 HRC з параметром шорсткості поверхні R_a=0,32 мкм.

У табл.2 наведено результати трибологічних випробувань розроблених композитів.

Таблиця 2 – Трибологічні властивості композиційних матеріалів

№ АФЗ	Інтенсивність лінійного зношування, $I_h \cdot 10^{-8}$	Коефіцієнт тертя, f	Температура в зоні контакту, К
1	120,00	0,56	358
2	24,00	0,47	353
3	7,95	0,35	350
4	7,20	0,32	339

Примітка: питоме навантаження Р = 1 МПа; швидкість ковзання υ=1 м/с

Встановлено, що введення тальку до складу композиту із БВ додатково зменшує інтенсивність зношування приблизно в 30 разів. Покращення цього показника пояснюється тим, що тальк виконує функцію твердого змащувача завдяки своїй шаруватій кристалічній структурі. У процесі тертя його дрібнодисперсні продукти зношування переносяться на поверхню контртіла та формують антифрикційний шар (рис.1), який характеризується високою адгезією до металевого контртіла та низьким опором до зсуву, що зумовлює зменшення сил тертя в контактній зоні. Коефіцієнт тертя композитів, що додатково містять тальк сягає 0,32-0,56, що у 1,6-2,8 р. менше порівняно з композитом, наповненим лише базальтовим волокном. Додатковим

підтвердженням антифрикційної дії тальку є зниження температури в зоні контакту між зразком і контртілом приблизно на 100 K.

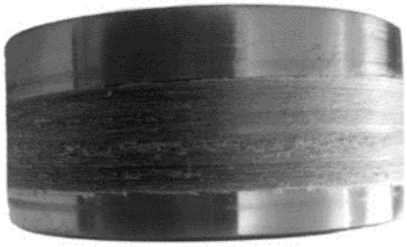


Рисунок 1 – Антифрикційний шар, утворений у процесі тертя

Підвищення зносостійкості при введенні тальку також пов’язане з формуванням у поверхневому шарі тертя кластерних структур, утворених частками БВ, тальку та фрагментами ПОС. Ці структури виконують функцію захисного екрану, локалізуються деформації зсуву та перешкоджають інтенсивному руйнуванню поверхневого шару матеріалу.

Висновки:

1. За результатами трибологічних досліджень встановлено, що найкращим комплексом трибологічних властивостей характеризується композит із вмістом 35 мас.% БВ та 35 мас.% тальку. БВ забезпечує механічну міцність і стійкість до впливу навантажень, тоді як тальк реалізує ефект «самозмащення». Підтвердженням цього є формування стабільного антифрикційного шару на поверхні сталевого контртіла.

2. Розроблений композит може бути рекомендований для використання як АФЗ у трибологічних з’єднаннях, зокрема підшипниках кочення різних видів техніки, експлуатація яких відбувається в екстремальних умовах.

Посилання

1. Полімерні композити на основі термопластичних в’яжучих / Буря О. І., та ін. Дніпро: Середняк Т.К., 2019. 239 с.
2. Єрьоменко О.В., Томіна А.-М.В. Вплив дискретного базальтового волокна на зносостійкість кремнійорганічного полімеру. Хімічні проблеми сьогодення (ХПС-2023): збірник тез доповідей VI Міжнародної (XVI Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених (м. Вінниця, 21–23 берез. 2023 р.) / відпов. за випуск Шендрик О.М. Вінниця, 2023. С.119.
3. Yeriomina Ye., Yarovyi Ya.E. The effect of carbon fiber, graphite and their mixture on tribotechnical characteristics of composite materials. ЕВРИКА-2020: тези доповіді Міжнародної наукової конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики (6 – 7 жовтня 2020, Львів). Львів: ЛНУ, 2020. С. А 19.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ ШЛЯХОМ КЕРОВАНОГО ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

Доктор філософії з матеріалознавства А.В. Захаров
Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В.І. Вернадського
м. Харків, Україна
доцент, доктор технічних наук І.М. Рибалко
доцент, кандидат технічних наук О.В. Тіхонов
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна

Інтенсивний розвиток сучасного аграрного виробництва супроводжується зростанням вимог до надійності, довговічності та економічної ефективності сільськогосподарської техніки. Особливо це стосується машин і знарядь, робочі органи яких безпосередньо взаємодіють із ґрунтом і тривалий час функціонують в умовах абразивного, ударно-абразивного та динамічного навантаження. Саме до таких деталей належать плужні леміші, стрілчасті лапи культиваторів, різальні та розпушувальні елементи ґрунтообробних агрегатів, для яких характерними є прискорене спрацювання, поступова втрата геометрії, зниження ріжучої здатності та, як наслідок, погіршення технологічної якості обробітку ґрунту.

Зношування цих елементів має не лише локальний технічний характер, а безпосередньо впливає на енергетичні показники агрегату, стабільність глибини обробітку, витрати пального, продуктивність технологічного процесу та загальні витрати на експлуатацію машинно-тракторного парку.

У практиці технічного сервісу проблема зношування робочих органів традиційно вирішується або повною заміною деталей, або їх відновленням за допомогою різних методів наплавлення, напилення чи зміцнення. Проте просте відновлення розмірів без урахування закономірностей формування структури поверхневого шару не завжди забезпечує належний результат. У багатьох випадках відновлена деталь має задовільний зовнішній вигляд, але її ресурс виявляється недостатнім через структурну неоднорідність, крихкість окремих фаз, наявність залишкових напружень або нестійкість до інтенсивного абразивного зношування. У зв’язку з цим особливого значення набуває підхід, за якого поверхневий шар розглядається не просто як нанесений метал, а як функціонально спроєктована система з наперед заданими властивостями. Саме такий підхід відкриває шлях до істотного підвищення експлуатаційної стійкості деталей, що працюють у складних умовах контакту з ґрунтовим середовищем.

Одним із найбільш перспективних технологічних рішень у цьому напрямі є електрошлакове наплавлення із застосуванням композиційних

наплавлювальних матеріалів і модифікуючих присадок. Цінність цього процесу полягає в тому, що він дозволяє не лише сформувати відновлювальний шар значної товщини (десятки міліметрів), а й цілеспрямовано впливати на характер його кристалізації, фазовий склад, морфологію зерен і розподіл зміцнювальних компонентів у металі. У результаті поверхневий шар може набувати не просто підвищеної твердості, а цілого комплексу властивостей, які є критично важливими для роботи в агресивному абразивному середовищі: високої зносостійкості, достатньої в'язкості, тріщиностійкості, опору локальному викришуванню та здатності зберігати робочу геометрію протягом тривалого часу.

Сутність сучасного підходу до підвищення ресурсу робочих органів полягає у керованому формуванні мікроструктури покриття. Відомо, що поведінка наплавленого шару в умовах абразивного зношування визначається не лише загальним рівнем твердості, а й співвідношенням твердих і пластичних структурних складових, дисперсністю зміцнювальних фаз, рівномірністю їх розподілу, характером міжфазних меж і загальною морфологією металу. Якщо структура надто груба, неоднорідна або перенасичена великими крихкими включеннями, це може призвести до локального руйнування, утворення мікротріщин, викришування карбідних фаз та прискореного втрачання матеріалу. Натомість дрібнозерниста й морфологічно збалансована структура, у якій тверді фази рівномірно розподілені у відносно в'язкій матриці, створює значно сприятливіші умови для опору руйнуванню та забезпечує більш стабільне зношування без різких локальних пошкоджень.

У цьому контексті принципово важливим є застосування модифікуючих присадок, які впливають на процеси кристалізації та структуроутворення в наплавленому металі. Використання компонентів карбідоутворювальної та оксидної природи дає змогу не тільки підвищити твердість покриття, а й сформувати більш стабільний фазовий стан поверхневого шару. Такі присадки виконують одразу кілька функцій: вони можуть бути центрами кристалізації, впливати на дисперсність зерен, стабілізувати окремі структурні складові, змінювати співвідношення фаз та забезпечувати утворення зміцнювальних включень, здатних ефективно протидіяти абразивному впливу частинок ґрунту. Особливу увагу при цьому слід приділяти не лише хімічній природі модифікатора, а й його вмісту, гранулометричному складу, рівномірності розподілу та узгодженості з технологічними параметрами наплавлення.

Досвід досліджень у цій сфері переконливо свідчить про те, що позитивний ефект досягається не внаслідок простого збільшення частки твердих фаз, а завдяки їх раціональному морфологічному стану. Саме тому в сучасному матеріалознавчому підході головне питання полягає не в тому, щоб зробити покриття «якомога твердішим», а в тому, щоб забезпечити раціональне поєднання твердості й структурної стабільності. Поверхневий шар повинен бути достатньо твердим, щоб чинити опір ріжучій і дряпаючій

дії абразивних частинок, але водночас достатньо в'язким і цілісним, щоб не руйнуватися під дією ударних навантажень і не втрачати зв'язок між окремими структурними компонентами. Саме така рівновага між твердістю, в'язкістю і структурною однорідністю визначає реальну, а не формальну довговічність відновленої деталі.

Суттєвого значення набуває також технологічний аспект проблеми. Електрошлакове наплавлення як процес є чутливим до режимних параметрів, зокрема сили струму, тепловкладення, швидкості наплавлення, складу шлакової ванни, характеру плавлення порошкового дроту та умов охолодження наплавленого металу. Кожен із цих чинників прямо або опосередковано впливає на розміри зерен, інтенсивність перемішування металу, характер розчинення й виділення фаз, рівень структурної неоднорідності та ймовірність утворення дефектів. Тому підвищення експлуатаційної стійкості не може бути досягнуте лише підбором складу наплавлювального матеріалу; воно потребує оптимізації всього комплексу технологічних умов. Саме взаємозв'язок «склад – структура – властивості – ресурс» є центральною ідеєю цього наукового напряму.

Окремої уваги заслуговує використання сучасних підходів до аналізу мікроструктури, зокрема поєднання оптичної візуалізації з математичною обробкою зображень. Такий підхід дозволяє перейти від якісного опису шліфів до кількісного оцінювання морфологічних параметрів структури. Аналіз розмірів і форми зерен, ступеня їх однорідності, локалізації та співвідношення фазових складових, наявності зон концентрованого зміцнення або потенційної дефектності створює можливість не лише описати сформований поверхневий шар, а й прогнозувати його поведінку в експлуатації. По суті, йдеться про поступовий перехід від емпіричного підбору наплавлювальних систем до структурно орієнтованого проєктування покриттів із прогнозованими службовими властивостями. Це особливо важливо для деталей, що працюють в умовах змінного та нестаціонарного навантаження, коли саме структура поверхневого шару визначає, чи буде зношування рівномірним і контрольованим, чи воно супроводжуватиметься локальними руйнуваннями.

Практичне значення такого підходу полягає в тому, що він дозволяє створювати відновлювальні покриття, які не лише компенсують втрату матеріалу, а й перевищують серійні аналоги за ресурсом. Для робочих органів ґрунтообробної техніки це має принципове значення, оскільки саме стабільність геометрії ріжучої частини визначає ефективність взаємодії із ґрунтом. Якщо леміш або лапа швидко втрачає форму, агрегат починає працювати менш стабільно, зростає тяговий опір, погіршується глибина і рівномірність обробітку, збільшується витрата пального. Натомість застосування зносостійких покриттів із керовано сформованою структурою дозволяє довше зберігати геометричні параметри деталі, зменшувати втрати маси, знижувати інтенсивність спрацювання ріжучої кромки та забезпечувати більш тривалу й надійну роботу машини в полі.

Важливо підкреслити, що в умовах реальної експлуатації критерієм ефективності відновлювальної технології є не лише лабораторний показник твердості, а комплексний експлуатаційний результат. До нього слід віднести напрацювання деталі до граничного стану, стабільність її форми, інтенсивність втрати маси, відсутність тріщиноутворення й локального викришування, а також загальний економічний ефект від використання такої технології. Саме тому практична цінність наукових досліджень у галузі відновлювальних покриттів особливо переконливо проявляється у польових випробуваннях, де покриття перевіряється не в ідеалізованих умовах, а в реальному контакті з ґрунтом, кам'янистими включеннями, вологою, динамічними перевантаженнями та сезонною нерівномірністю роботи техніки. Лише за таких умов можна об'єктивно судити про справжню ефективність запропонованих матеріалознавчих рішень.

Не менш суттєвим є економічний аспект проблеми. Відновлення робочих органів із використанням сучасних зносостійких покриттів має значний потенціал зниження експлуатаційних витрат. Подовження ресурсу деталей означає зменшення частоти їх заміни, скорочення витрат на ремонт, зниження кількості простоїв у найвідповідальніші періоди польових робіт та підвищення загальної рентабельності використання техніки. Крім того, відновлення замість виготовлення нових деталей сприяє більш раціональному використанню металу, зменшує матеріаломісткість ремонту та має виразний ресурсозберігальний ефект. У сучасних умовах, коли економічна ефективність аграрного виробництва все тісніше пов'язана з ощадливим використанням матеріальних і енергетичних ресурсів, такий підхід набуває особливої актуальності.

З наукового погляду результати досліджень у цій сфері підтверджують, що підвищення експлуатаційної стійкості деталей не можна зводити лише до вибору «кращого матеріалу». Йдеться про значно складнішу задачу, яка охоплює металургійні процеси у шлаковій ванні, взаємодію компонентів наплавлювального матеріалу, закономірності кристалізації, формування фазового складу, морфологію мікроструктури, механічні характеристики покриття та особливості його роботи в умовах абразивного зношування. Саме інтеграція цих рівнів аналізу дозволяє створювати технології нового покоління, у яких поверхневий шар набуває властивостей функціонально оптимізованого матеріалу, а не просто металевої надбудови на зношеній основі.

Таким чином, підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробної техніки шляхом електрошлакового наплавлення з модифікуючими присадками слід розглядати як один із найбільш перспективних напрямів розвитку прикладного матеріалознавства та інженерії поверхні. Наукова цінність цього підходу полягає в розкритті закономірностей зв'язку між складом наплавлювальної системи, режимами обробки, структурою поверхневого шару та його експлуатаційною поведінкою. Практична цінність полягає в можливості отримання

відновлених деталей з підвищеним ресурсом, стабільною робочою геометрією, кращими триботехнічними характеристиками та помітним економічним ефектом у процесі використання. Саме поєднання наукової обґрунтованості, технологічної реалізованості та виробничої доцільності робить цей напрям досліджень актуальним і перспективним для подальшого розвитку як у сфері аграрного машинобудування, так і в ширшому контексті відновлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування.

Посилання

1. Черновол М. І., Лопата Т. В. Умови експлуатації та основні причини виходу з ладу ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин [Електронний ресурс]. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2011. Вип. 24, ч. II. С. 17–22. Режим доступу: https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/79247f36-67f5-4ea6-b5f2fad137395a84/content
2. Солових Е. К., Солових А. Е., Ворона А. В. Вибір матеріалів для зміцнення робочих органів деталей сільськогосподарської техніки [Електронний ресурс]. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2011. Вип. 24, ч. II. Режим доступу: https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/aa0f8536-6637-4b7e-87e758c75be18f16/content
3. Сідашенко О. І., Науменко О. А. [та ін.] Ремонт машин та обладнання: підручник. За ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Агроосвіта, 2014. 665 с.
4. Падалка В. В., Каркач О. С. Аналіз технологій поверхневого зміцнення робочих органів сільськогосподарських машин. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2012. № 2/1(4). С. 28–30. DOI: 10.15587/2312-8372.2012.4881
5. Рябцев І. О., Бабінець А. А., Лентюгов І. П., Богайчук І. Л., Панфілов А. І. Електродугове наплавлення зносостійких сплавів на основі заліза та нікелю на міді. Автоматичне зварювання. 2022. № 5. С. 10–15. DOI: 10.37434/as2022.05.02
6. Савченко В. М., Борак К. В., Голощук В. О., Гордієнко В. С. Зносостійкі покриття для машин, що працюють в абразивному середовищі. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2020. № 3. С. 45–50.
7. Кусков Ю. М., Рябцев І. О. Електрошлакове наплавлення. Матеріали, технології, обладнання. Київ : Інтерсервіс, 2022. 284 с. ISBN 978-966-999-289-5.
8. Aramide B., Pityana S., Sadiku R., Jamiru T., Popoola P. Improving the durability of tillage tools through surface modification – a review. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2021. Vol. 116(1). P. 83–98. 10.1007/s00170-021-07487-4.

ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ ЦИНКУ В МАГНІТНОМУ ПОЛІ НИЗЬКОЇ ІНДУКЦІЇ: МЕХАНІЗМИ ВПЛИВУ, ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОКРИТТІВ

Аспірант Д.А. Зіменков
Керівники - доц., канд. хім. наук С.В. Ковальов
доц., канд. тех. наук І.Л. Решетняк
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Вступ та науково-технічна актуальність. Електроосадження цинку - один із найпоширеніших процесів у гальванічній промисловості для антикорозійного захисту сталі, цинк-іонних акумуляторів і функціональних покриттів.

Класичні проблеми електрохімічного нанесення цинку включають:
1. високу концентраційну поляризацію та обмеження граничного струму [1];
2. дендритний і голчастий ріст, що призводить до короткого замикання в батареях [5];
3. пористість, високу шорсткість і низьку адгезію [5];
4. недостатню мікротвердість і корозійну стійкість у агресивних середовищах [4].

Традиційні способи покращення (механічне перемішування, добавки поверхнево активних речовин (ПАР), імпульсні режими, зміна складу електроліту) мають обмеження: великі витрати енергії, ускладнення технології, забруднення ванни та інші.

Альтернативний підхід - накладання зовнішнього магнітного поля низької індукції (B = 5 ÷ 300 мТл), яке викликає **магнітогідродинамічний (МГД) ефект [2]**. Він обумовлений силою Лоренца ($F = j \times B$) [3] яка викликає конвекцію в приелектродному шарі, зменшує товщину дифузійного шару, вирівнює розподіл іонів Zn^{2+} (або цинкат-іонів), пригнічує локальні нерівності росту.

Переваги запропонованого методу:

простота реалізації (постійні магніти або соленоїди), низьке енергоспоживання, відсутність ПАР у складі розчину, сумісність з існуючими лініями.

Фізичні механізми впливу слабкого магнітного поля. Основний механізм - **МГД-конвекція Лоренца:**

1. сила Лоренца діє на заряджені частинки (іони та гідратовані комплекси) у електроліті [2];
2. максимальна сила - при взаємно перпендикулярній орієнтації j (щільність струму) і B (індуктивність магністного поля) [2];
3. виникають мікровихори та макроконвекція, що зменшують δ (товщину дифузійного шару) на десятки відсотків [3];
4. знижується концентраційна поляризація - зростає ефективний граничний струм - можливе підвищення продуктивності процесу [3].

Додаткові ефекти (менш виражені в слабких полях):

1. парамагнітна сила (на іонах Zn^{2+} , які мають неспарені електрони) [4];

2. градієнтна магнітна сила (якщо поле неоднорідне) [5];

3. слабка магнітизація осаду (цинк - діамагнетик, але текстура може впливати на локальні властивості) [4].

Орієнтація поля критично впливає:

1. B ⊥ j (перпендикулярно до поверхні) - максимальна конвекція, пригнічення дендритів, спіральні патерни [1];

2. B ∥ j (паралельно) - слабша конвекція, але стабільніше вирівнювання поверхні [4];

3. кутові орієнтації - проміжні ефекти.

Вплив на кінетику процесу. У слабкому полі (≥ 2-50 мТл) за нашою думкою будуть очікуватися наступні ефекти:

1. зростання граничного дифузійного струму на 20-70 %;

2. зниження опору перенесення заряду (Rct) на 30-60 %;

3. зменшення концентраційної поляризації - можливість осадження при вищих щільностях струму без втрати якості.

Це особливо проявиться в кислих сульфатних/хлоридних електролітах (висока концентраційна поляризація) і менш виражено в лужних цинкатних (де масоперенос кращий за замовчуванням).

Вплив на морфологію та мікроструктуру покриттів. Без поля — типові дендрити, голчасті/губкоподібні структури, пористість 10-30 %. З полем (50-200 мТл):

1. перехід до компактних, гладких, дрібнозернистих покриттів [3];

2. зменшення середнього розміру зерна в 2–5 разів [2];

3. зниження шорсткості поверхні (Ra) у кілька разів [3];

4. можливе утворення вихрових/спіральних мікроструктур при сильній конвекції [4].

Кристалографічна текстура. Цинк (гексагональна щільноупакована структура) чутливий до умов росту. Без поля — переважні площини (002), (100), (101). З полем:

1. посилення базальної текстури (002), (103), (110), (112) [3];

2. текстура (002) сприяє щільній упаковці → кращій корозійній стійкості та механічній міцності [4].

Механічні та захисні властивості покриттів. Ми очікуємо що вплив магнітного поля низької індукції призведе до наступних ефектів:

1. мікротвердість - зростання на 20-50 % (завдяки дрібнозернистості та зниженню напруг);

2. адгезія - покращення (менше відшарувань при вигині);

3. корозійна поведінка в NaCl: зменшення швидкості корозії в 5-15 разів;

4. подовження терміну служби в сольовому тумані.

Оптимізація параметрів процесу. На основі загальних закономірностей ми пропонуємо наступні параметри електролізу:

1. Інтенсивність поля: B = 2-50 мТл;

2. Орієнтація: переважно B перпендикулярно до поверхні катода;

3. Щільність струму: j = 3-12 А/дм² (можна підвищувати без ризику дендритів);
4. Температура: 20-45 °С;
5. Електроліт: кислий сульфатний або хлоридний , лужний;
6. Тривалість: до 1-2 годин (товщина 10-100 мкм).

Перспективи застосування та масштабування. Технологія перспективна для:

1. промислових гальванічних ліній (антикорозійні покриття);
2. цинк-іонних/цинк-повітряних акумуляторів (пригнічення дендритів - подовження циклу життя);
3. функціональних покриттів з контрольованою текстурою (наприклад, для каталізу або оптики).

Масштабування просте: постійні магніти вздовж ванни або соленоїди навколо. Енергоспоживання мінімальне (<50 Вт на м² ванни). Можливі комбінації з імпульсним струмом, ПАР або неоднорідними полями для ще кращого ефекту.

Висновки. Слабке магнітне поле через МГД-ефект є перспективним, енергоефективним і технологічно простим способом покращення якості цинкових покриттів. Воно дозволяє пригнічувати дендрити, зменшувати пористість, покращувати текстуру, твердість і корозійну стійкість без суттєвих змін у процесі.. Тема відкриває широке поле для подальших теоретичних і прикладних досліджень.

Посилання

1. Kowalik R. Magnetic field effect on the electrodeposition of ZnSe / R. Kowalik, K. Mech, D. Kutyla // Magnetohydrodynamics. - 2015. - Vol. 51, № 2. - P. 345-352
2. Chen Q. Magnetic field stabilizes zinc anode / Q. Chen [та ін.] // Materials Today Energy. - 2022. - Vol. 29. - Art. 101115. - DOI: 10.1016/j.mtener.2022.101115. - (Описує MHD-ефект у слабких полях для пригнічення дендритів цинку в анодах акумуляторів).
3. Skibińska K. Influence of the Applied External Magnetic Field on Electrodeposition of Ni and Cu Coatings / K. Skibińska [та ін.] // Metals. - 2024. - Vol. 14, № 3. - Art. 281. - DOI: 10.3390/met14030281. - (Аналіз MHD-конвекції в слабких полях, аналогічно застосовний до Zn).
4. Issaadi H. K. Effect of applied magnetic field on ZnFe alloy electrodeposition / H. K. Issaadi [та ін.] // Journal of Electroanalytical Chemistry. - 2024. - Vol. 960. - Art. 118106. - DOI: 10.1016/j.jelechem.2024.118106. - (Вплив магнітного поля на масоперенос і склад Zn-сплавів через Lorentz force та MHD).
5. Leng X. Magnetic field-assisted electrodeposition: Mechanisms, microstructural tailoring and multifunctional applications / X. Leng [та ін.] // Surfaces and Interfaces. - 2025. - Vol. 48. - Art. 105120. - DOI: 10.1016/j.surfin.2025.105120. - (Огляд MFAED з фокусом на MHD, Lorentz force, слабкі поля для металів, включаючи Zn).

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ПІД ЧАС РОЗДАВАННЯ ТРУБЧАСТИХ ЗАГОТОВОК НЕСИМЕТРИЧНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Аспірант Р.Р. Козлов
Керівник – проф., докт. техн. наук Р.Г. Пузир
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна

Процес роздавання циліндричних заготовок конусним пуансоном характеризується пластичною деформацією торця заготовки зі збільшенням його діаметру відповідно до розмірів деформуючого інструменту. Основним завданням теоретичного опису процесу роздавання трубчастих виробів є визначення напружено-деформованого стану заготовки, прогнозування втрати стійкості недеформованої частини та руйнування торця у вигляді локалізації деформацій на цій ділянці з появою тріщини у меридіональному напрямку [1]. Спосіб деформування асиметричним пуансоном призначений для зменшення впливу розтягуючих тангенціальних напружень на торцеве потоншення виробу та отримання рівноміцних деталей. Але для формування технічних рекомендацій для виробництва необхідно провести детальний теоретичний аналіз такого процесу та виділити технологічні фактори, які будуть впливати на поле напружень та деформацій.

Метою даної роботи було отримання аналітичних залежностей для розрахунку напруженого стану під час роздавання несиметричним інструментом трубної заготовки та їх аналіз для формування рекомендацій технологічного характеру.

Для реалізації математичної моделі роздавання, яка являє собою умови рівноваги виділеного елементу заготовки

$$\begin{gathered}\frac{\partial}{\partial\varphi}\left(\sigma_\varphi r_0\right)+\frac{\partial\tau_{\varphi\theta}}{\partial\theta}r_1-\sigma_\theta r_1\cos\varphi=0,\\ \frac{\partial}{\partial\varphi}\left(\tau_{\varphi\theta}r_0\right)+\frac{\partial\sigma_\theta}{\partial\theta}r_1+\tau_{\varphi\theta}r_1\cos\varphi=0,\\ \frac{\sigma_\varphi}{r_1}+\frac{\sigma_\theta}{r_2}=0,\end{gathered}\qquad(1.1)$$

де σ_φ – меридіональні напруження; σ_θ – тангенціальні напруження; $\tau_{\varphi\theta}$ – дотичні напруження; r_0 – радіус паралельного кола; r_1 – радіус кривизни у меридіональному напрямку; r_2 – радіус кривизни у тангенціальному напрямку; θ – кут, який визначає положення меридіану; φ – кут, який визначає положення паралельного кола,

застосовували математичний апарат технічної теорії оболонок обертання спільно з умовою переходу металу у пластичний стан за гіпотезою сталості максимальних дотичних напружень для плоского напруженого стану з різнойменною схемою в компонентах тензору напружень.

Схема процесу роздавання несиметричним пуансоном наведена на рисунку 1 [2].

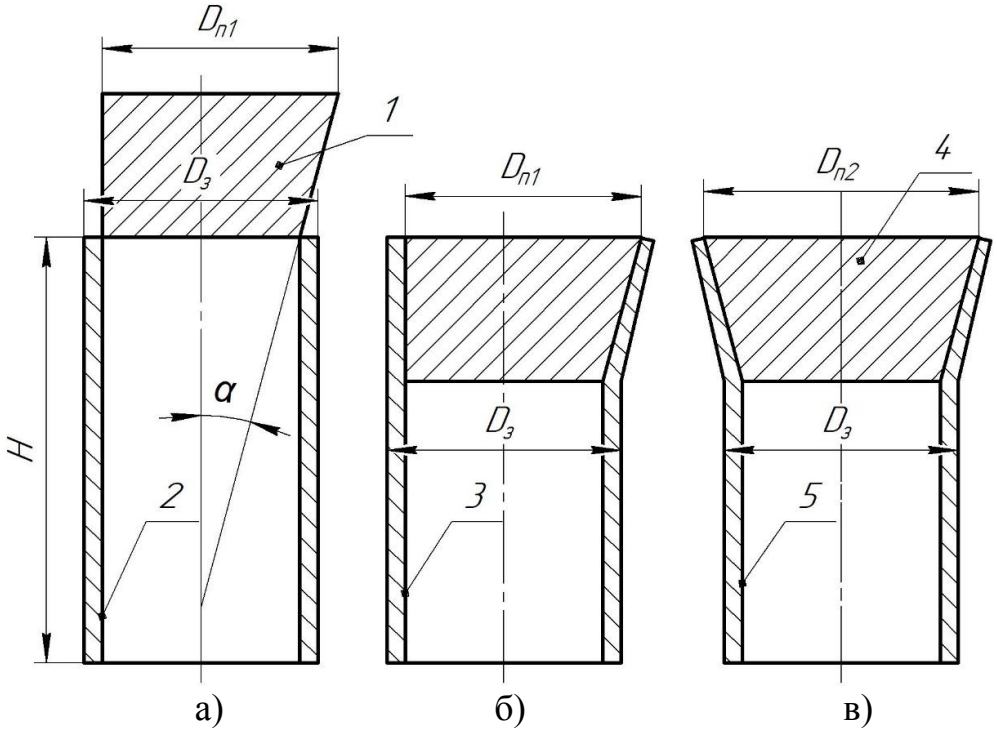


Рисунок 1. Переходи роздавання асиметричним пуансоном

а – заготовка та пуансон у початковому положенні; б – проміжний перехід роздавання; в – кінцевий перехід роздавання; 1 – асиметричний пуансон; 2 – заготовка; 3 – напівфабрикат; 4 – симетричний пуансон; 5 – готовий виріб.

Після інтегрування рівнянь рівноваги спільно з умовою пластичності та підстановки граничних умов (при $\rho = R_u$, де R_u – радіус інструменту, $\tau_{\varphi\theta} = \frac{\sigma_s}{2}\sin\theta$) були отриманні наступні рішення для напружень

– для дотичних напружень

$$\tau_{\varphi\theta} = \frac{R_u^2 \sigma_s}{2\rho^2}\sin\theta, \qquad (1.2)$$

де σ_s – межа текучості металу заготовки; ρ - поточний радіус;

– величина меридіональних напружень

$$\sigma_\varphi = -\frac{R_u \sigma_s \cos\theta}{2\rho\sin\alpha}\left(\frac{R_u}{\rho} - 1\right); \qquad (1.3)$$

– тангенціальні напруження будуть дорівнювати

$$\sigma_\theta = \sigma_s - \frac{R_u \sigma_s \cos\theta}{2\rho\sin\alpha}\left(\frac{R_u}{\rho} - 1\right) - \frac{R_u^2 \sigma_s}{\rho^2}\sin\theta, \qquad (1.4)$$

де θ – координата у тангенціальному напрямку.

Найбільший інтерес для даного дослідження викликають закономірності розподілу тангенціальних напружень, так як саме вони впливають на потоншення торцевої частини та на можливу появу осьової тріщини. Як випливає з відношення (1.4) величина тангенціальних напружень в осередку деформації зменшується на величину $\frac{R_u^2\sigma_s}{\rho^2}\sin\theta$, який характеризує дотичні напруження. На торці заготовки їх величина буде дорівнювати $\tau_{\varphi\theta}=\sigma_s\sin\theta$. При цьому дотичні напруження, як бачимо, залежать від кута θ, тобто є змінними по торцю напівфабрикату. На осі симетрії вони дорівнюють нулю, а наближаючись до зони переходу конічної поверхні у циліндричну, набувають максимального значення. Тому, можна вважати, що товщина напівфабрикату по торцю заготовки також буде змінною: у перехідній зоні вона буде найбільшою, а на ділянці симетрії – найменшою.

Висновки:

1. Сформовано математичну модель процесу роздавання конічним асиметричним пуансоном трубної заготовки, яка враховує несиметричність осередку деформації появою дотичних напружень.

2. Математичну модель реалізовано інженерним методом та отримано аналітичні залежності для розрахунку компонент тензору напружень під час роздавання несиметричним пуансоном.

3. Аналіз отриманих результатів показав, що величина тангенціальних напружень в осередку деформації зменшується на величину $\frac{R_u^2\sigma_s}{\rho^2}\sin\theta$, що розвантажує торець від дії розтягуючих напружень та повинно призвести до зменшення потоншення на торці але в залежності від окружної координати θ

4. Для технологічного впровадження даного способу у виробництво та досягнення стійкості процесу необхідно при заданих геометричних параметрах готового виробу збільшувати величину дотичних напружень шляхом зміни геометрії інструменту.

Посилання

1. Karrecha A., Seibi A. Analytical model for the expansion of tubes under tension. Journal of Materials Processing Technology. 2010. 210, P. 356–362.
2. Пузырь Р.Г., Левченко Р.В., Сирая Ю.Б. Интенсификация процесса раздачи цилиндрической заготовки. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. Х.: НТУ «ХПІ». 2017. № 43 (1265). С. 39–42.
3. Пузырь Р.Г., Левченко Р.В., Сира Ю.Б., Лелюх С.Н. Численное моделирование потери устойчивости трубной заготовки при раздаче соединительных переходников. Вісник НТУ «ХПІ» Серія: «Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії». Харків: НТУ «ХПІ», 2019 №12 (1337). С. 51–56.

ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗРОБКА НАУКОВИХ ОСНОВ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНИМИ ПЕЧАМИ

Аспірант Д.Р. Конторович
Керівник - проф., докт. техн. наук А.М. Овчарук
Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна

Сталь, світовий об’єм виробництва якої уже перевищив 2 млрд. т, із якого більше половини виплавлено в Китаї, ще на довгі роки розвитку цивілізації залишиться основним конструкціонним матеріалом для розвитку промисловогота цивільного будівництва, транспорту та машинобудування широкого призначення.

Україна, володіючи значними запасамисировинних матеріалів, необхідних для виробництва продукції чорної металургії та феросплавів, входила в топ 10 держав світу за обсягом виробництва більше 50 млн. т сталі та 21% силікомарганцю, основна кількість якого виробляється на сучасному і найбільшому в Європі Нікопольському заводі феросплавів, електрична потужність рудовідновлювальних печей якого складає більше 1ГВт з обсягом виробництва більше 1 млн.т/рік марганцевих феросплаві.

Рудовідновлювальні печі, потужність яких уже перевищує 100 МВ·А, являються складним електротермохімічним реактором, в якому протікають складні фізико-хімічні перетворення шихтових матеріалів в процесі їх нагріву та відновлення, отримання продуктів плавки - сплав, шлак, перетворення електричної енергії в теплову для здійснення цих процесів, температурний та газовий режими роботи агрегатів.

Рудовідновлювальна плавка (SAF) характеризується ефектом “чорної скриньки”, де параметри реакційної зони неможливо виміряти прямим методом.

Тому розробка інтелектуальних систем управління та оптимізація електротехнологічних параметрів плавки дозволить стабілізувати процес та суттєво знизити енергоспоживання - основний параметр оптимізації електротермічної плавки.

До останнього часу в Україні діяло 6 підприємств, які виплавляли феросплави різного сортаменту - Нікопольський, Запорізький та Стахановський заводи спеціалізувалися на виробництві марганцевих і кремністих феросплавів, Побужський феронікелевий комбінат - феронікель із вітчизняноїта імпортної сировини, Запорозький абразивний комбінат - електрокорунд, Запорізький титано-магнієвий комбінат - виплавка титанового шлаку. Виробництво цієї продукції здійснювалось в рудотермічних печах потужністю від 10.5 до 81 МВ·А.

Об’єктом дослідження є рудовідновлювальні печі (РВП / SAF), що виплавляють продукцію широкого сортаменту та призначення. Складність управління роботою РВП та процесами, що протікають в них обумавлена високою інерційністю та нелінійністю електротехнологічних та фізико-хімічних перетворень.

Наукова новизна полягає у синтезі класичної теорії електротермії та накопиченного досвіду роботи РВП в промислових умовах з методами глибокого машинного навчання та створені “м’яких сенсорів” (Soft Sensors):

1. Прогнозування динамічних параметрів: Використання архітектур LSTM та GRU для віртуального моніторингу температурного поля рудовідновлювальної печі в залежності від посадки електродів та розподілу електричної енергії у ванні РВП.
2. Предиктивна аналітика ризиків: Впровадження ШІ-класифікаторів для передбачення розподілу температури та енергії (Rate of Rise - RoR) дозволить оператору оптимізувати режим роботи рудовідновлювальної електро печі.
3. Оптимізація режиму формування самоспікного електроду - серця РВП, діаметром до 2000 мм: Використання систем типу FurnStar стабілізує режим спікання електроду та його безаварійну роботу в РВП.

Висновки:

Впровадження інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень та управління процессом (DSS) дозволить:

1. Знизити питомі витрати електроенергіїї на 3-5%
2. Підвищити продуктивність РВП на 5-6%
3. Підвищити вилучення провідних елементів на 2-3%
4. Знизити витрати електродної маси на 5-7%

Посилання

1. Precedence Research. Submerged Arc Furnace Market Size, Share and Trends 2025 to 2034. — 2025: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.precedenceresearch.com/submerged-arc-furnace-market
2. Нікопольський завод феросплавів. Історія та сьогодення. — 2024.: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.nzf.com.ua/Default.aspx?id=10&sect=history
3. Miśkiewicz, R., et al. Practical Application of the Industry 4.0 Concept in a Steel Company // Sustainability. — 2020. — Vol. 12(14).: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5776
4. Leon-Medina, J. X., et al. Temperature Prediction Using Multivariate Time Series Deep Learning... // Sensors. — 2021. — Vol. 21(20).: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8541558/
5. Godoy-Rojas, D. F., et al. Attention-Based Deep Recurrent Neural Network... // PMC. — 2022.: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8880730/

6. Liu, H. X., et al. Temperature prediction of submerged arc furnace based on residual spatial-temporal CNN // Energy. — 2024. — Vol. 309.: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v309y2024ics0360544224027981.html
7. Reuter, M. A., et al. Intelligent control of submerged-arc furnaces // INFACON 7, Norway. — 1995.: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/270341029_Intelligent_control_of_submerged-arc_furnaces
8. Jassim, R. M. A. Designing of Submerged Arc Furnaces for Ferroalloy Manufacturing // ResearchGate. — 2024.: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/384238747_Designing_of_Submerged_Arc_Furnaces_for_Ferroalloy_Manufacturing
9. SMS group GmbH. Real-life AI use cases in electric steelmaking (Tap hole blockage prevention & RoR analytics). — 2024.: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.sms-group.com/insights/all-insights/real-life-ai-use-cases-in-electric-steelmaking
10. Fero Labs. Speed to Solution: Where AI Delivers Its Greatest Value (Gerdau Success Story). — 2024.: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.ferolabs.com/insights/post/speed-to-solution-where-ai-delivers-its-greatest-value
11. Zheng, B., et al. Data-driven assisted real-time optimal control strategy of SAF... // Scientific Reports. — 2024. — Vol. 14(1).: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/378796764_Data-driven_assisted_real-time_optimal_control_strategy_of_submerged_arc_furnace_via_intelligent_energy_terminals_considering_large-scale_renewable_energy_utilization

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПЛАЗМОВОГО НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ

Аспірант А.С. Косогов
Керівник – доктор техн. наук, проф. В.І. Большаков
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

ВСТУП

Для отримання заданої структури та властивостей матеріалів застосовують різноманітні методи їх обробки [1].

Лиття під тиском є одним із найефективніших способів виготовлення виливків, оскільки забезпечує високу точність розмірів, мінімізує потребу в механічній обробці та підвищує продуктивність.

Водночас його широке застосування обмежується високою вартістю й недостатньою довговічністю прес-форм: близько 30% собівартості виливків,

зокрема з мідних сплавів, пов'язано з відшкодуванням зносу оснащення. [2] Основною причиною руйнування прес-форм при литті мідних сплавів є термічна втома, оскільки їхні робочі поверхні під час циклів нагрівання й охолодження зазнають об'ємних змін і значних температурних напружень[3]. Максимальні значення напружень досягаються в шарі завтовшки 100…200 Å [4].

Під дією циклічних температурних напружень на поверхні прес-форм утворюються «вогневі» тріщини, у які проникає розплавлений метал, прискорюючи руйнування. Вирішальну роль у цьому процесі відіграє тонкий приповерхневий шар, що зазнає максимальних термічних, механічних і корозійних навантажень.

Внутрішні шари матеріалу нагріваються лише на 20–30 °С і не контактують із розплавом, тому працюють у менш агресивних умовах [4]. Отже, підвищення довговічності прес-форм доцільно забезпечувати зміцненням приповерхневого шару, що дає змогу зменшити вимоги до основного матеріалу й замінити дефіцитні вольфрамовмісні сталі доступнішими сплавами.

Для обробки робочих поверхонь прес-форм використовували хімічні, хіміко-термічні методи та способи поверхневого легування [4, 5]. Застосування цих технологій дало змогу знизити інтенсивність фізико-хімічної взаємодії між формою і виливком, підвищити зносостійкість та покращити інші експлуатаційні показники [5]. Проте отримане зростання стійкості прес-форм є обмеженим і становить лише 20–30% [4].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Для зменшення використання дефіцитної високовольфрамової сталі 3Х2В8Ф запропоновано нові марки 4Х5В2С, 4Х2В2МФС і 4Х4ВМФС, однак вони також містять вольфрам і не забезпечують достатньої довговічності [4].

Тому актуальними є дослідження зі створення спеціального поверхневого шару з низькою теплопровідністю, високою адгезією, стійкістю до налипання розплаву, зношування та корозії. Перспективним рішенням є застосування зносостійких плазмових покриттів.

Серед сучасних способів їх формування застосовують хімічне осадження з газової фази та конденсацію з іонним бомбардуванням (КІБ) [5-6, 8-10].

Саме метод КІБ має суттєві переваги, оскільки дає змогу регулювати температуру в межах 300–800 °С і наносити покриття як на швидкорізальні сталі, так і на тверді сплави, що робить його універсальною технологією зміцнення. Його широко застосовують у машинобудуванні для захисту деталей від зношування, ерозії та корозії, однак використання для прес-форм досліджене недостатньо [5].

Водночас КІБ дозволяє варіювати склад покриття, формувати шари з низькою теплопровідністю, високою міцністю, корозійною та окалиностійкістю й надійною адгезією. Тому обґрунтування вибору матеріалу прес-форм і режимів нанесення покриттів є актуальним науково-технічним завданням.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Оскільки приповерхневі шари прес-форм працюють за циклічних температур до ≈650 °С (з урахуванням захисної дії покриття), умови їх експлуатації наближені до лиття алюмінієвих і цинкових сплавів. Тому матеріал обирали серед напівтеплостійких сталей для таких режимів роботи.

Перевагу надано безвольфрамовим маркам з обмеженим вмістом молібдену, придатним для нанесення покриттів нітриду титану. У результаті обрано сталі 4Х5МФС і 5ХНМ (табл. 1).

Таблиця 1– Хімічний склад сталей, %

Сталь	C	Cr	Mo	V	Ni
5ХНМ	0,50…0,60	0,60…0,80	0,15…0,30	–	1,40…1,80
4Х5МФС	0,37…0,44	4,50…5,50	0,80…1,10	0,80…1,20	–

Покриття наносили на зразки та деталі прес-форм методом конденсації з іонним бомбардуванням (КІБ), що забезпечує низьку пористість, стабільні властивості й високу адгезію. Процес на установці Булат-3Т включав іонне очищення та нагрівання підкладки, а також осадження шару в умовах безперервного іонного впливу (рис. 1).



Рис. 1 – Загальний вигляд установки «Булат-3Т»

За швидкості осадження TiN близько 10 мкм/год оптимальна товщина 2–5 мкм досягалася за 12–30 хв, що забезпечувало максимальну адгезію та підвищення теплостійкості сталей 4Х5МФС і 5ХНМ [6].

Обрані марки сталей гартували за температур, що забезпечують розчинення більшості карбідів і формування високолегованого мартенситу (табл. 2). При цьому сталі зберігають дрібнозернисту структуру та достатню в'язкість. Після гартування сталі піддавали високотемпературному відпуску для отримання високих значень ударної в'язкості та витривалості. Такий відпуск сприяє додатковому зміцненню внаслідок дисперсійного твердіння [11], що супроводжується виділенням дрібнодисперсних карбідів і забезпечує твердість 42…45 HRC.

Таблиця 2 - Режими термічної обробки сталей

Марка сталі	**Температура перед обробкою**	**Температура нагрівання, °С**	**Витримка під час нагрівання**	**Охолоджувальне середовище**	**Твердість після гартування, HRC**	**Температура відпуску, °С**	**Витримка, год (включно з натріванням партії)**	**Твердість після відпуску, HRC**
5ХНМ	700…750	830…860	1–2 хв на 1 мм перерізу	Олива	7…50	500…520	4…5	42…45
4Х5МФС		1050…1070			55…61	560…580	—	42…45

Примітка. Перед термічною обробкою деталі загортали в азбестовий папір і засипали чавунною стружкою або відпрацьованим карбюризатором (шар 35 мм); гартування й відпуск виконували з мінімальною паузою.

Основними параметрами нанесення покриття були тиск реакційного газу, температура підкладки та тривалість осадження [8]. Критерієм оптимальності вважали кількість термоциклів до руйнування покриття. Оптимальний тиск у процесі КІБ визначається індивідуально й залежить від складу катода, обладнання та умов експлуатації [6, 9, 10].

Нітрид титану осаджували за різних парціальних тисків азоту у межах від $3 \cdot 10^{-3}$ до 1 Па (табл. 3) з метою визначення такого режиму, який забезпечує формування покриттів із найкращими експлуатаційними властивостями робочих поверхонь прес-форм. Обраний діапазон тисків ґрунтувався на літературних даних щодо працездатності деталей та інструменту з плазмовими покриттями [9, 11].

Після нанесення покриттів проводили дослідження їх мікроструктури, а також визначали показники мікротвердості (табл. 4).

Таблиця 3 – Вплив тиску азоту на властивості покриття

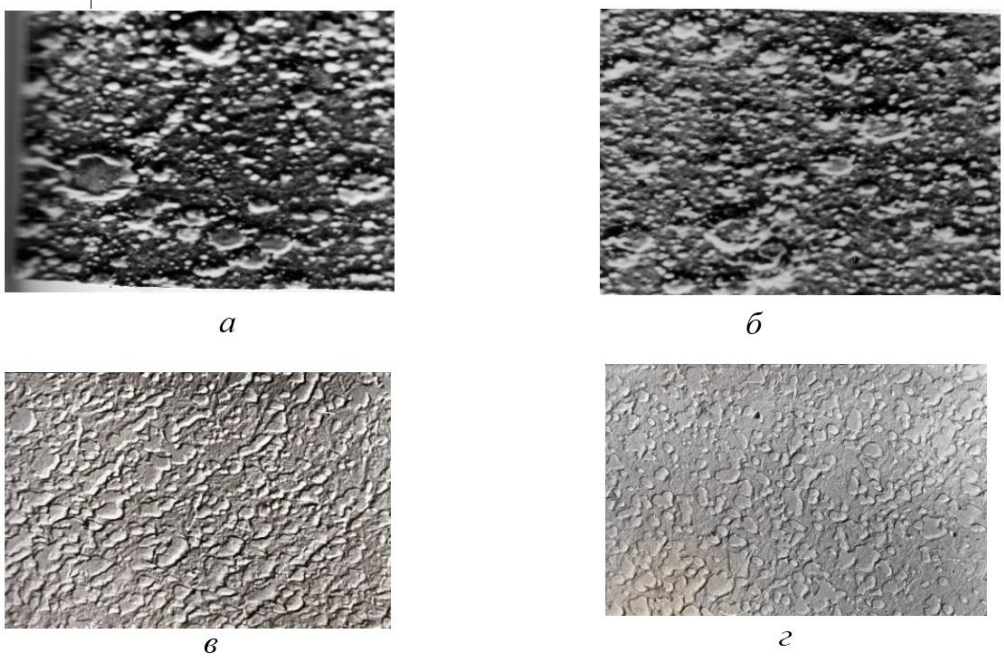
Тиск азоту, Па	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-1}$	**1**
Мікротвердість, ГПа	22	26,0	23,0	18,0
Колір покриття	сірий	жовтувато-сірий	жовтий	коричнево-золотистий

Таблиця 4 – Вплив тиску азоту на термостійкість покриття

Марка сталі	**Тиск**				
	Без покриття	$3 \cdot 10^{-3}$ **Па**	$3 \cdot 10^{-2}$ **Па**	$4 \cdot 10^{-1}$ **Па**	**1 Па**
	Термостійкість				
4Х5МФС	2 000	3 000	5 000	9 500	12 000
5ХНМ	2 000	3 500	5 000	9 000	11 500

РЕЗУЛЬТАТИ

Покриття, отримані за різних тисків азоту, відрізняються за кількістю та розмірами краплинної фази. Найбільшу кількість краплинної фази, що містить α-Ті, спостерігають у покриттях, нанесених за тисків азоту $3 \cdot 10^{-3}$ і $3 \cdot 10^{-2}$ Па (рис. 2, а, б). Вони мають сірий і жовтувато-сірий колір. Із підвищенням тиску азоту до 1 Па покриття набувають коричнево-золотистого відтінку, а кількість краплинної фази на поверхні помітно зменшується (рис. 2, г).



а *б* *в* *г*

Рисунок 2 – Мікроструктура поверхні покриттів з нітриду титану, отриманих за різних тисків реакційного газу: $3 \cdot 10^{-3}$ Па (а); $3 \cdot 10^{-2}$ Па (б); $4 \cdot 10^{-1}$ Па (в); 1 Па (г)

Максимальна мікротвердість покриттів (до 26 ГПа) спостерігається за тисків $3\cdot10^{-3}$–$3\cdot10^{-2}$ Па. Подальше підвищення тиску знижує її до ~18 ГПа при 1 Па. Водночас випробування на теплостійкість показали, що найбільшу кількість термічних циклів витримують зразки з покриттям TiN, нанесеним за 1 Па. Для нижчих тисків характерне інтенсивне налипання розплаву, яке майже зникає при 1 Па.

За мінімальних тисків поряд із високою твердістю фіксується розширення максимумів (333), що свідчить про підвищені мікродеформації ґратки внаслідок впровадження атомів азоту. Поєднання високої твердості та значних мікродеформацій підвищує крихкість шару й прискорює його руйнування; додатковим чинником є велика кількість краплинної фази.

Підвищення тиску до $4\cdot10^{-1}$–1 Па зменшує мікродеформації та збільшує пластичність покриття при достатній твердості[8]. Отже, оптимальний захист прес-форм забезпечує покриття нітриду титану, отримане за 1 Па (табл. 4).

Важливим технологічним чинником, що впливає на довговічність деталей із плазмовими покриттями, є також температура поверхні підкладки під час іонного бомбардування, оскільки в цей період енергія іонів значно перевищує її значення під час стадії конденсації [6]. Згідно з технічними характеристиками установки Булат-3Т, температура поверхні в процесі іонного бомбардування змінювалася в межах 300–800 °С.

Температуру контролювали зразком-свідком із хромель-алюмелевою термопарою, що фіксувала нагрів поверхні під час осадження. Оптимальний вплив іонного бомбардування на сталі 4Х5МФС і 5ХНМ досягається за 500 °С, що забезпечує найкращу адгезію та довговічність. Зниження температури погіршує зчеплення й спричиняє відшаровування покриття, а перевищення температури відпуску сталі її розміцнення.

Покриття прес-форм повинні мати низьку адгезію до розплаву, високу окалино- й корозійностійкість і міцне з’єднання з основою. Адгезійну активність покриття TiN (4 мкм) на сталях 4Х5МФС і 5ХНМ оцінювали методом краплі з використанням розплавів міді, свинцю та цинку. Кути змочування (Таблиця 5) свідчать про слабку взаємодію з цими металами, тому таке покриття істотно зменшує зчеплення сталей прес-форм із латунним розплавом.

Таблиця 5 - Змочування нітридного титанового покриття розплавом

Матеріал що плавиться	Атмосфера	0°
Cy	вакуум	134
Pb	вакуум	138
Zn	вакуум	130

Зі збільшенням товщини покриття підкладка стає краще захищеною завдяки більшій твердості та стійкості до окиснення й корозії. Однак при цьому зростає ризик утворення пор і мікротріщин, що можуть спричинити

руйнування шару. Тому товщину покриття потрібно оптимізувати для кожного випадку [6].

Для визначення оптимальної товщини покриття, що забезпечує його міцне зчеплення з робочою поверхнею деталей, виготовлених зі сталей марок 4Х5МФС та 5ХНМ, було досліджено залежність міцності з'єднання покриття з підкладкою від товщини покриття (рис. 3). Покриття товщиною 2…5 мкм мають найкращу адгезію. За товщини покриття понад 5 мкм спостерігається його лускате відшарування (рис. 4). У процесі експлуатації деталей прес-форм із товщиною покриття 1 мкм його руйнування відбувається протягом кількох годин роботи.

Корозійну стійкість сталей 4Х5МФС і 5ХНМ з покриттям нітридом титану та без нього досліджували у воді за 20 °С протягом 1000 год. У перші 24 год швидкість корозії була високою для всіх зразків, однак із покриттям вона зростала повільніше. Надалі швидкість істотно зменшувалася, стабілізувалася та поступово спадала (рис. 5, 6).

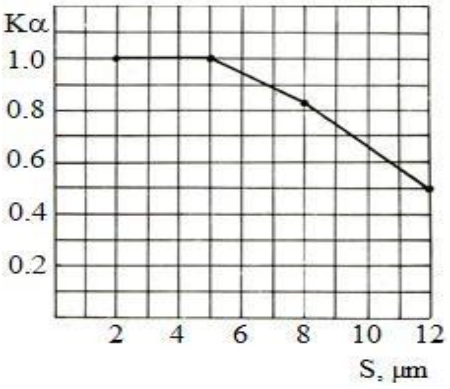


Рисунок 3 - Вплив товщини покриття S на адгезію Kα

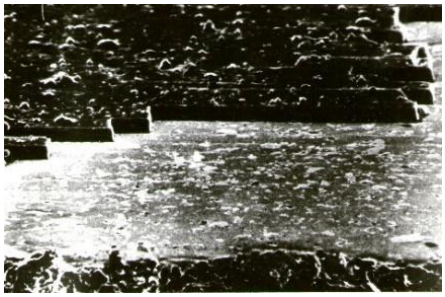


Рисунок 4 - Початкова стадія відшаровування покриття товщиною 8 μm, x1000

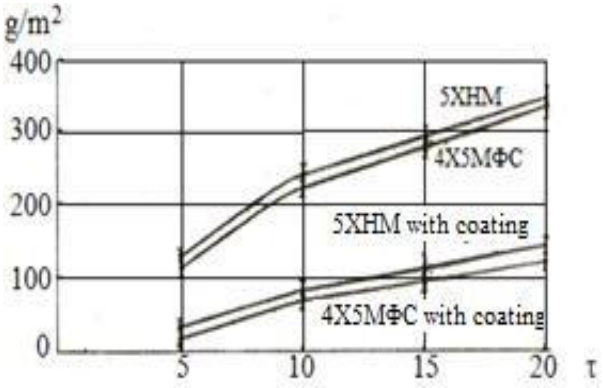


Рисунок 5 - Окулярний опір сталей як функція часу (h) 4Х5МФС, 5ХНМ

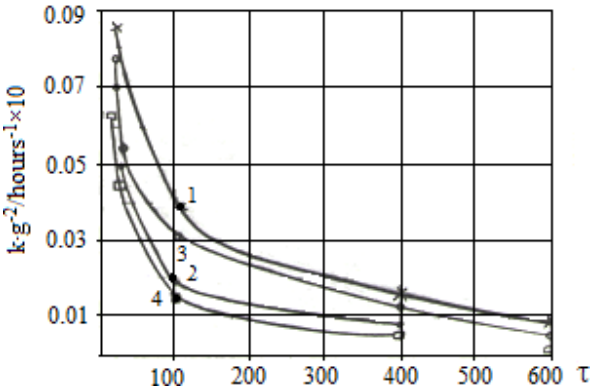


Рисунок 5 - Залежність швидкості корозії Z сталей 4Х5МФС та 5ХНМ від часу випробувань, год: 1 – сталь 5ХНМ; 2 – сталь 5ХНМ з покриттям з нітриду титану; 3 – сталь 4Х5МФС; 4 – сталь 4Х5МФС з покриттям з нітриду титану

Найбільша швидкість корозії спостерігається в перші 12 год, коли покриття нітриду титану ефективно захищає зразки з товщиною понад 3 мкм. За товщини 1–2 мкм через 30 год відбувається відшарування покриття й посилення корозії.

Окалиностійкість оцінювали за зміною маси зразків сталей 4Х5МФС і 5ХНМ після термообробки без покриття та з покриттям нітридом титану. Результати (рис. 6) показали, що через 10 год приріст маси з покриттям утричі менший, ніж без нього, що свідчить про підвищений опір окисненню. Також досліджено вплив товщини покриття на окиснюваність цих сталей (табл. 6).

Таблиця 6 – Вплив товщини покриття нітридом титану на окислення зразків зі сталей 4Х5МФС та 5ХНМ (t = 850 °С, τ = 20 год, безперервний нагрів на повітрі)

Матеріал	Середнє збільшення ваги зразка, $г/м^2$, при товщині покриття, μm					
	1	2	3	4	5	6
4Х5МФС	160	140	110	120	140	220
5ХНМ	190	150	135	140	160	250

Окалиностійкість сталей зростає за товщини покриття 3–6 мкм, а при подальшому збільшенні зменшується. Максимальну стійкість прес-форм забезпечує осадження за 500 °С і 1 Па. За оптимальних параметрів покриття нітриду титану підвищує корозійну стійкість у 3 рази та окалиностійкість у 2–4 рази.

ВИСНОВКИ

Аналіз отриманих даних дає підстави стверджувати, що найбільша довговічність прес-форм із плазмовими покриттями досягається за нагрівання поверхні під час іонного бомбардування до температур, не вищих за температуру відпуску сталі, що забезпечує міцну адгезію. Осадження має відбуватися з мінімальною краплинною фазою, щоб запобігти прилипанню розплаву.

Для покриття нітриду титану, нанесеного на установці Булат-3Т, оптимальні властивості (висока адгезія, низька взаємодія з латунню, підвищена теплостійкість) досягаються за 500 °С і тиску азоту 1 Па.

Посилання

1. Д.Б. Глушкова. В.А. Багров, С.В. Демченко, В.М. Волчук, О.В. Калінін, Н.Є. Калініна. Структура та властивості порошкових покриттів на основі нікелю // Проблеми атомної науки і техніки. 2022, №49140), с. 125-130; https: //doi.org/10/46813/2022-140-125
2. В.С. Вахрушева, Д.Б. Глушкова, В.М. Волчук, Т.В. Носова, С.І. Мамхур, Н.І. Цокур, В.А. Багров, С.В. Демченко, Ю.В. Рижков, В.О. Скрипніков. Підвищення корозійної стійкості жаростійких сплавів для деталей енергетичного обладнання // // Проблеми атомної науки і техніки. 2022, №4140), с. 137-140; https: //doi.org/10.46813/2022-140-137
3. О.М. Виноградов. Зниження витрат на ливарне виробництво // Ливарство України. 2005,№3, с. 5-8.
4. М. Гофман. Що потрібно знати про ливарні сталі // Пласт. Технологія. 2005. №28(4), с. 28-30.
5. О. М. Смірнов, І.В. Лепрекон. Виробництво виливків., Донецьк: Донецький національний технічний університет, Nard-Press. 2005, 244 с.
6. Н.Є. Калініна, Д.Б. Глушкова, А. І. Воронков, Т. В. Калінін. Вплив наномодифікації на формування структури багатокомпонентних нікелевих сплавів // Функціональні матеріали. 2019, №3(26), с. 514-518; https: //doi.org/10.15407/ fm26.03.514
7. Д.Б. Глушкова, В.М. Волчук. Фрактальне дослідження впливу іонно-плазмових покриттівна зносостійкість // Функціональні матеріали. 2023, №3(30), с. 453-457; https: //doi.org/10.15407/ fm30.03.453
8. В. А. Костін. Г.М. Григоренко, В.В. Жуків. Модифікація структури зварних швів високоміцних, низьколегованих сталей наночастинками тугоплавких металів // Збірник наукових праць «Будівництво, матеріалознавство, машинобудування». 2016, №89, с. 93-98.
9. А. М. Петриченко, О.О. Новик, В.І. Крилов та інш. Вибір сталі для форм ЛПД алюмінієвих сплавів // Ливарне виробництво. 1990, №3, с.8-9.
10. В.Т. Калінін, В.А. Федотов. Синтез та застосування нанодисперсних порошків – модифікаторів // Системні технології. 2002, №1, с. 67-71.
11. Д.Б. Глушкова, О.Д. Грінченко, Л.Л. Костіна, А.П. Чолодов. Вибір матеріалу для зміцнення передніх кромок робочих лопатокпарових турбін // Проблеми атомної науки і техніки. 2018, №1(113), с.181-188.
12. В.І. Большаков, В.Є. Ваганов. Вуглецевмісні конструкційні та функціональні покриття // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2014, №10, с. 34-43.

МАТЕРІАЛИ З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ, ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Студент В.А. Кузнєцов
Керівник – к.т.н., доц., доцент кафедри ПЦБ К.М. Мішук
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету, м. Запоріжжя, Україна

Станом на сьогодення, будівельна індустрія орієнтується на впровадження та використання як нових (інноваційних), так і «зелених» технологій, що пов'язано з науково-технічним прогресом та відповідними реаліями. Окрім, впровадження та використання таких інновацій як BIM- та GIS-технології, дрони, робототехніка, «розумні» системи, будівництво стикається з проблемами, що пов'язані з пошуком способів для скорочення викидів парникових газів та покращення енергоефективності будівель, що зумовлено значною кількістю енергії, яку споживає будівельний сектор як під час процесу зведення об'єктів та виробництва матеріалів, так і під час їх експлуатації загалом. Так, наприклад, за деякими оцінками, у 2021 році на будівельний сектор припало близько 37% викидів CO_2, що пов'язані з енергетикою та технологічними процесами (викиди склали близько 10 ГтCO_2, що приблизно на 5% більше за рівень 2020 року та на 2% – за пік 2019 року) та понад 34% світового попиту на енергію (експлуатаційний попит на енергію в будівлях досяг 135 ЕДж, що приблизно на 4% більше, ніж у 2020 році, і на 3%, ніж попередній пік 2019 року) [1]. На Рисунку 1 показано споживання енергії (Рис. 1, А) та викиди вуглекислого газу (Рис. 1, Б) будівельним сектором, з-поміж інших галузей, станом на 2021 рік [1]

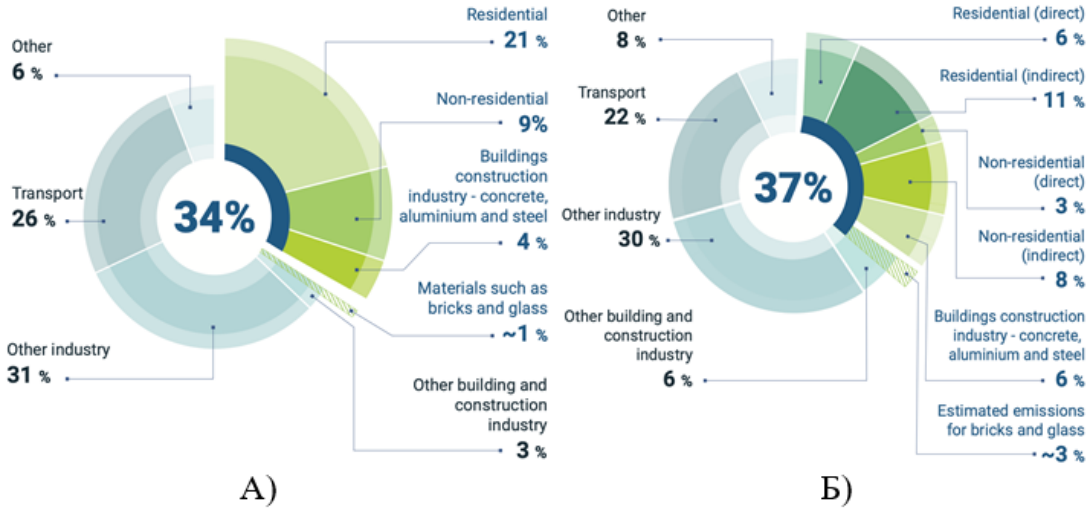


Рисунок 1 – Оцінка будівельного сектору (споживання енергії/викиди CO_2), станом на 2021 рік:

А) Глобальна частка кінцевого попиту на енергію в будівлях та будівництві [%], [1]; Б) Глобальна частка викидів CO_2 від експлуатації та технологічних процесів будівель та споруд [%], [1]

Відповідно до цього, пошук шляхів скорочення витрат енергії і викидів парникових газів при експлуатації будівель (для опалення, вентилювання та кондиціонування), при виробництві будівельних матеріалів, при веденні будівельних процесів тощо – це як ніколи актуальний та важливий аспект, дослідження якого дозволить вирішити питання раціоналізації використання енергії й інших ресурсів, екологізації будівельного сектора та гармонізації нормативної бази будівництва відповідно до вимог і реалій сьогодення.

Загалом, одним із способів, конкретно для вирішення питання покращення енергоефективності будівель, є дослідження та впровадження, так званих, матеріалів з фазовим переходом. Матеріали з фазовим переходом (англ. Phase Change Material (PCM)) – це органічні або неорганічні сполуки, які здатні поглинати та накопичувати велику кількість теплової енергії під час процесу фазового переходу, тобто переходу з твердого стану в рідкий та/або навпаки. Зокрема, коли фаза переходить з твердого стану в рідкий, ці матеріали поглинають енергію з навколишнього середовища, а коли навпаки – вивільняють енергію [2]. Матеріали з фазовим переходом, завдяки своїм властивостям та особливостям, вивчаються досить давно, однак систематичного дослідження набули лише віднедавна. Наприклад, відповідно до нещодавно проведених досліджень, було висвітлено різні шляхи включення PCM до будівельних матеріалів. Зокрема, їх додали в такі пористі основи як гіпс, штукатурка та цегла, що дозволило зменшити теплове надходження від сонячного випромінювання, а при інтеграції в бетоном дало змогу зменшити енергетичні навантаження, шляхом підвищення теплової інерції та компенсації внутрішніх обмежень, таких як низька ізоляція або теплоємність [3]. Для загального огляду, у Таблиці 1 наведено низку досліджень у сфері вивчення матеріалів з фазовим переходом [3].

Таблиця 1 – Загальний огляд літератури (досліджень) у сфері вивчення матеріалів з фазовим переходом

№ п/п	Вибрана література	Дослідження	Обмеження, що використання результатів
1	**2**	**3**	**4**
1	Abass & Muthulingam (2025)	Інтеграція PCM у будівельні матеріали (підвищення теплового комфорту, зменшення енергетичного навантаження та покращення екологічності будівель)	Відсутність цілісних експериментальних досліджень, що охопили б усі кліматичні, екологічні та економічні аспекти
2	Shree et al. (2025)	Включення PCM в огороджувальні конструкції будівель (стабілізація температури всередині приміщень та підвищення енергоефективності)	Поява проблем витоку, фазової сегрегації, зниження механічної міцності, відсутності інструкцій з інтеграції

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
3	Lachheb et al. (2024)	Інтеграція PCM в структуру цегли (значне зменшення коливань температури в приміщенні, економія енергії та покращення теплового комфорту)	Необхідність у проведенні додаткових досліджень, оскільки мінливість теплової поведінки залежить від типу, розташування та кількості PCM
4	Jiao et al. (2024)	Огороджувальні конструкції будівель, вдосконалені PCM, покращують теплову інерцію та комфорт у приміщенні	Невирішені проблеми пожежної небезпеки, токсичності та деградації механічних властивостей
5	Osibodu et al. (2024)	Інтеграція PCM в бетон покращує TES (акумулювання теплової енергії) та, загалом, зменшує енергоспоживання будівель	Поява проблем зниження механічної міцності бетону, довговічності інкапсуляції та відсутності стандартизованих випробувань на довготривалу зносостійкість
6	Reddy et al. (2024)	Інтеграція PCM у будівельні конструкції даху, стін та інших і в матеріали (цемент, фарби) покращує терморегуляцію та підвищують енергетичну ефективність	Потреба у додаткових дослідженнях, оскільки додавання PCM часто знижує механічну міцність і впливає на процеси гідратації в матеріалах на основі цементу
7	Liu et al. (2018)	Макроінкапсуляція PCM покращує ефективність огороджувальних конструкцій будівлі, забезпечуючи економію енергії та покращений тепловий комфорт	Необхідність комплексної оцінки теплових характеристик на рівні компонентів
8	Šavija (2018)	Використання PCM у бетоні дозволяє «розумно» контролювати тріщини, шляхом пом’якшення змін температури	Необхідність додаткових досліджень через потенційний негативний вплив на механічні властивості та довговічність бетону
9	Cui et al. (2015)	Включення PCM у стіни будівель демонструє потенціал для реальної економії енергії шляхом зменшення коливань температури в приміщенні та навантажень на опалення/охолодження	Більшість досліджень є теоретичними або лабораторними. Необхідність досліджень та демонстрацій в реальних масштабах
10	Khudhair & Farid (2004)	Включення PCM у стіни, підлоги та стелі демонструє економію енергії та переваги у розподілі навантаження	Невирішені проблеми переохолодження та фазового розділення з гідратами солей

Відповідно до даних Таблиці 1, матеріали з фазовим переходом є предметом досліджень багатьох науковців, при цьому більшість зазначає про досить позитивні результати включення цих матеріалів до конструкцій будівель, зокрема, поліпшення комфорту в приміщеннях, підвищення енергоефективності, економія енерговитрат тощо, але, не зважаючи на це, невирішеними аспектами залишаються сумісність PCM з матеріалами будівельних конструкцій, стандартизація вибору матеріалу та напрямку використання, вплив на властивості інших будівельних матеріалів, вплив на екологічний стан навколишнього середовища та інші через незначну кількість проведених експериментів та досліджень.

Як вже було зазначено, матеріали з фазовим переходом здатні накопичувати/вивільняти значну кількість теплової енергії під час процесу фазового переходу [2]. Відповідно до цього, варто зазначити, що PCM працюють за принципом, так званої, «прихованої теплоти». Зокрема, коли ці матеріали досягають точки плавлення, вони поглинають велику кількість тепла з довкілля, не демонструючи при цьому значного підвищення температури. І навпаки, коли температура падає, PCM вивільняють накопичену теплоту, затвердіваючи, тим самим підтримуючи стабільну температуру в приміщенні [4].

Відповідно до свої властивостей та особливостей, існує декілька типів матеріалів з фазовим переходом, коротка характеристика яких наведена у Таблиці 2 [5].

Таблиця 2 – Характеристика основних типів матеріалів з фазовим переходом

№ п/п	Тип	Підтип	Характеристика
1	**2**	**3**	**4**
1	**Органічні** (виготовляються з парафіну або жирних кислот. Надійні під час багаторазових циклів плавлення та заморожування, хімічно стабільні, не корозійні, володіють відносно низькою теплопровідністю)	Парафінові PCM	Змінюючи довжину вуглецевого ланцюга, можна регулювати точку плавлення
		Жирні кислоти	Підходять для застосування при помірних температурах і забезпечують мінімальне переохолодження, що сприяє більш послідовному процесу фазового переходу
2	**Неорганічні** (виготовляються з гідратів солей та металевих PCM. Володіють значно вищою теплоємністю та теплопровідністю, ніж органічні PCM. Можуть бути причиною фазової сегрегації та корозії, що може вимагати додаткових матеріалів для інкапсуляції для підвищення довговічності)	Металеві PCM	Використовуються у високотемпературних застосуваннях
		Сольові гідрати	Ефективні для зберігання тепла за вищих температур, зокрема, можуть бути корисними для промислових процесів рекуперації тепла

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
3	**Евтектичні** (являють собою суміш двох або більше матеріалів, які плавляться та/або тверднуть в одній чіткій точці плавлення/кристалізації. Використовуються, коли потрібні точний контроль температури та узгоджена поведінка плавлення та твердіння)	Органічні евтектики	Часто мають регульовані температури фазового переходу для різноманітних застосувань
		Неорганічно-органічні евтектики	Забезпечують симбіотичний баланс, використовуючи вищу «приховану теплоту» та підвищену термічну стабільність
4	**Біорозроблені** (володіють певними екологічними перевагами. Такі матеріали як біомаса та біологічні жири є біорозкладними та менш токсичними, що робить їх привабливим рішенням для побутового використання та екологічно чутливих застосувань)	Біожири	Мають хорошу термонакопичувальну здатність та менший вплив на навколишнє середовище
		Біомасні матеріали	Володіють вродженими властивостями PCM та адаптивністю до різних температурних діапазонів
5	**Композитні** (поєднують різні типи PCM з такими підсилювальними добавками як графен, вуглецеві волокна або металеві наночастинки, для покращення теплопровідності та загальної продуктивності. Ці композити спрямовані на подолання таких обмежень як неоптимальна теплова реакція та циклічна стабільність)	Композити, покращені PCM	Ці матеріали часто демонструють підвищену теплопровідність та зменшене переохолодження
		Нано-покращені PCM	Завдяки інтеграції наночастинок ці композити досягають кращої ефективності теплопередачі та термічної стабільності

Відповідно до цього, варто зазначити, що матеріали з фазовим переходом володіють як перевагами, так і недоліками. Зокрема, до перших можна віднести: енергоефективність (контроль температури в приміщенні за допомогою PCM дозволить зменшити залежність від традиційних систем, тим самим скоротивши споживання енергії та зменшивши витрати); поліпшений комфорт (PCM забезпечують підтримку постійного клімату в приміщенні, що може покращити рівень комфорту для мешканців); зменшення вуглецевого сліду (використання PCM для поліпшення енергоефективності сприятиме зниженню споживання енергії, що безпосередньо забезпечить скорочення викидів парникових газів); універсальність (PCM, володіючи певними особливостями та властивостями) [4]. До других слід віднести: сумісність з будівельними матеріалами (можуть викликати дефекти в будівельних матеріалах, в які були включені, наприклад, зменшена міцність бетону, скорочена довговічні стінових конструкцій тощо); цінова політика (потреба в

значних витратах на дослідження та впровадження); пожежна безпека та токсичність (отримані енергоефективні матеріали (з включеннями РСМ) можуть не відповідати нормам пожежної безпеки та мати токсичний вплив як на довкілля, так і на людей в приміщенні); нормативна база (відсутність норм та вимог щодо відбору включень РСМ для відповідних будівельних матеріалів, відсутність регламентування загального використання матеріалів з фазовим переходом).

Відповідно до своїх властивостей та особливостей, матеріали з фазовим переходом можна ефективно використовувати в конструктивах будівлі, з метою оптимізації її теплових характеристик (Рис. 2) [4; 6]:

- **Стінові конструкції:** включення у гіпсокартон або штукатурку дозволить регулювати температуру в приміщенні, поглинаючи надлишкове тепло протягом дня та вивільняючи його протягом ночі.
- **Конструкції підлоги:** використання підлогової плитки з додаванням РСМ дасть змогу управляти тепловими навантаженнями та підвищувати тепловий комфорт завдяки меншим коливанням температури.
- **Конструкції даху:** використання матеріалів з включеннями РСМ може ефективно підвищити теплову ефективність будівель та зменшити потреби в охолодженні.
- **Конструкції стельових панелей:** стельові панелі, оснащені РСМ, можуть запобігти підйому гарячого повітря до стелі, що дозволить скоротити потреби в охолодженні, особливо в багатоповерхових будівлях.
- **Системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря:** інтеграція РСМ в ці системи може посприяти зменшенню пікового навантаження та підвищити ефективність системи, використовуючи теплоакумулюючу здатність РСМ.

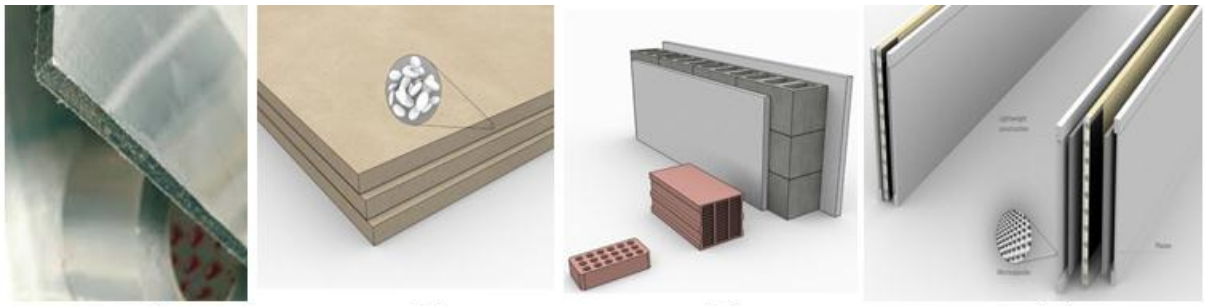


Рисунок 2 – Приклади використання РСМ у конструкціях будівель [7]: *А) Панель Energain® PCM , обгорнута та запечатана фольгованою стрічкою; Б) Гіпсокартонна плита з інтегрованими мікросхемами Micronal® PCM; В) Пустотіла цегла, альвеолярна цегла та конструкція стіни з використанням PCM; Г) Використання PCM як внутрішньої штукатурки на пустотілих будівельних блоках*

Загалом, використання матеріалів з фазовим переходом при зведенні будівель – це досить актуальний аспект розвитку будівельної індустрії,

особливо, з огляду екологічного та сталого будівництва. З огляду властивостей та особливостей, включення РСМ можуть використовуватися як у відповідних будівельних матеріалах, так і відповідних будівельних конструкціях, що, загалом, дозволить покращити енергетичну ефективність будівель, скоротити витрати на енергоресурси, зменшити викиди парникових газів та раціонально використовувати ресурси (матеріали та сировину), але за умови вирішення питань, що гальмують впровадження та використання матеріалів з фазовим переходом.

Висновки:

У підсумку варто зазначити, що було проаналізовано (оглядово) споживання енергії та викиди вуглекислого будівельним сектором, станом на 2021 рік (взято як приклад демонстрації енергетичних потреб будівництва та його впливу на екологічний/кліматичний стан довкілля). Також було висвітлено основні дослідження в сфері використання та впровадження матеріалів з фазовим переходом під час зведення будівель, було охарактеризовано основні типи РСМ та частково зазначено про їх можливе використання, було зазначено про їх переваги та недоліки. Наприкінці було проаналізовано можливості використання матеріалів з фазовим переходом у будівельних конструкціях та інженерних системах, як засобу для підвищення енергоефективності будівельних об’єктів. Загалом, варто констатувати, що матеріали з фазовим переходом – це досить непоганий варіант покращення комфорту та енергетичної ефективності будівель, за рахунок їх впровадження в структури матеріалів або власне конструкцій. Однак ці перспективи можуть бути обмеженими такими аспектами, як нерозвинена нормативна база в цьому напрямку, можливе порушення властивостей матеріалів та конструкцій через несумісність з РСМ, невідповідність пожежним та екологічним вимогам тощо. З огляду цього, важливо проводити додаткові експерименти та дослідження й модернізувати норми та вимоги, щоб у майбутньому зводити будівлі, які будуть споживати мінімальну кількість енергії та не будуть чинити негативний вплив як на довкілля, так і на людину загалом.

Посилання

1. The GlobalABC releases 2022 Global Status Report for Buildings and Construction. *GlobalABC* : веб-сайт. URL: https://globalabc.org/news/globalabc-releases-2022-global-status-report-buildings-and-construction (дата звернення: 15.03.2026)
2. L. Yang et al. Recent development on heat transfer and various applications of phase-change materialsl. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 287. P. 124432. URL: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124432 (дата звернення: 15.03.2026)
3. A. Vedrtnam et al. Phase change materials for climate-adaptive buildings: A review framed by tropical and Mediterranean climates. *Journal of Energy*

Storage. 2025. Vol. 125. P. 116938. URL: https://doi.org/10.1016/j.est.2025.116938 (дата звернення: 15.03.2026)
4. Thermal performance of phase change materials in buildings. *Thermal Engineering* : веб-сайт. URL: https://www.thermal-engineering.org/thermal-performance-of-phase-change-materials-in-buildings/ (дата звернення: 16.03.2026)
5. 5 Types of Phase Change Materials for Thermal Storage. *Thermal Engineering* : веб-сайт. URL: https://www.thermal-engineering.org/5-types-of-phase-change-materials-for-thermal-storage/ (дата звернення: 16.03.2026)
6. Y. Cui et al. Recent Progress of Phase Change Materials and Their Applications in Facility Agriculture and Related-Buildings–A Review. *Buildings*. 2024. Vol. 14, no. 9. P. 2999. URL: https://doi.org/10.3390/buildings14092999 (дата звернення: 17.03.2026)
7. A. Kurdi et al. Potential Phase Change Materials in Building Wall Construction–A Review. *Materials*. 2021. Vol. 14, no. 18. P. 5328. URL: https://doi.org/10.3390/ma14185328 (дата звернення: 17.03.2026)

ВПЛИВ ДОВЖИНИ АРМУЮЧОГО ВОЛОКНА НА ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНУ ПОВЕДІНКУ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ

Студенти Н.В. Курочкін, М.О. Сівак
Керівник - доц., канд. техн. наук О.О. Набережна
Дніпровський державний технічний університет
м. Кам'янське, Україна

Полімерні композиційні матеріали на основі ароматичних поліамідних матриць привертають увагу завдяки поєднанню високої механічної міцності, термостійкості та хімічної інертності. Перспективним представником є фенілон — термостійкий полімер із розвиненою ароматичною структурою, здатний до карбонізації. Його висока теплостійкість і стабільність коксового залишку зумовлюють використання як ефективної матриці для композитів, що працюють в умовах інтенсивних теплових навантажень [1, 2].

Введення армуючих волокон підвищує механічні властивості матеріалу та впливає на термічну стабільність. Формування інтерфазних зон змінює морфологію полімеру, обмежує сегментну рухливість макромолекул і підвищує енергію активації термодеструкції [3]. Важливу роль відіграє карбонізований бар’єрний шар, що гальмує масо- та теплоперенесення [4].

Термогравіметричний аналіз є інформативним методом оцінки термостійкості, оскільки дозволяє визначити стадії розкладу, температурні параметри та кінетику процесу [1, 5]. Для ароматичних полімерів характерне

інтенсивне коксоутворення, яке в композитах модифікується присутністю армуючої фази.

Водночас вплив довжини та масового вмісту армуючих волокон на кінетику термодеструкції поліамідних матриць залишається недостатньо вивченим, що є важливим для прогнозування довговічності матеріалів і оптимізації їх структури.

З урахуванням вище викладеного, метою роботи було дослідження термогравіметричної поведінки композитів на основі фенілону з різною довжиною армуючих волокон при вмісті 5 мас.%. Як матрицю обрано ароматичний поліамід фенілон С-1, а армуючим наповнювачем — дискретне волокно фенілон. Композиційні матеріали переробляли методом компресійного пресування.

TG та DTG криві (рис.1) демонструють подібний характер деградації для всіх зразків, що свідчить про незмінність хімічної структури матриці, тоді як довжина армуючого волокна впливає переважно на теплоперенесення та кінетику розкладу.

У температурній області нижче ~400 K для всіх зразків спостерігається незначна втрата маси. Ця стадія пов’язана з видаленням фізично адсорбованої вологи та низькомолекулярних летких компонентів. Мала величина цієї втрати підтверджує структурну стабільність матеріалу та низький вміст летких домішок.

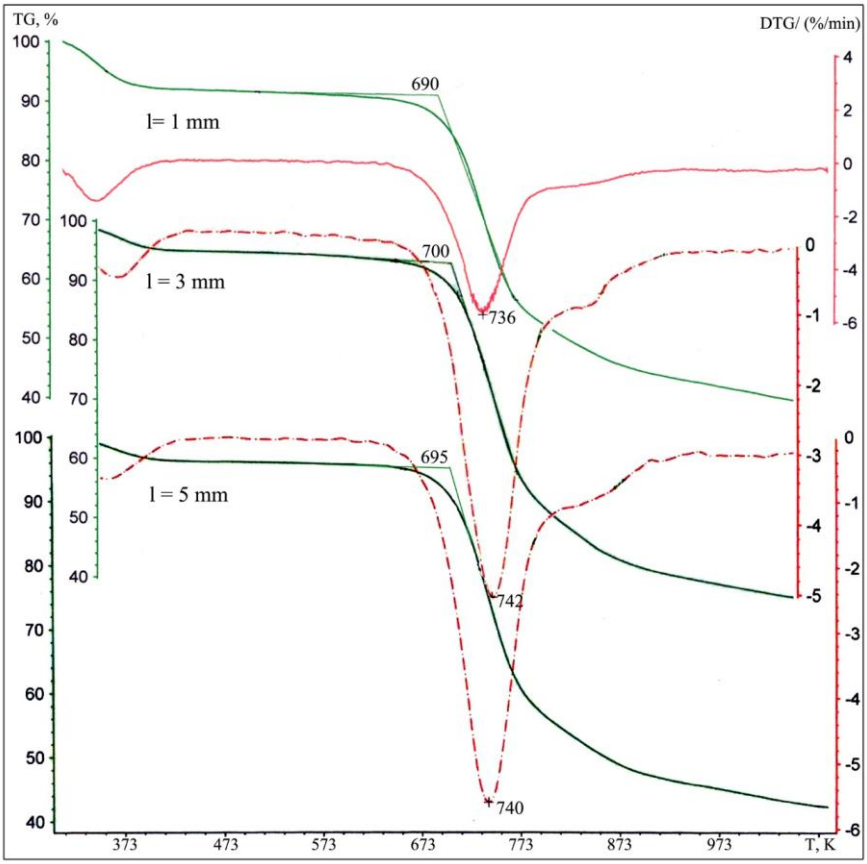


Рисунок 1 – Термогравіметричний аналіз(TG, DTG криві) композитів на основі фенілону з довжиною армуючого волокна 1, 3, 5 мм і масовим вмістом 5 мас.%

Основна термодеструкція відбувається в межах однієї домінуючої стадії. Початок інтенсивного розкладу фіксується в інтервалі 690–700 K залежно від довжини армуючого волокна. Для зразка з довжиною 3 мм характерна найвища температура початку деградації (~700 K), тоді як зразок із довжиною 1 мм руйнується дещо раніше (~690 K). Це зміщення свідчить про незначне підвищення термічної стабільності зі збільшенням довжини армуючого волокна, що може бути пов'язано з ускладненням теплоперенесення та утворенням захисного поверхневого шару під час розкладу.

Максимальна швидкість втрати маси, визначена за DTG кривими, спостерігається при 736 K для зразка довжиною 1 мм, 740 K - для 3 мм та 742 K - для 5 мм. Систематичне зміщення максимуму DTG у бік вищих температур зі збільшенням довжини волокна вказує на уповільнення процесу термодеструкції у зразках з довшим волокном. Така поведінка пов'язана з бар'єрним ефектом: утворений карбонізований шар обмежує проникнення тепла та дифузію летких продуктів, що гальмує розкладання матеріалу.

Після основної стадії деградації при високих температурах зберігається значний масовий залишок. Така поведінка характерна для ароматичних полімерних систем і є перевагою для високотемпературних застосувань, оскільки утворений шар виконує функцію термічного та окиснювального бар'єра.

Висновки:

1. Подібність форм кривих деградації підтверджує збереження основного механізму розкладу для всіх зразків. Водночас, зміщення характерних температур демонструє вплив геометричних факторів на видиму термічну поведінку матеріалу. Отримані результати підкреслюють важливість урахування довжини армуючого волокна під час інтерпретації термогравіметричних даних і порівняння термічної стабільності композитів.

2. Загалом результати термогравіметричного аналізу підтверджують високу термічну стійкість досліджених композитів та їх здатність формувати стабільну карбонізовану структуру при підвищених температурах. Виявлений бар'єрний ефект, пов'язаний зі збільшенням довжини волокна, може сприяти підвищенню термічної довговічності матеріалу в практичних умовах експлуатації.

Посилання

1. Barra, G. A comprehensive review on the thermal stability of polymers and polymer-based composites / G. Barra, et al. – **Polymers**, 2023. – 133 p. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.3390/polym150813786
2. Nurazzi, N. M. et al. Thermogravimetric analysis properties of cellulosic natural fiber polymer composites: influence of chemical treatments / N. M. Nurazzi, et al. – **Polymers**, 2021. – 454 p. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.3390/2073-4360/13/16/2710

3. Evans, T. Verho et al. Analytical and numerical modeling of degradation and pyrolysis kinetics of polymers by TGA / T. Verho, et al. – **Polymers**, 2022. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://cris.vtt.fi/files/73428040/polymers_14_02709_v2.pdf
4. Mansa, R. Thermogravimetric analysis of microplastics: a mini review / R. Mansa, et al. – **ScienceDirect**, 2021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765721000880
5. Shakor, Z. M. Thermogravimetric analysis integrated with mathematical methods for evaluation of thermal stability / Z. M. Shakor, et al. – **ACS Omega**, 2025. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1021/acsomega.5c02250

ВПЛИВ АДИТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НА НАДІЙНІСТЬ ТА РЕСУРС ЗАВИХРЮВАЧА КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ АВІАЦІЙНОГО ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

Аспірант Д.О. Куц,
Керівник – доктор філософії В.С. Єфанов
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Вступ і постановка задачі

Сучасні тенденції розвитку авіаційних газотурбінних двигунів характеризуються підвищенням ступеня стиснення та температурних рівнів робочого процесу (зокрема температури повітря на вході в КЗ і температури газу перед турбіною), що підвищує тепломеханічну напруженість елементів «гарячої частини» й посилює вимоги до їх довговічності [1–3].

Одним із найбільш навантажених елементів камери згоряння є завихрювач: він формує структуру потоку, створює рециркуляційну зону та стабілізує полум’я, а також суттєво впливає на нерівномірність температурного поля на виході камери згоряння, що прямо пов’язано з тепловим навантаженням наступних ступенів турбіни [4–6].

Саме в зоні завихрювача, як правило, можливі локальні піки температур і високі температурні градієнти. У літературі для елементів камер згоряння такі «гарячі плями» розглядаються як один із ключових чинників деградації покриттів або матеріалу та зниження ресурсу (зокрема через термоциклічне навантаження й пов’язані механізми руйнування) [6–8].

Традиційні методи виготовлення завихрювачів (лиття, механічна обробка, зварні та паяні конструкції) накладають обмеження на реалізацію оптимальної внутрішньої геометрії та ускладнюють забезпечення стабільності витратних характеристик у серійному виробництві. У цьому

контексті адитивні технології, зокрема L-PBF (категорія L-PBF у термінології ISO/ASTM), розглядаються як інструмент реалізації складних інженерних каналів, інтеграції вузлів і потенційного зменшення ризиків, пов'язаних із з'єднаннями або складанням [9], [10].

Показовим прикладом промислового ефекту від адитивного виготовлення в авіаційному двигунобудуванні є перехід до монолітних деталей зі складною внутрішньою геометрією замість багатодетальних зварних та паяних збірок (на прикладі паливної форсунки: консолідація близько 20 елементів в одну деталь, зниження маси та зростання довговічності) [11].

Мета роботи – оцінювання впливу адитивної технології L-PBF на надійність та ресурс завихрювача камери згоряння авіаційного газотурбінного двигуна з урахуванням реального температурного стану, витратних характеристик та властивостей матеріалу.

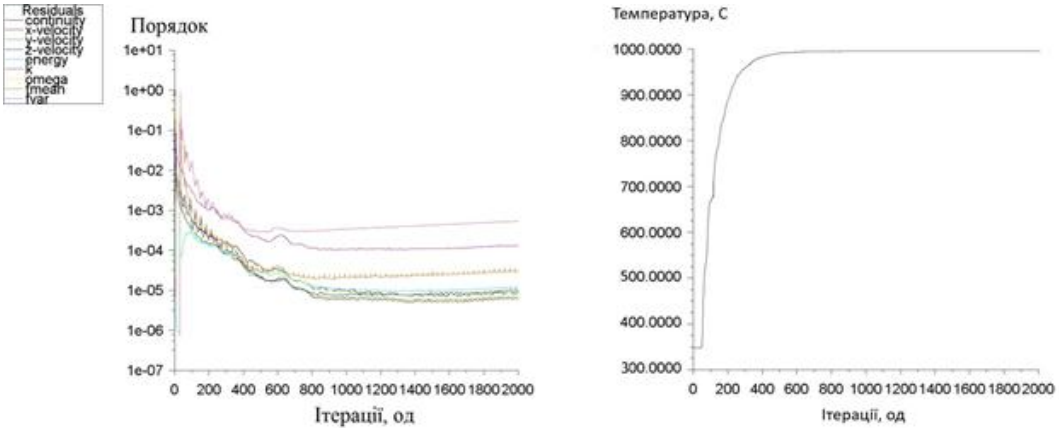
Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:
– визначення температурного стану завихрювача та фронтової частини камери згоряння за допомогою CFD-розрахунків;
– аналіз локальних максимальних температур і нерівномірності температурного поля;
– експериментальне визначення наведеної витрати повітря через адитивно виготовлені завихрювачі;
– зіставлення отриманих температурних рівнів з механічними властивостями сплаву IN 718 у робочому діапазоні температур;
– формування узагальнених висновків щодо впливу адитивної технології на надійність та ресурс вузла.

Методика дослідження

Температурний та газодинамічний стан камери згоряння визначався за допомогою CFD-моделювання з використанням стаціонарної постановки задачі. Загалом CFD-підхід є одним із базових інструментів сучасного проєктування камер згоряння (від ранніх RANS-підходів до LES при підвищенні вимог до точності відтворення змішування та горіння), оскільки дозволяє досліджувати чутливість температурних полів до геометрії завихрювача та умов подачі повітря [3–5].

Контроль збіжності розрахунку (рис. 1) здійснювався за рівнями нев'язок, а також за допомогою площинного моніторингу температури газу на виході з камери згоряння в площині соплового апарату.

Експериментальні дослідження витратних характеристик виконувалися на стаціонарній установці продувки з вимірюванням фізичної та приведеної витрати повітря. З огляду на те, що вихідний температурний профіль камери згоряння і локальні «гарячі смуги» та нерівномірність температури істотно залежать від організації змішування, геометрії та установочного кута завихрювача, контроль (і зменшення розкиду) витратних характеристик є прямим шляхом до стабілізації температурного поля [5].



а б

Рисунок 1 – Контроль збіжності розрахунку:
а – графік узгодження нев'язок; б – площинний моніторинг температури на виході із камери згоряння

Для аналізу ресурсу використано результати випробувань механічних властивостей сплаву IN 718 після термічної обробки та гарячого ізостатичного пресування у діапазоні температур 500–700 °С, що відповідає робочим температурами для низки деталей «гарячої частини» та узгоджується з довідковими даними щодо придатності IN 718 до 700 °С за умов забезпечення відповідної термообробки та структури [12], [13].

Окремо слід підкреслити роль постобробки після гарячого ізостатичного пресування для деталей, виготовлених адитивно з IN718: у дослідженнях показано, що гаряче ізостатичне пресування застосовують як інструмент зменшення пористості (в т.ч. внутрішньої) та потенційного покращення довговічності та втомної поведінки адитивних нікелевих сплавів, що прямо впливає на ризики руйнування для «гарячих» деталей [14].

Результати та обговорення

За результатами CFD-розрахунків температурного стану (рис. 2) встановлено, що середня температура кільця завихрювача становить близько 550 °С, тоді як у локальних зонах температура стінок досягає 716–748 °С. Саме ці локальні пікові температури є найбільш ресурсно-критичними, оскільки в практиці довговічності камер згоряння визначальними стають не «середні» значення, а «гарячі плями» і градієнти температур, що формують небезпечні зони напружень і прискореної деградації [6–8].

Отримані дані узгоджуються з загальною логікою сучасних ресурсних підходів, де поєднують CFD-оцінку теплового навантаження з подальшим міцнісних та ресурсним аналізом (у т.ч. з урахуванням термоциклів польотного циклу), а також з практичним висновком, що оцінювання ресурсу без детального аналізу максимумів температури може бути некоректним [6], [7].

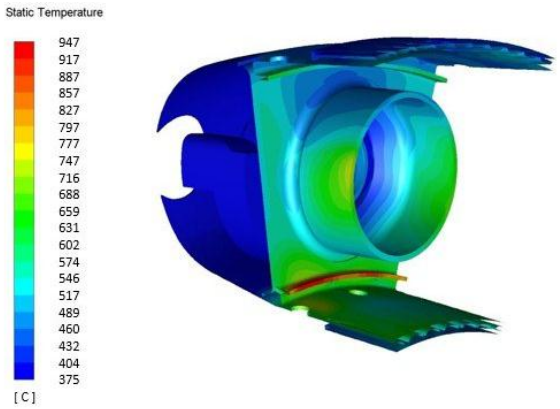


Рисунок 2 – Температурний стан елементів камери згоряння

Експериментальні дослідження показали, що адитивно виготовлені завихрювачі характеризуються меншою варіацією наведеної витрати повітря порівняно з традиційними конструкціями (рис. 3).

У суміжних роботах, присвячених адитивному виготовленню завихрювачів із порошків IN718, також відзначено кращу відтворюваність геометрії, стабільніший повітряний витратний режим по контурах і загалом зменшення технологічних відхилень порівняно з литтям [15]. Це створює передумови для більш рівномірного температурного поля в КЗ, оскільки температура на виході істотно чутлива до параметрів завихрення та геометрії завихрювача [5].

Порівняння температурних рівнів із даними щодо механічних властивостей матеріалу є принципово важливим, оскільки для IN 718 експлуатаційні властивості (міцність, повзучість та довговічність) суттєво залежать від термообробки, фазового складу (γ′/γ″/δ-фази) та умов роботи. Довідкові матеріали та оглядові роботи узгоджено вказують на придатність IN718 до температур порядку 650–700 °C при відповідному стані матеріалу, а для адитивних деталей додатково підкреслюють критичність пост-процесів (термообробка, гаряче ізостатичне пресування) для оптимізації структури та мінімізації дефектності [12–14], [16].

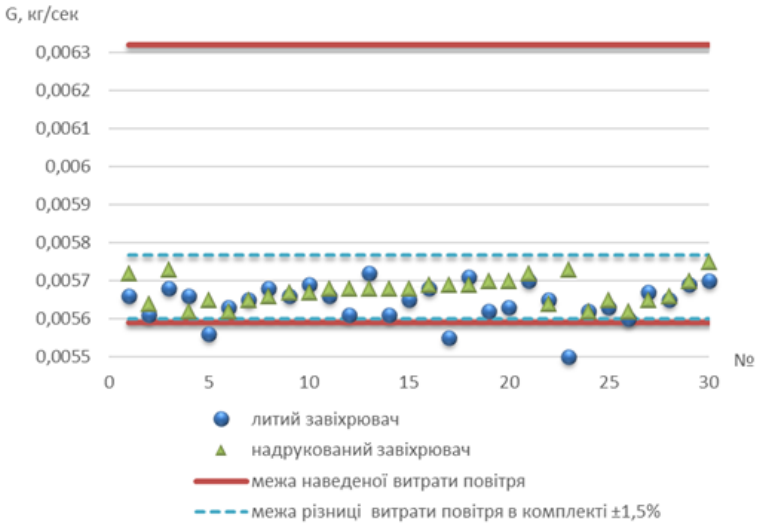


Рисунок 3 – Результати загальної наведеної витрати повітря

У цьому контексті коридор 500–700 °C, використаний для аналізу властивостей, є методично обґрунтованим: він перекриває робочі температури, де для IN718 актуалізуються механізми високотемпературної деформації (зокрема повзучість), а для адитивного IN718 значущими є питання мікроструктурної стабільності та чутливості до дефектів, що розглядаються в сучасних оглядах саме як ключові ризики для «гарячих» компонентів [13], [16].

Висновки

1. Встановлено, що локальні максимальні температури в зоні завихрювача камери згоряння досягають 716–748 °C та визначають ресурсні обмеження елемента (як найбільш термонапружені локальні «гарячі плями»).

2. Показано, що аналіз ресурсу має базуватися на пікових локальних температурах, а не на середньому температурному рівні, що відповідає сучасним підходам «CFD + термопружний та ресурсний аналіз» для камер згоряння.

3. Механічні властивості сплаву IN718 у діапазоні температур 500-700 °C (за умови належної термообробки й структури) забезпечують необхідний запас міцності для роботи завихрювачів в умовах реальних експлуатаційних навантажень.

4. Адитивна технологія L-PBF забезпечує стабільність геометрії та витратних характеристик завихрювача, що сприяє зниженню локальних термічних піків і підвищенню надійності та ресурсу камери згоряння.

5. Інтеграція CFD-аналізу, матеріалознавчих досліджень і експериментальних випробувань є ефективним інструментом прогнозування ресурсу деталей камер згоряння, виготовлених адитивними методами.

Посилання

1. Tacina R.R. Combustor Technology for Future Aircraft : NASA Technical Memorandum 103268; AIAA‑90‑2400. Cleveland, 1990. 18 p. URL: https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19910005036/downloads/19910005036.pdf (дата звернення: 12.03.2026).
2. Yin F., Rao A.G. Performance analysis of an aero engine with inter‑stage turbine burner. The Aeronautical Journal. 2017. Vol. 121, № 1245. P. 1605–1626. DOI: 10.1017/aer.2017.93.
3. Chen Z.X., Langella I., Swaminathan N. The Role of CFD in Modern Jet Engine Combustor Design. In: Agarwal R.K. (ed.). Environmental Impact of Aviation and Sustainable Solutions. IntechOpen, 2019. URL: https://www.intechopen.com/chapters/68313 (дата звернення: 12.03.2026).
4. Zavaleta‑Luna D.A., Vigueras‑Zúñiga M.O., Herrera‑May A.L., Zamora‑Castro S.A., Tejeda‑del‑Cueto M.E. Optimized Design of a Swirler for a Combustion Chamber of Non‑Premixed Flame Using Genetic Algorithms. Energies. 2020. Vol. 13, № 9. 2240. DOI: 10.3390/en13092240.

5. Wang K., Li F., Zhou T., Wang D. Numerical simulations on the effect of swirler installation angle on outlet temperature distribution in gas turbine combustors. Applied Thermal Engineering. 2023. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2023.122252.
6. Tinga T., van Kampen J.F., de Jager B., Kok J.B.W. Gas Turbine Combustor Liner Life Assessment Using a Combined Fluid/Structural Approach. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. 2007. Vol. 129. P. 69–79. DOI: 10.1115/1.2360603.
7. Liu D., Zeng X., Yang H. et al. Research on the thermal fatigue life of a reverse‑flow combustor liner. Applied Thermal Engineering. 2025. Article 127721. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2025.127721.
8. Guo W., Wang J., Shi C., Chen J., Zeng W., He G., Ding K. Effect of Hot Spot within Combustion Liner on YSZ Crack Propagation Mode. Coatings. 2023. Vol. 13, № 6. 1056. DOI: 10.3390/coatings13061056.
9. ISO/ASTM 52900:2021. Additive manufacturing – General principles – Fundamentals and vocabulary. 2nd ed. 2021. 12 p. URL: https://cdn.standards.iteh.ai/samples/74514/57d795b6267a427899d7b351598bece2/ISO-ASTM-52900-2021.pdf (дата звернення: 12.03.2026).
10. Blakey‑Milner B., Gradl P., Snedden G. et al. Metal additive manufacturing in aerospace: a review. Materials & Design. 2021. Vol. 209. 110008. DOI: 10.1016/j.matdes.2021.110008.
11. Kover A. Transformation In 3D: How A Walnut‑Sized Part Changed The Way GE Aviation Builds Jet Engines. GE News. 19.11.2018. URL: https://www.ge.com/news/reports/transformation-3d-walnut-sized-part-changed-way-ge-aviation-builds-jet-engines (дата звернення: 12.03.2026).
12. INCONEL® alloy 718. Technical Bulletin. Publication No. SMC‑045. Special Metals Corporation, 2007. 28 p. URL: https://www.specialmetals.com/documents/technical-bulletins/inconel/inconel-alloy-718.pdf (дата звернення: 12.03.2026).
13. Muraca R.F., Whittick J.S. Materials Data Handbook: Inconel Alloy 718 (2nd ed.). Prepared for NASA Marshall Space Flight Center. Contract No.
14. Fody J.M., Lang C.G. Hot Isostatic Pressing for Reduction of Defects in Additively Manufactured Inconel‑718: Preliminary Simulation Approach and Results. NASA/TM–20210015451. May 2021. 61 p.
15. Kuts D., Yefanov V., Halienkova O. et al. Additive technologies for manufacturing swirlers of the combustion chamber of aircraft engines from nickel superalloy powders. Archives of Materials Science and Engineering. 2025. Vol. 131, № 1. P. 5–13. DOI: 10.5604/01.3001.0055.0368.
16. Bryndza G., Tchuindjang J.T., Chen F., Habraken A.M., Sepúlveda H., Tuninetti V., Mertens A., Duchêne L. Review of the Microstructural Impact on Creep Mechanisms and Performance for Laser Powder Bed Fusion Inconel 718. Materials. 2025. Vol. 18, № 2. 276. DOI: 10.3390/ma18020276.

ПРО АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ НЕЙТРОННОГО ЗАХИСТУ

Аспірант - м.н.с. В.О. Куценко
Керівник – чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф. О.О. Попов
Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Сучасний розвиток ядерної енергетики, систем неруйнівного контролю, детекторів високоенергетичних частинок та інших радіаційних технологій зумовлює зростання використання джерел нейтронного випромінювання. Це підвищує вимоги до матеріалів радіаційного захисту, зокрема до систем, здатних ефективно поглинати нейтрони різних енергетичних спектрів [1, 2].

Нейтронне випромінювання має специфічні механізми взаємодії з речовиною, що потребує застосування спеціалізованих поглиначів із високим перерізом захоплення нейтронів. Одним із найефективніших елементів є гадоліній, який характеризується надзвичайно високою здатністю до поглинання теплових нейтронів [3–5]. Це обґрунтовує доцільність створення Gd-вмісних композитних матеріалів.

Разом із тим, сучасні тенденції розвитку матеріалознавства передбачають реалізацію принципів екологічної безпечності та концепції «safe by design». Більшість традиційних радіаційно-захисних матеріалів характеризуються значною масою, токсичністю або складністю утилізації. Тому актуальним є пошук нових підходів до створення ефективних і водночас екологічно орієнтованих нейтронопоглинаючих систем [6–7].

Перспективним напрямом є використання природних полімерів (хітозану, лігніну, наноцелюлози) як матричної основи для Gd-вмісних нанокомпозитів. Такі полімери є відновлюваними, біосумісними та потенційно нетоксичними, що дозволяє поєднати функціональні властивості гадолінію з екологічними перевагами біополімерних систем.

Отже, розроблення екологічно безпечних Gd-вмісних матеріалів на основі природних полімерів є науково обґрунтованим і практично необхідним напрямом, спрямованим на створення нової генерації нейтронозахисних матеріалів.

***Висновки*:**

1. Зростання використання джерел нейтронного випромінювання визначає потребу у вдосконаленні матеріалів радіаційного захисту.
2. Гадоліній є ефективним нейтронопоглиначем, що обґрунтовує створення Gd-вмісних композитів.
3. Реалізація принципів екологічної безпечності потребує переходу до матеріалів на основі відновлюваних природних полімерів.

4. Поєднання нейтронопоглинаючих властивостей гадолінію з біосумісністю природних полімерів формує перспективний напрям досліджень.

Посилання

1. Martin J.E. *Physics for Radiation Protection: A Handbook*. – 3rd ed. – Wiley, 2008.

2. Kovach V., Iatsyshyn Anna, Pylypchuk Ie., Gurkovskyi V., Romanenko Y. Analysis of Existing Types and Protection Methods Against Neutron Radiation from Different Sources. In: Zaporozhets A., Popov O. (eds) Systems, Decision and Control in Energy IV. Volume II. Nuclear and Environmental Safety. *Studies in Systems, Decision and Control*. 2023. Vol. 456. P. 77-89. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22500-0_5

3. Kovach V.O., Kutsenko V.O., Pylypchuk Ie.V., Krasnov Y.B., Bliznyuk V.N., Budnyak T.M. Development of a conceptual scheme for the creation of environmentally friendly Gd-containing neutron-absorbing nanocomposites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2023. Vol. 1254. 012100. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012100

4. Pylypchuk Ie., Kovach V., Iatsyshyn Anna, Kutsenko V., Taraduda D. Development Boron and Gadolinium-Containing Composite Materials Based on Natural Polymers for Protection Against Neutron Radiation. In: Zaporozhets, A. (eds) Systems, Decision and Control in Energy V. *Studies in Systems, Decision and Control*. 2023. Vol. 481. P. 527–540. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_28

5. Пилипчук Є.В., Ковач В.О., Яцишин А.В., Куценко В.О. Ефективні матеріали для захисту від нейтронного випромінювання різних джерел. *XL науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України* : зб. тез, 11 травня 2022 р., Київ : ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2022. С. 95-98.

6. Pylypchuk Ie.V., Popov O.O., Kovach V.O., Iatsyshyn Anna V., Kutsenko V.O. Biocompatible Gd-containing micro/nanomaterials from renewable recourses: a new class of environmentally-friendly neutron-shielding materials. *Book of Abstracts of the 3rd International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters*, Ukraine, 24-27 May 2022. Ed. by Anna Iatsyshyn. Kyiv, 2022. p. 84.

7. Пилипчук Є.В., Ковач В.О., Куценко В.О., Краснов Є.Б. Про підхід до створення Gd-вмісних нанокомпозитів на основі концепції «safe by design» для захисту від нейтронного випромінювання різних джерел. *XLI науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України* : зб. тез, 17 травня 2023 р., Київ : ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2023. С. 55-58.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУРІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МОНІТОРИНГУ ВИБІЙНИХ ВІБРАЦІЙ

Аспірант[1] С.М. Ландар
Керівник – доцент, кандидат технічних наук М.Я. Бучинський
[1]Кафедра нафтогазової інженерії та технологій
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна
sergiy.landar@gmail.com

ВСТУП

Впродовж останніх трьох років в Україні зростають обсяги видобутку вуглеводнів у державному та приватному секторах [1, 2]. Це пов’язано з інтенсифікацією бурових робіт, введенням в експлуатацію нових свердловин і відновленням фонду існуючих свердловин шляхом буріння бічних стовбурів.

Найбільший резерв скорочення тривалості загального циклу спорудження свердловин зосереджено на етапі буріння. Ключові цілі є зрозумілими, потрібно зменшувати кількість рейсів і спуско-підіймальних операцій (СПО), збільшувати тривалість безперервного буріння за один рейс і підвищувати проходку на долото.

Вібрації є невід’ємною частиною процесу буріння [13]. Перевищення прийнятних порогових рівнів вібрації призводить до прискореного зносу долота, вибійного та бурильного інструменту, а також до шкідливого розсіювання енергії і втрати механічної швидкості буріння [14, 15]. Покращення керованості процесу буріння потребує достовірних вимірювань, що дають відтворювану картину динамічних процесів на вибої свердловини. Зважаючи на це доцільно застосовувати сенсори з записом у пам’ять, при цьому отримані масиви даних легко зіставити з подіями та показниками продуктивності. Це дозволяє обґрунтовано коригувати режими, підвищувати ефективність проходки і зменшувати ризики ускладнень.

Мета цього дослідження полягає у польовому використанні вибійного контролера вібрацій; синхронній реєстрації та кореляції даних про вибійні вібрації з режимами буріння та гамма-каротажем на узгоджених інтервалах одного родовища;

2. Методи і матеріали

У дослідженні для реєстрації коливань нижньої частини бурильної колони застосовано автономний контролер Smart-4 компанії Innova Power Solutions (Канада). Як джерело живлення застосовано літій-тіонілхлоридні елементи у високотемпературному виконанні, працездатні до 175 °C.

Важливою проблемою, яка потребує раціонального вирішення, є спосіб розміщення плати контролера для реєстрації вібрацій та батареї живлення в бурильній колоні. Обмежений діаметральний простір і екстремальні умови експлуатації суттєво ускладнюють цю задачу. В цьому дослідженні встановлення плати віброконтролера з батареєю живлення у нижній частині бурильної колони виконували за допомогою спеціального модуля (рис. 2, a, b).

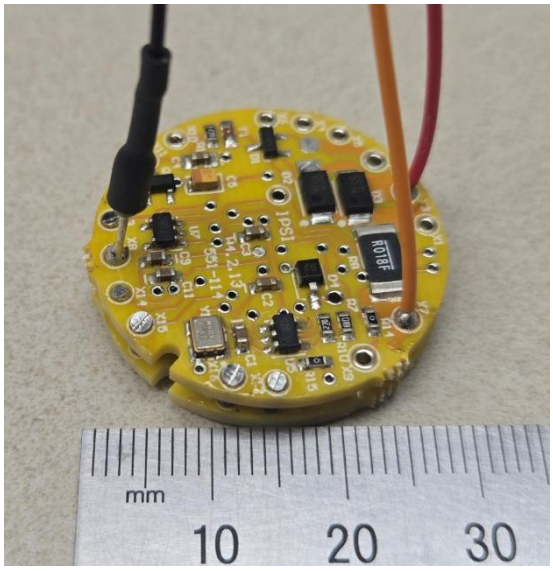
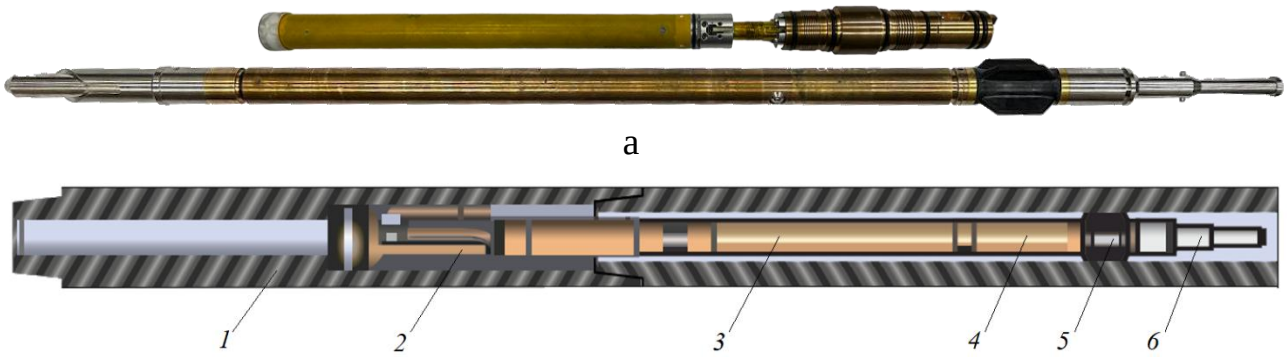


Рисунок 1. Плата контролера для реєстрації вібронавантажень



a

b

Рисунок 2. Модуль для розміщення плати віброконтролера та батареї живлення в КНБК:

a – віброконтролер з батареєю живлення перед встановленням в модуль та взірець модуля в зборі; b – схема монтажу модуля в бурильній колоні; 1 – посадочний перехідник; 2 – направляюча втулка; 3 – головний корпус з віброконтролером; 4 – корпус контактної групи; 5 – центратор; 6 – ловильна шийка

Після складання модуль встановлюють до компоновки низу бурильної колони через посадочний перехідник (рис. 2, б). У перехідник монтується направляюча втулка, в яку входить нижній кінець модуля.

Польові випробування проводилися на родовищі Дніпровсько-Донецької западини під час буріння двох сусідніх свердловин. В обох випадках вибійний віброконтролер було встановлено в нижній частині КНБК, безпосередньо над долотом. На першій свердловині за отриманими записами ідентифіковано інтервали підвищених вібрацій бурильного інструмента. Для тих самих геологічних інтервалів на другій свердловині цілеспрямовано застосовано інший тип долота й виконано ідентичний протокол реєстрації.

Обидва масиви даних вирівняно за глибиною інтервалів і синхронізовано з каротажем та режимними параметрами. Часову прив'язку здійснено не за календарем, а відносно проходження відповідних інтервалів (події «вхід та вихід з інтервалу», зміни режиму), що забезпечує коректність порівняння. Ці порівняння доповнено фотодокументуванням та аналізом технічного стану доліт до та після рейсу. Отримані результати подано та проаналізовано у наступному розділі.

3.1. Загальна картина польових досліджень

У межах одного родовища цілеспрямовано зіставили вибійну вібрацію та режими буріння, реєструючи як динаміку на вибої, так і поверхневі параметри (навантаження на долото, оберти, крутний момент тощо) на двох близько розташованих свердловинах. Надалі використовуємо позначення: Свердловина №1 – референс, тобто базовий рейс із PDC-долотом TD505KSX, та Свердловина №2 – із зміненим дизайном долота, де застосовано альтернативне PDC-долото T505KS, розраховане на вищу торсійну стабільність і краще очищення вибою.

Ключова експериментальна відмінність між двома польовими спостереженнями – Свердловиною №1 та Свердловиною №2 стосується типу й конструкції долота, і ця відмінність не є випадковою. Після базового рейсу на Свердловині №1 проаналізовано інтегральні характеристики вибійної динаміки – частку часу, коли LRMS, ARMS або Slip перевищували узгоджені пороги, а також кількість повторюваних подій (серій stick–slip). З огляду на ці висновки, для Свердловини №2 на аналогічних інтервалах було цілеспрямовано змінено дизайн долота: замість PDC-долота TD505KSX (Ø311 мм), використаного в референсному кейсі, застосували T505KS (Ø311 мм), сконфігуроване на підвищену торсійну стабільність і ефективніше очищення носової зони. Безперервний запис вибійного реєстратора дав змогу оцінювати не лише пікові амплітуди LRMS/ARMS/Slip, а й інтенсивність (частку часу понад порогами) та повторюваність (кількість циклів). Саме ці інтегральні метрики відображають, яку частину підведеної потужності система витрачає на підтримання коливань, а яку безпосередньо на різання породи. Вони й стали підставою для обґрунтованої зміни долота та подальшої перевірки гіпотези про пригнічення stick–slip у польових умовах.

Зі зведених показників видно, що Свердловина №2 забезпечує вищий середній ROP і не демонструє критичних ушкоджень озброєння за результатами рейсу. Натомість у Свердловині №1 фіксувалися ознаки деградації ріжучих елементів (сколи в носовій частині та кільцевий знос) у зонах активних віброподій.

3.2. Порівняння вібрацій бурильного інструменту на характерних інтервалах буріння.

Щоб продемонструвати, що відмінності у поведінці системи зумовлені насамперед конструкцією долота, а не геологічною мінливістю, розглянемо

дві репрезентативні пари інтервалів з однаковою глибинною прив'язкою на обох свердловинах. Зауважимо, що вибійну динаміку та поверхневі параметри зареєстровано по всій довжині обох свердловин.

Перша пара інтервалів буріння (2280–2380 м) – це референсна ділянка стабільної роботи бурильного інструменту (рис. 3 та 4). У межах цього інтервалу на обох свердловинах спостерігається стабільна динаміка: поодинокі й короткі епізоди stick–slip (канал Slip), низькі рівні поперечних (LRMS) та осьових (ARMS) коливань, відсутність вираженої «зубчастості» крутного моменту, стабільна механічна швидкість проходки. Цю ділянку доцільно використовувати як референс для подальшого калібрування.

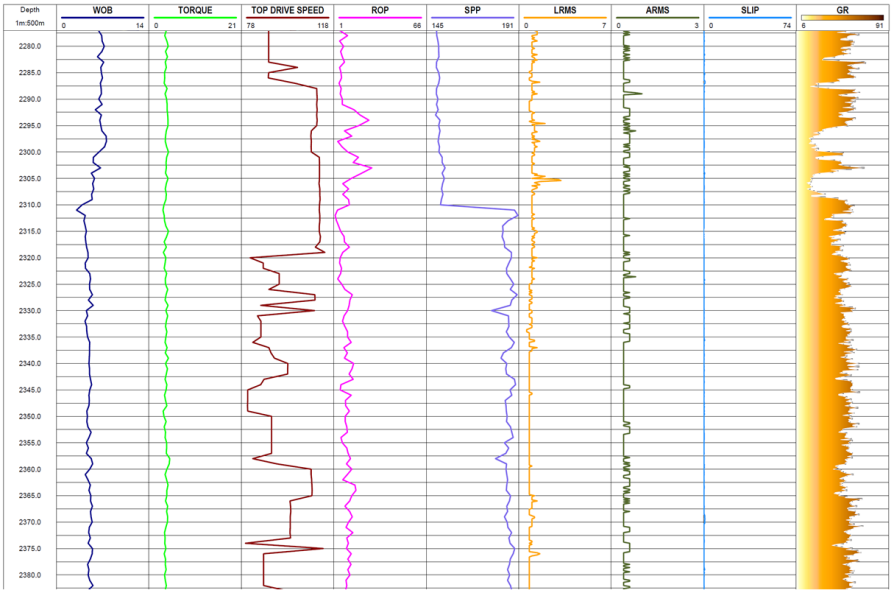


Рисунок 3. Свердловина №1 (інтервал 2280-2380)

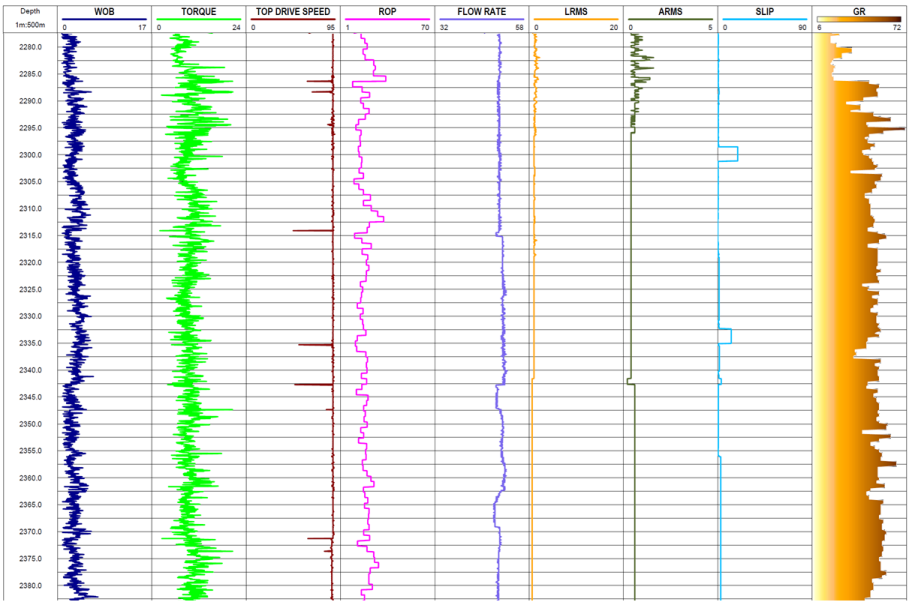


Рисунок 4. Свердловина №2 (інтервал 2280-2380)

Подальше заглиблення супроводжується зростанням жорсткості гірських порід і ризиком розвитку stick–slip, що підтверджується трендом гамма-каротажу. На записах це проявляється серіями подій у каналі Slip, зростанням LRMS та ARMS і характерною «пилкоподібною» формою графіків крутного моменту. Оператор у відповідь змушений обмежувати WOB, що веде до локальних просідань ROP.

Друга пара інтервалів буріння 2425–2525 м – це перехід до товщі порід підвищеної міцності. У цьому інтервалі на свердловині №1 фіксуються серії stick–slip із синхронними підвищеннями LRMS/ARMS та «пилкою» крутного моменту, при цьому локальні зниження ROP узгоджуються з фазами накопичення й розрядження крутильних деформацій у бурильній колоні (рис. 5). Отже, відчутна частка підведеної потужності витрачається на підтримання коливань, а не на корисне різання.

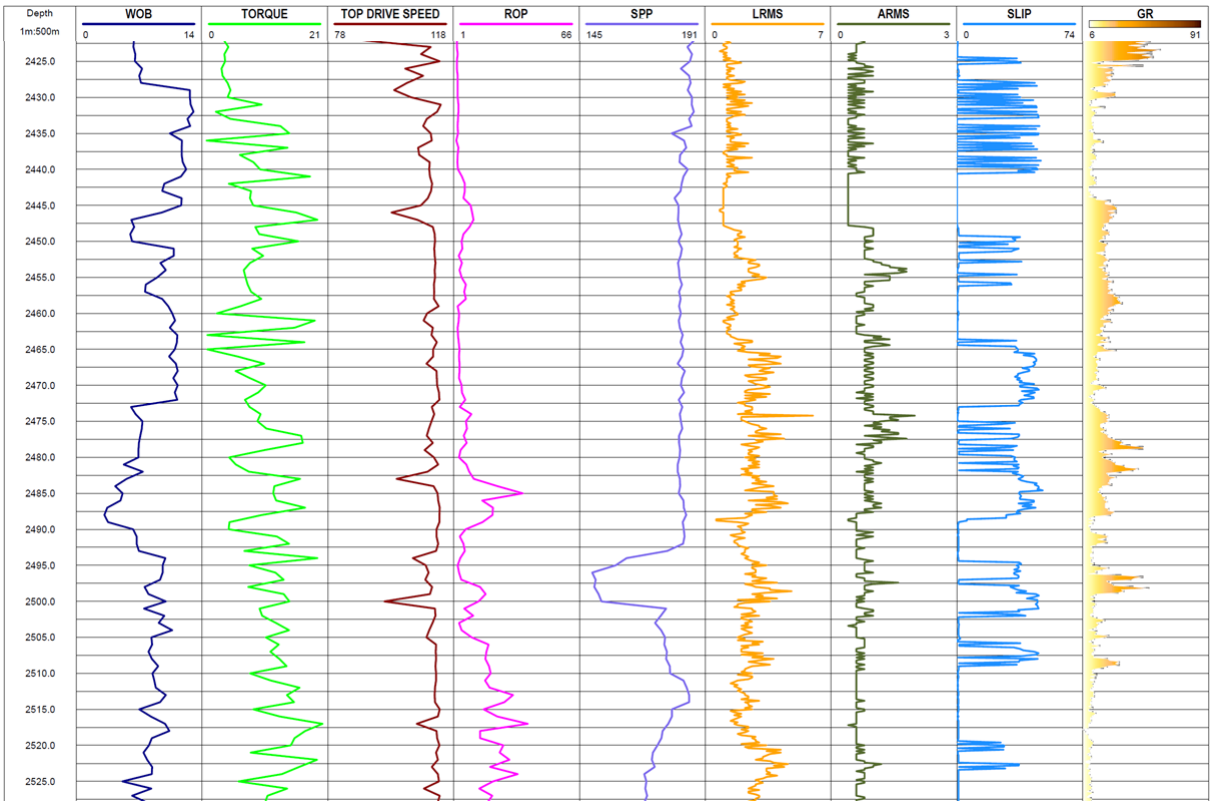


Рисунок 5. Свердловина №1 (інтервал 2425-2525)

Під час буріння свердловини №2, на тій самій глибині крутильні події зазвичай поодинокі та короткі, LRMS/ARMS утримуються в робочому діапазоні, а ROP не демонструє системних просідань (рис. 6). Це свідчить про вищу торсійну стабільність альтернативного дизайну долота: зародкові збурення не «розкручуються» у каскад, частка часу понад пороги для LRMS/ARMS/Slip є меншою, так само як і повторюваність подій. Відповідно, більша частка енергії йде на різання, що узгоджується і з вищим середнім ROP, і з відсутністю критичних ушкоджень озброєння за підсумками рейсу.

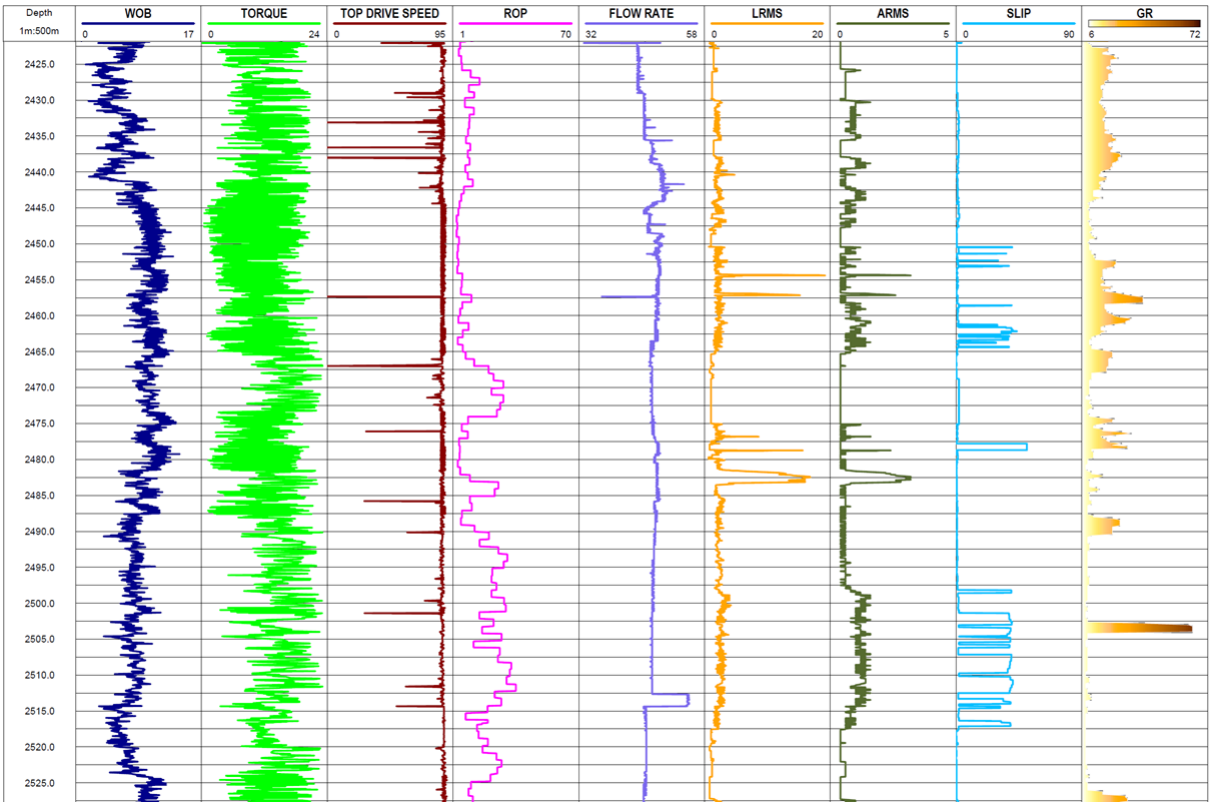


Рисунок 6. Свердловина №2 (інтервал 2425-2525)

Отже, у однорідних породах невисокої міцності обидва долота працюють подібно, тоді як у перехідному інтервалі підвищеної міцності альтернативний дизайн долота системно зменшує тривалість динамічних показників та знижує повторюваність подій, це безпосередньо підвищує ефективність буріння (ROP) і сприяє збереженню ріжучого озброєння.

3.3. Фотофіксація стану доліт

Фотофіксація стану доліт доповнює реєстрації вибійної динаміки і дозволяє предметно пов’язати перебіг коливальних процесів із фактичним характером зношування. На Свердловині №1 (рис. 7) фіксується неушкоджена ріжуча структура бурового долота – це корисна «нульова» точка відліку. Після рейсу загальний план демонструє початок кільцевого зносу по корпусу та лопатях без втрати діаметру, локально помітні ділянки інтенсивнішого шліфування поверхні. Крупні плани носової зони фіксують сколи PDC-різців і місцями деламінацію алмазної пластини від карбідної основи; на периферії – сколи кромок і дрібну тріщинуватість, типовий «сліп» абразивної роботи. Сукупність дефектів свідчить про істотні втрати енергії на коливання та підвищений ризик прогресуючого пошкодження при продовженні роботи.

Для Свердловини №2 доцільно враховувати відмінності конструкції долота T505KS, що орієнтоване на вищу торсійну стабільність і покращене очищення (рис. 8). Замість другого ряду ріжучих елементів застосовано сферичні карбід-вольфрамові вставки, які знижують «зачіпання» за породу в

перехідних товщах, вужчі лопаті збільшують міжлопатевий простір. Після рейсу фотографії фіксують відсутність критичних ушкоджень ріжучої структури, рівномірний помірний «робочий» знос без ознак ударного руйнування, чисті промивальні канали, збережений калібр і цілісні носові різці без сколів і деламінації. Така картина узгоджується з короткими та нечастими епізодами крутильної нестабільності, енергія витрачається на різання, а не на підтримання автоколивань, що проявляється стабільнішою механічною швидкістю проходки.



а б

Рисунок 7. Фотофіксація стану доліт (а) до рейсу та (б) після рейсу на Свердловині 1



а б

Рисунок 8. Фотофіксація стану доліт (а) до рейсу та (б) після рейсу на Свердловині 2

Отже, порівняння стану бурових доліт «до та після рейсу» на двох свердловинах показує послідовний причинно-наслідковий зв'язок: там, де торсійна нестабільність набуває серійного характеру, носова зона PDC-долота отримує ударні навантаження і швидко деградує; натомість конструктив, спрямований на пригнічення stick–slip, переводить роботу в енергетично ефективний режим і залишає долоті лише ознаки нормованого абразивного зношування без критичних дефектів. Цей візуальний «відбиток» добре корелює з різницею в продуктивності та керованості режимів, підкріплюючи рішення про зміну типу долота на проблемних інтервалах.

4. Висновки

У межах пілотного проєкту покращення віброзахисту під час буріння на родовищах Дніпровсько-Донецької западини, ініційовано застосування контролера для реєстрації вібрацій бурильного інструменту. Крім того, розроблено та випробувано удосконалений модуль для встановлення віброконтролера в компоновці низу бурильної колони, який забезпечує надійне коаксіальне розміщення, сумісність зі стандартною КНБК та стабільний запис вибійних коливань у реальних умовах експлуатації.

У рамках польових досліджень реалізовано послідовний цикл «вимірювання – інтерпретація – зміна конструкції інструмента – повторні вимірювання». Порівняно рейси на сусідніх свердловинах, де однакові глибинні інтервали бурили різними PDC-долотами. Це порівняння показало, що для зношування озброєння й втрати ефективності визначальною є не стільки амплітуда LRMS/ARMS/Slip, скільки «експозиція» коливань – тривалість перебування показників понад пороговими рівнями та серійність stick–slip подій. У референсній Свердловині №1 саме кумулятивний ефект такої експозиції пояснює локальні просідання ROP і зафіксований dull-стан, тоді як альтернативний дизайн долота у Свердловині №2 перерозподіляє енергію з автоколивань у різання, пригнічує торсійну «пилку» і забезпечує вищий та стабільніший ROP за збереження ріжучих елементів. Порівняння вибійних записів із фотофіксацією стану доліт «до та після рейсу» демонструє узгоджену картину. Інтервали, в яких показники LRMS/ARMS/Slip системно перевищують порогові рівні й мають серійний характер, чітко корелюють із сколами та деламінацією алмазних пластин у носовій зоні, кільцевим зносом і локальними стертостями по лопатях.

Отримані результати демонструють, що згладження торсійної динаміки розширює робочий діапазон параметрів WOB–RPM: оператор може підтримувати форсовані режими без зниження швидкості проходки та без надмірного зростання вібраційних ризиків. Запропонована інтерпретація за інтегральними показниками (час понад порогами та серійність подій) переводить вибір долота, конфігурацію КНБК та налаштування режимів із площини інтуїтивних підходів у площину кількісно обґрунтованих рішень. Бюджетний автономний контролер у поєднанні з такою методикою створює практичну основу для масштабування системи моніторингу й подальшої оптимізації віброзахисту бурильних колон у складних інженерно-геологічних умовах.

References

1. Iwaszczuk, N., Zapukhliak, I., Iwaszczuk, A., Dzoba, O., & Romashko, O. (2022). Underground gas storage facilities in Ukraine: Current state and future prospects. *Energies*, *15*(18), 6604. https://doi.org/10.3390/en15186604.
2. Demchuk, Y., Shogenov, K., Shogenova, A., Merson, B., & Vincent, C. J. (2025). Geological and petrophysical properties of underground gas storage facilities in Ukraine and their potential for hydrogen and CO_2 storage. *Sustainability*, *17*(6), 2400. https://doi.org/10.3390/su17062400.
3. El Sabeh, K., Gaurina-Međimurec, N., Mijić, P., Medved, I., & Pašić, B. (2023). Extended-reach drilling (ERD)—The main problems and current achievements. *Applied Sciences*, *13*(7), 4112. https://doi.org/10.3390/app13074112.
4. Wen, H., Li, X., Qian, S., Li, X., & Zhang, Y. (2025). Research on a method for optimizing the horizontal section length of ultra-short-radius horizontal wells. *Processes*, *13*(8), 2597. https://doi.org/10.3390/pr13082597.
5. Kong, L., Wang, Z., Wang, H., Cui, M., Liang, C., Kong, X., & Wang, P. (2023). Selection and optimization design of PDC bits based on FEM analysis for drilling long horizontal sections of shale formations. *Processes*, *11*(9), 2807. https://doi.org/10.3390/pr11092807.
6. Li, N., Zhang, C., Xia, T., Hao, M., Chen, L., Zhu, Z., Wang, C., Ye, S., & Liu, X. (2025). Intelligent method for PDC bit selection based on graph neural network. *Applied Sciences*, *15*(18), 9985. https://doi.org/10.3390/app15189985.
7. Zhang, C., Wang, Y., Xuan, L., Ren, H., Yang, Y., & Sun, M. (2023). Numerical simulation and experimental study on the interaction between a convex ring PDC bit and rock. *Geoenergy Science and Engineering*, 230, 212247. https://doi.org/10.1016/j.geoen.2023.212247.
8. Riane, R., Doghmane, M. Z., Kidouche, M., & Djezzar, S. (2022). Observer-based H∞ controller design for high-frequency stick–slip vibrations mitigation in drill-string of rotary drilling systems. *Vibration*, *5*(2), 264–289. https://doi.org/10.3390/vibration5020016.
9. Sharma, A., Abid, K., Srivastava, S., Velasquez, A., & Teodoriu, C. (2023). A review of torsional vibration mitigation techniques using active control and machine learning strategies. *Petroleum*. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.petlm.2023.09.007.
10. Bembenek, M., Grydzhuk, Y., Gajdzik, B., Ropyak, L., Pashechko, M., Slabyi, O., Al-Tanakchi, A., & Pryhorovska, T. (2024). An analytical–numerical model for determining "drill string–wellbore" frictional interaction forces. *Energies*, *17*, 301. https://doi.org/10.3390/en17020301.
11. Liu, W., Yang, F., Zhu, X., & Chen, X. (2022). Stick–slip vibration behaviors of BHA and its control method in highly deviated wells. *Alexandria Engineering Journal*, *61*(12), 9757–9767. https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.01.039.
12. Saadat, S., Prakasan, H., Poothia, T., & Pandey, G. (2023). A comprehensive study on vibration control and evaluation of drill string during drilling

operation. *AIP Conference Proceedings, 2855*(1), 040009. https://doi.org/10.1063/5.0168428.
13. Mao, L., He, J., Zhu, J., Jia, H., & Gan, L. (2024). Dynamic characteristic response of PDC bit vibration coupled with drill string dynamics. *Geoenergy Science and Engineering, 233*, 212524. https://doi.org/10.1016/j.geoen.2023.212524.
14. Deng, P., Tan, X., Bai, Y., & Li, H. (2023). Influence of blades' shape and cutters' arrangement of PDC drill bit on nonlinear vibration of deep drilling system. *Journal of Sound and Vibration, 572*, 118165. https://doi.org/10.1016/j.jsv.2023.118165.
15. Landar, S., Velychkovych, A., & Mykhailiuk, V. (2024). Numerical and analytical models of the mechanism of torque and axial load transmission in a shock absorber for drilling oil, gas and geothermal wells. *Engineering Solid Mechanics, 12*(3), 207–220. https://doi.org/10.5267/j.esm.2024.3.002.
16. Velychkovych, A. S. (2024). Development of a new friction damper based on an open shell for modern drilling shock absorbers. *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 2*(57), 25–33. https://doi.org/10.31471/1993-9965-2024-2(57)-25-33.

ПІДВИЩЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ МІЦНОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ ПРОВІДНИКІВ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ МЕТОДОМ ЛОКАЛЬНОГО ДЕФОРМАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ

Учень 11-А класу Н.Р. Левченко
Кременчуцький ліцей № 4 «Кремінь», м. Кременчук, Україна
Науковий керівник – Президент НТУ МАНУ,
заслужена працівниця освіти України О.Б. Сьомик
НТУ МАН України, м. Кременчук
Науковий консультант - Доктор технічних наук, професор Р. Г. Пузир
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна

Алюмінієві провідники є основним матеріалом повітряних ліній електропередач (ЛЕП) завдяки поєднанню низької густини, достатньої електропровідності та корозійної стійкості. Однак межа міцності чистого алюмінію марки А1 становить лише 100 МПа – утричі менша за мідь і більш ніж у п'ять разів менша за сталь, що обмежує довжину прольотів і надійність кріплень до опор. Знакозмінні вітрові навантаження спричиняють втомне руйнування в місцях кріплення до опор, а повзучість матеріалу під постійним зусиллям затискача підвищує перехідний опір і призводить до локальних перегрівань [1, 2]. В умовах масштабних пошкоджень енергетичної

інфраструктури України постала нагальна потреба у технологіях зміцнення провідників без залучення додаткових матеріалів і складного обладнання.

Проведено порівняльний аналіз п’яти відомих методів підвищення міцності. Результати систематизовано у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння методів підвищення міцності алюмінієвих провідників

Метод	Приріст міцності	Збереження маси	Адаптивність	Польове застосування
ACSR	+200–400 %	Низька	Відсутня	Так
AAAC (легування)	+50–100 %	Повна	Відсутня	Ні
Термообробка Т6	+50–100 %	Повна	Відсутня	Ні
ECAP (ІПД)	+150–200 %	Повна	Відсутня	Ні
Холодне волочіння	+30–40 %	Повна	Відсутня	Ні
Запропонований метод	+16–20 %	Повна	Повна	Так

Як видно з таблиці 1, жоден з відомих методів не задовольняє одночасно всі чотири ключові критерії. Запропонований метод локального обтиснення займає унікальну нішу: він не потребує додаткових матеріалів, може інтегруватися в стандартне прокатне обладнання і дозволяє програмовано змінювати крок та глибину зон деформації залежно від вимог конкретної ділянки лінії.

Для кількісного прогнозування ефекту зміцнення розроблено математичну модель визначення середньої межі текучості металу в осередку деформації на основі мультиплікативної залежності з урахуванням термомеханічних чинників та аналітичних кривих зміцнення для алюмінію марки 6201 [4]. Середня межа текучості обчислюється за середньозваженим відносним обтисненням: $\varepsilon_{ср} = 0{,}4\varepsilon_0 + 0{,}6\varepsilon_1$. Виявлено, що реальний приріст руйнівного навантаження є нижчим за теоретичний прогноз унаслідок нерівномірності деформації по перерізу ($\eta_1 \approx 0{,}75–0{,}80$) та концентрації напружень на межах зміцнених і незміцнених зон ($\eta_3 \approx 0{,}80–0{,}85$). Введено поправочний коефіцієнт $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0{,}55–0{,}65$, який переводить модель із теоретичної в інженерно придатну.

Натурні випробування на розривній машині ПМ-200 ($n = 10$ зразків Al 6201, довжина робочої частини 300 мм) підтвердили приріст руйнівного навантаження на 16,1 % при $\varepsilon = 15$ % ($\bar{x}^0 = 44{,}7$ Н $\rightarrow$ $\bar{x}^1 = 51{,}9$ Н).

Вимірювання електричного опору за методом Кельвіна (мікроомметр YR1035+) наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати вимірювання електричного опору зразків дроту Al 6201

Група зразків	R до обтиснення, мкОм	R після обтиснення, мкОм	Приріст ΔR, %
Контрольна (ε = 0)	58,3 ± 0,2	58,4 ± 0,2	+0,2
Дослідна (ε = 10 %)	58,2 ± 0,2	63,3 ± 0,2	+8,8
Дослідна (ε = 15 %)	58,2 ± 0,2	67,3 ± 0,2	+15,5

Приріст опору суттєво перевищує геометричну оцінку (1,3 %), що пояснюється підвищенням густини дислокацій у зонах наклепу [5]. Абсолютні значення питомого опору ($\approx 3{,}04 \times 10^{-8}$ Ом·м) відповідають нормам ДСТУ 839 для провідників класу АС. Тепловий аналіз за законом Джоуля–Ленца підтвердив, що зменшення довжини зміцнених зон удвічі знижує локальне тепловиділення на 40 %, забезпечуючи термічну стабільність провідника.

Оптимізація параметрів методу на основі коефіцієнта ефективності $K = \Delta\sigma/|\Delta\gamma|$ встановила: оптимальний діапазон ε = 15–20 % (K = 3,0–4,5), крок між зонами L = (3–5)×d, радіус кривизни перехідної зони – 0,5–1,0 діаметра дроту. При ε > 20 % приріст міцності сповільнюється, тоді як втрати електропровідності різко зростають унаслідок переходу від дислокаційного зміцнення до фрагментації зеренної структури. Метод може бути реалізований як у технологічній лінії виробництва дроту (встановленням однієї додаткової машини з програмованим профілем калібру), так і в умовах польового монтажу ЛЕП без спеціалізованого обладнання.

Висновки:

1. Запропонований метод локального деформаційного зміцнення є єдиним серед розглянутих аналогів, який одночасно забезпечує достатній приріст міцності, зберігає питому масу провідника та придатний до польового застосування без спеціалізованого обладнання.

2. Розроблена математична модель з поправочним коефіцієнтом η = 0,55–0,65 адекватно описує реальний процес деформування та забезпечує прогнозований приріст міцності 16,1 % при ε = 15 %, підтверджений натурним експериментом.

3. Оптимальний діапазон ε = 15–20 % забезпечує приріст міцності при прийнятному збільшенні електричного опору в межах норм ДСТУ 839, що підтверджує доцільність методу для практичного застосування.

Посилання

1. Karabay S. Modification of AA-6201 alloy for manufacturing of high conductivity and extra-high strength overhead conductors for long distance energy transmission lines. Materials & Design. 2006. Vol. 27, no. 10. P. 821–832.
2. Failure analysis of wire-breaks in aluminum conductor production and investigation of early failure reasons for transmission lines / S. Karabay et al. Engineering Failure Analysis. 2018. Vol. 83. P. 47–56.
3. Comparative fatigue resistance of overhead conductors ACSR and AAAC: laboratory tests and CIGRÉ life estimation / R.B. Kalombo et al. Procedia Engineering. 2015. Vol. 133. P. 223–232.
4. Hosford W.F., Caddell R.M. Metal Forming: Mechanics and Metallurgy. 4th ed. Cambridge University Press, 2011. 344 p.
5. Moussa C., Bernacki M., Besnard R., Bozzolo N. Statistical analysis of dislocations and dislocation boundaries from EBSD data. Ultramicroscopy. 2017. Vol. 179. P. 63–72.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ХОНІНГУВАННЯ КОНІЧНИХ ОТВОРІВ

Аспірант А.С. Майстренко
Асистент С.М. Заїка
Керівник - доц., канд. техн. наук А.І. Гречка
Центральноукраїнський національний технічний університет
м. Кропивницький, Україна

Розроблений пристрій належить до галузі верстатобудування, зокрема до систем приводів подачі та головного руху хонінгувальних верстатів.

Відомий пристрій для хонінгування містить привід обертання вала хона з розташованими по колу хонінгувальними брусками та механізмом їх розсування, а також привід поздовжнього переміщення зазначеного вала [1]. Однак така конструкція не забезпечує належної якості обробки конічних отворів через відсутність можливості реалізації руху хонінгувальних брусків уздовж твірної конуса.

Метою розробки є створення конструкції, яка забезпечує переміщення хонінгувального бруска під час обробки конічного отвору вздовж його твірної.

Для досягнення поставленої мети на валу хона встановлено втулку з можливістю обертання навколо осі вала та поздовжнього переміщення. Привід обертання втулки виконано у вигляді зубчастого редуктора з ковзним

зубчастим колесом, жорстко з'єднаним із втулкою. Поздовжнє переміщення втулки забезпечується іншим зубчастим редуктором, який приводить в обертання гайку, жорстко з'єднану із зубчастим колесом та взаємодіє з гвинтом, закріпленим на втулці. Різниця швидкостей обертання зубчастих коліс і забезпечує необхідну швидкість і напрям поздовжнього переміщення втулки.

На втулці також виконано два гвинти з однаковим кроком різьби, але протилежним напрямком. Вони взаємодіють із гайками, які через штанги шарнірно з'єднані з одним кінцем хонінгувального бруска. Для кожного бруска передбачена власна пара штанг, що з'єднує його з відповідною парою гайок. Інший кінець хонінгувального бруска через окрему штангу шарнірно з'єднаний із валом обертання хона. Усі шарнірні з'єднання забезпечують лише один поворотний ступінь свободи пов'язаних елементів [2].

Схема пристрою для хонінгування конічних отворів наведена на рисунку 1.

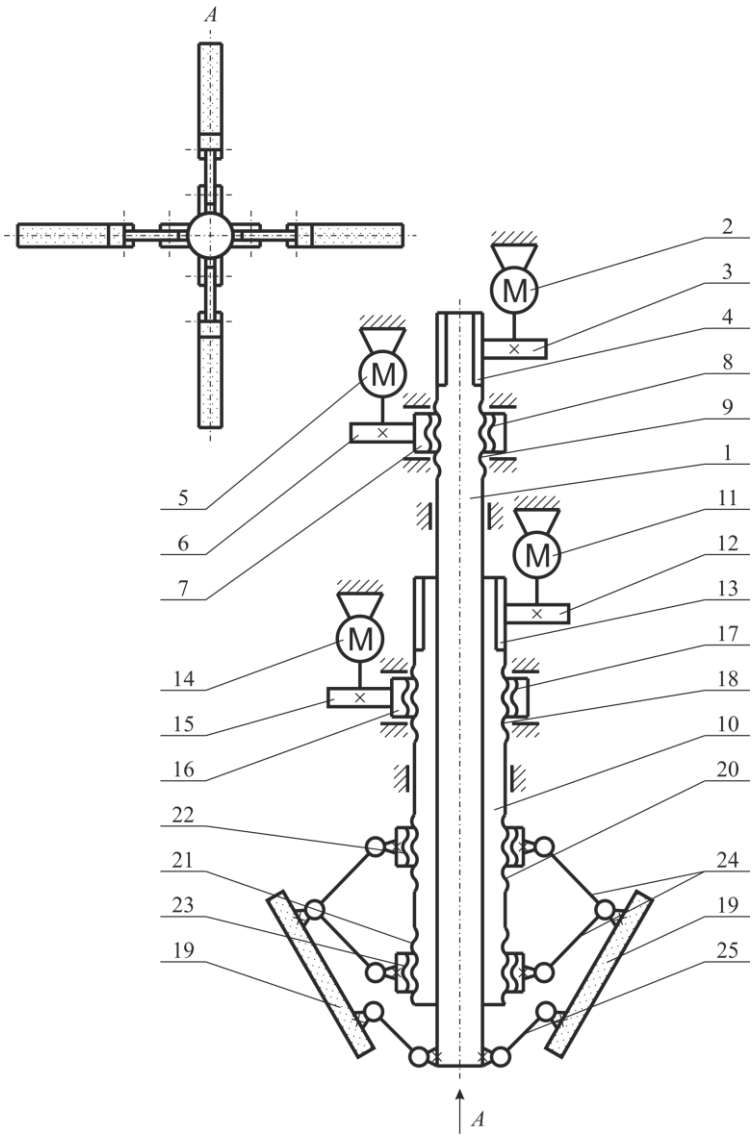


Рисунок 1 – Кінематична схема пристрою для хонінгування конічних отворів

Пристрій містить привід обертання вала хона 1, що складається з двигуна 2, на валу якого встановлено зубчасте колесо 3, яке входить у зачеплення з зубчастим колесом 4, жорстко пов'язаним із валом 1.

Крім того, передбачено привід поздовжнього переміщення вала 1, який включає двигун 5, на валу якого жорстко закріплене зубчасте колесо 6, що входить у зачеплення з зубчастим колесом 7, центральною частиною якого є гайка 8. Зубчасте колесо 7 не має можливості осьового переміщення.

Гайка 8 взаємодіє з гвинтом 9, жорстко закріпленим на валу 1. Різниця швидкостей обертання зубчастих коліс 4 і 7, за умови неможливості осьового переміщення зубчастого колеса 7, забезпечує необхідну швидкість і напрям поздовжнього переміщення вала 1. Довжина зубчастого колеса 4 забезпечує постійний контакт із зубчастим колесом 3 у всьому діапазоні переміщення вала 1, а довжина гвинта 9 – безперервну взаємодію з гайкою 8.

На валу 1 розміщено втулку 10, яка має можливість вільного обертання та поздовжнього переміщення відносно вала 1. Для її обертання передбачено привід, що складається з двигуна 11, на валу якого жорстко встановлено зубчасте колесо 12, яке входить у зачеплення з зубчастим колесом 13, жорстко з'єднаним із втулкою 10.

Поздовжнє переміщення втулки 10 забезпечується приводом, що включає двигун 14, на валу якого жорстко закріплене зубчасте колесо 15, яке входить у зачеплення з зубчастим колесом 16, центральною частиною якого є гайка 17. Зубчасте колесо 16 не має можливості осьового переміщення. Гайка 17 взаємодіє з гвинтом 18, жорстко пов'язаним із втулкою 10. Різниця швидкостей обертання зубчастих коліс 13 і 16, за умови неможливості осьового зміщення зубчастого колеса 16, забезпечує необхідну швидкість і напрям поздовжнього переміщення втулки 10. Довжина зубчастого колеса 13 забезпечує його постійний контакт із зубчастим колесом 12 у всьому діапазоні руху втулки 10, а довжина гвинта 18 – постійний контакт із гайкою 17.

Для формування необхідної траєкторії руху хонінгувальних брусків 19 на втулці 10 виконано два гвинти 20 і 21 з однаковим кроком різьби та протилежним напрямком. З ними взаємодіють гайки 22 і 23, які через штанги 24 з'єднані з одним кінцем хонінгувальних брусків 19. Інший кінець кожного бруска 19 через окрему штангу 25 шарнірно з'єднаний із валом 1.

Різниця швидкостей обертання втулки 10 і вала 1, у поєднанні з протилежним напрямком різьби гвинтів 20 і 21, спричиняє зближення або розходження гайок 22 і 23 уздовж осі втулки 10. Через систему штанг 24 це призводить до радіального переміщення одного кінця хонінгувальних брусків 19 відносно осі втулки 10. Одночасно різниця швидкостей поздовжнього переміщення втулки 10 і вала 1 спричиняє радіальне переміщення іншого кінця брусків 19 відносно осі вала 1.

Хонінгувальні бруски 19 розташовуються по колу навколо осі вала 1, як показано на вигляді А рисунка. Їх кількість становить не менше трьох; у наведеному прикладі використано чотири бруски 19.

Висновки:

1. Створено конструкцію, яка забезпечує переміщення хонінгувального бруска під час обробки конічного отвору вздовж його твірної.
2. Економічна ефективність запропонованого пристрою для хонінгування конічних отворів забезпечується підвищенням точності та якості обробки таких отворів.

Посилання

1. Гомон, М. С. Технологія машинобудування: підручник / М. С. Гомон, В. П. Мовчан. – Київ: Каравела, 2005. – 488 с. – ISBN 966-8019-90-6.
2. Пристрій для хонінгування конічних отворів: пат. 161710 Україна: B24B 33/08. № u 2025 03228; заявл. 03.07.2025; опубл. 24.12.2025; Бюл. № 52. 3 с.

СУЧАСНІ ПРОПЕЛЕРИ ДЛЯ БПЛА: МАТЕРІАЛИ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ*прим

Курсант А.А. Масний[1]
Керівник - викладач підполковник С.М. Юрченко[2]
stinger2928@gmail.com [1] yurchenkosergey@gmail.com [2]
Факультет військової підготовки Державної спеціальної служби транспорту
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми. Пропелер із його структурними частинами, зокрема лопатями, є необхідним складником будь-якого безпілотного літального апарату (БПЛА). Його робота безпосередньо визначає тягу, енергоефективність, підйомну силу та маневреність всього літального апарату. Відтак вибір матеріалу, з якого виготовлена ця деталь, прямо пов’язаний з ефективністю експлуатації всього БПЛА. Водночас цей вибір є не простим завданням для конструктора, оскільки потребує одночасного врахування низки вимог, що можуть суперечити одна одній: механічної міцності та жорсткості, мінімізації маси, довговічності, вартості, екологічності, а також технологічності й складності виготовлення. Тенденція останнього десятиліття до розширення сфер застосування БПЛА в оборонній, сільськогосподарській, логістичній та моніторинговій галузях суттєво загострює актуальність цієї проблеми, адже вимоги до ефективності систем постійно зростають.

*прим Окремі частини цієї роботи були підготовлені авторами з використанням інструментів штучного інтелекту.

Мета дослідження. Метою даної роботи є узагальнення і огляд результатів підходів до аналізу залежності ефективності пропелерів БПЛА від матеріалу, що були проведені у роботах останніх років. Розглядаються три основні методологічні напрями: багатокритеріальне прийняття рішень (MCDM), чисельне моделювання методом обчислювальної гідрогазодинаміки (CFD) у поєднанні зі структурним аналізом, а також їх інтеграція з натурними льотними випробуваннями.

Результати досліджень. Багатокритеріальний підхід до вибору матеріалів. Маттам та ін. запропонували комплексну методологію, що поєднує п'ять методів зважування критеріїв – MEREC, CRITIC, FUCOM, SWARA та Entropy – з геометричними методами ранжування RAPS, RAMS, MCRAT та RATMI. У дослідженні розглядалися 18 матеріалів-кандидатів за 8 критеріями: вартість, жорсткість, довговічність, міцність, екологічність, технологічність, густина та питома міцність. За результатами всіх застосованих методів перше місце стабільно посіли вуглецево-волоконні наповнені філаменти (CFFF) із такими характеристиками: густиною ~1,6 г/см³, модулем пружності 50 ГПа та міцністю на розтяг до 800 МПа. Друге місце зайняло вуглецеве волокно (CF), третє – поліпропілен (PP). Коефіцієнти кореляції Пірсона між чотирма методами ранжування перевищили 0,96, що свідчить про високу відтворюваність результатів. Аналіз чутливості у 12 сценаріях підтвердив стабільність отриманого ранжування.

CFD-моделювання та випробування. Мустафа та ін. дослідили залежність аеродинамічних характеристик і міцність лопатей від матеріалу на прикладі DJI Mini 3 Pro. Лопаті з трьох матеріалів – XMODEL15 (фотополімерна смола Nexa3D), Industrial ABS та ABS-Like. Вони були виготовлені методом 3D-друку на принтері Anycubic Photon Mono X 4K і випробувані в ідентичних умовах. CFD-моделювання в ANSYS Fluent показало максимальну швидкість повітряного потоку навколо лопатей 3,716 м/с. Натурні льотні випробування виявили суттєву залежність льотних характеристик від матеріалу: швидкість польоту з лопатями XMODEL15 становила 34,9 км/год при максимальній висоті 236 м, тоді як Industrial ABS забезпечив лише 18,4 км/год і 179 м, а ABS-Like – 15,3 км/год і 113 м. Аналіз міцності (Coupled CFD–FEA при 7000–8500 об/хв) показав, що XMODEL15 витримує до 118 750 циклів навантаження, тоді як Industrial ABS – 90 655 циклів, а ABS-Like – лише 70 384 цикли .

Структурний аналіз композитних матеріалів. Дхіннеш та ін. провели порівняльний структурний аналіз трьох матеріалів – CFRP (Epoxy Carbon UD 230 ГПа), GFRP (Epoxy E-Glass UD) та алюмінієвого сплаву – для пропелера діаметром 127 мм у середовищі ANSYS Workbench (7000 об/хв, швидкість набігаючого потоку 15 м/с, K-epsilon модель турбулентності). Результати показали, що CFRP забезпечує найвищу жорсткість (напруження за Мізесом 0,060 МПа, деформація $1{,}296\times10^{-6}$ мм) і найкращу опірність до динамічних

навантажень, що робить його оптимальним для високонавантажених застосувань. Алюміній демонструє найменше напруження (0,0359 МПа) та найкращу деформаційну стійкість (0,00068 мм), залишаючись привабливим вибором для ваговочутливих конструкцій. GFRP виявився найменш жорстким, проте найдоступнішим за вартістю матеріалом із прийнятними характеристиками для бюджетних рішень .

Висновок. Аналіз сучасних досліджень залежності ефективності пропелерів БПЛА від матеріалу дозволяє сформулювати такі узагальнення. По-перше, не існує універсального оптимального матеріалу: вибір визначається пріоритетами конкретного застосування. Вуглецево-волоконні матеріали (CFFF, CF, CFRP) лідирують за питомою міцністю та жорсткістю, фотополімерні смоли класу XMODEL15 демонструють найкращі результати серед 3D-друкованих матеріалів за аеродинамічними характеристиками та втомною стійкістю, тоді як алюміній залишається оптимальним для ваговочутливих застосувань. По-друге, поєднання MCDM-методів із CFD-моделюванням та натурними випробуваннями формує найбільш повну та верифіковану картину залежності ефективності від матеріалу. Геометричні методи ранжування (RAPS, RAMS, MCRAT, RATMI) забезпечують вищу відтворюваність результатів порівняно з традиційними лінійними моделями. По-третє, перспективним напрямом є інтеграція адитивного виробництва з оптимізацією матеріалу, що відкриває можливості для швидкого прототипування та верифікації нових матеріальних рішень безпосередньо в умовах реальних польотів.

Посилання

1. Dhinnesh S., Guru Prasath K. S., Venkatesh N. Design and Analysis of UAV Propeller for Composite Materials. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*. 2024. Vol. 02, Issue 01. P. 20–26.
2. Mattam M. R., Padal K. T. B., Rao Y. S. Evaluation of drone propeller materials through geometrics components using multi criteria decision making methods. *EPJ Web of Conferences*. 2026. Vol. 345. Art. no. 01052. https://doi.org/10.1051/epjconf/202634501052
3. Mustafa M. A. S., Mohammed K. S., Abbood H. H., Eleiwi M. A., Majdi H. S. Optimization of Different Materials for Drone Blades Using Computational Fluid Dynamics. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 2025. Vol. 15, No. 4. P. 25836–25843. https://doi.org/10.48084/etasr.11430

МОДЕЛЮВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО БЕЗЛЕЙНЕРНОГО ТРУБОПРОВОДУ ЗМІННОЇ ТОВЩИНИ

Аспірант В.В. Мурашко[1], *PhD О.В. Літот*[2],
проф., док. тех. наук Т.А. Манько[1] *(керівник)*
[1]***Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара***
[2]***незалежний дослідник***
м. Дніпро, Україна

Композиційні трубні конструкції (ТК) широко застосовуються в сучасній ракетно-космічній техніці через їх високу масову ефективність, корозійну стійкість та можливість створювати їх під конкретні навантаження. Особливо актуальні такі рішення є для безлейнерних кріогенних трубопроводів, де одночасно ставляться вимоги до міцності, мінімальної маси, ресурсу та герметичності. Характеристики композиційних ТК визначаються орієнтацією волокон, послідовністю шарів, локальною товщиною, технологічними переходами намотування та якістю укладання матеріалу. Саме ці фактори в основному стають визначальними для напружено-деформованого стану і для появи локальних зон підвищених напружень [1, 3].

У реальних виробах схема армування (намотування) рідко є сталою по всій довжині. Навпаки, технологія виготовлення та конструктивні вимоги призводять до того, що кут намотування може змінюватися вздовж осі труби, а товщина оболонки може мати зональну або плавну змінність. Наприклад, у зонах стиків, у районах фланцевих приєднань, опор, переходів геометрії або в місцях необхідного підсилення часто формують додаткові шари чи змінюють орієнтацію наповнювача [2]. У результаті конструкція набуває вираженої осьової неоднорідності, яка ускладнює як аналітичні оцінки, так і повномасштабне чисельне моделювання.

Чисельний розрахунок таких об’єктів (наприклад, методом скінченних елементів) зазвичай виконують на основі шаруватих оболонок або об’ємних композиційних моделей [4]. Підхід, у якому зміна кута і товщини армування задається як безперервна функція координати - суттєво підвищує складність постановки задачі: зростає кількість зон з унікальними параметрами, ускладнюється контроль коректності орієнтацій і локальних систем координат, ускладнюється трактування результатів [6, 7]. Крім того, практична потреба в швидкому порівнянні варіантів конструкції (параметричні дослідження) робить надмірно деталізовані моделі не завжди доцільними на ранніх етапах проєктування [1].

У зв’язку з цим виникає потреба в інженерному спрощенні, яке дозволяє зберегти ключовий ефект осьової змінності армування, але зробити модель керованою, відтворюваною та придатною для швидких серійних розрахунків.

Метою роботи є формулювання та опис підходу до моделювання композиційної трубної конструкції зі змінними по довжині кутами намотування і товщинами шляхом ступінчастої багатосекційної апроксимації. Ідея полягає в представленні реальної конструкції як набору осьових секцій (зон), у межах кожної з яких параметри армування і товщина вважаються сталими. Перехід між секціями задається як дискретна зміна параметрів, що наближує реальну безперервну змінність до дискретного багатозонного опису.

Додатковою ціллю є окреслення переваг, обмежень та типових джерел похибки такого спрощення, а також формулювання рекомендацій щодо практичного використання підходу для отримання інженерно корисних результатів.

Розглянемо композиційну ТК під дією внутрішнього тиску, осьових навантажень та температурних впливів. Для композиційної оболонки напружено-деформований стан визначається ортотропією шару та його орієнтацією. Якщо кут намотування змінюється вздовж осі, то змінюються і жорсткості оболонки в окружному та осьовому напрямках, що призводить до перерозподілу напружень і деформацій.

Аналогічно, зміна товщини оболонки змінює жорсткість перерізу та рівень напружень, а також впливає на локальні концентрації [8].

“Пряме” моделювання безперервної змінності зазвичай означає, що:

- необхідно знати і задати закон зміни кута та товщини як функцію координати;
- необхідно коректно задати змінний набір шарів (або змінну товщину) і контролювати узгодженість шарів між сусідніми ділянками;
- за потреби - забезпечити коректні “переходи” між зонами, де відбувається зміна параметрів, щоб уникнути штучних концентрацій, спричинених лише математичною постановкою.

На практиці простого аналітичного закону зміни траєкторії і товщини волокна може не існувати. Внесення змін в модель на основі практичного досвіду, отриманого на етапі тестування, може бути складним. Для інженерних задач, де важливо швидко порівняти кілька варіантів, така складність може бути невиправданою.

Ключова ідея: замість того, щоб моделювати плавну зміну кутів і товщин армування всередині секції, можна моделювати кожну секцію достатньо короткою, щоб всередині неї припущення про сталість параметрів було прийнятним для інженерного аналізу.

Запропоноване спрощення полягає в тому, що довжина труби розбивається на кінечну кількість осьових секцій. Для кожної секції вводяться сталі параметри: кути армування (наприклад, ±56 для спіральних шарів, 0° для осьових, 90° для кільцевих тощо); товщини секції та товщина кожного шару; послідовність шарів для кожної секції; властивості матеріалів (якщо різні зони мають різні матеріали або різні параметри композиту).

Таким чином, реальна функція товщини та кута апроксимується кусково-сталою функцією для кожної секції. Вибір кількості та меж секцій визначається конструктивними та технологічними особливостями: межі логічно ставити там, де в реальному виробі змінюється технологія намотування, додаються чи закінчуються підсилення, змінюються кути або відбуваються інші переходи.

У стандартному інструментарії Ansys Mechanical орієнтації шарів у композиційній оболонці задаються як дискретні значення в межах секцій-областей. Тому для відтворення змінних по довжині кутів намотування на практиці застосовують багатосекційне (ступінчасте) представлення [5]

Навіть спеціалізовані засоби моделювання композитів (зокрема модуль ACP у складі Ansys Mechanical) у базовій постановці передбачають задання орієнтації шару як сталого числового параметра в межах вибраної ділянки конструкції. Зміна орієнтації вздовж поверхні реалізується не безпосереднім введенням неперервної залежності кута від координати, а через задання просторово змінного поля напрямку відліку (напрямку, відносно якого відраховується кут укладання волокон), сформованого системами локальної орієнтації або табличними даними.

Тобто “плавний” закон не вводиться як безперервна аналітична функція, а завжди зводиться до набору дискретних значень у просторі, визначених або зоною, або таблицею, що в чисельній реалізації фактично є ступінчастим (кусково-сталим) заданням на рівні секцій [5].

Переваги підходу - це керованість і відтворюваність. Кусково-сталий опис простіше перевірити: для кожної секції є чіткий набір параметрів, які можна звірити з вихідними даними. Коли секцій небагато і кожна має чітко задані кути, легше контролювати коректність задання моделі.

Можливі швидкі параметричні дослідження. Є можливість змінювати кількість, довжини секцій, кути і товщини та порівнювати результати без повного “перебудовування” складної траєкторної моделі.

Полегшується інженерна інтерпретація. Результати можна аналізувати по секціях: де зростають напруження, які зони “критичні”, як впливає підсилення або зміна кута.

Підхід має високу придатність для ранніх етапів. На стадії концепту та попереднього проєктування важливі тренди і порівняння, а не “абсолютно точна” деталізація технологічних дрібниць.

Найважливіше обмеження і джерело похибки - це дискретизація, що за своєю природою замінює плавний перехід різкою зміною параметрів.

Важливо враховувати похибку апроксимації. Якщо реальний кут змінюється поступово, то кусково-сталий опис з малим N може дати відчутні відхилення у жорсткостях і, як наслідок, у напруженнях і деформаціях.

Є імовірність виникнення локальних концентрацій на межах секцій. Дискретний “стрибок” жорсткості між секціями може спричинити локальне підвищення напружень. Частина такого підвищення може бути фізично обґрунтованою (бо реальні переходи теж створюють концентратори), але

частина може бути чисельним артефактом, якщо у виробі перехід фактично є плавнішим, ніж у моделі.

Тому при використанні підходу доцільно виконувати аналіз чутливості: збільшувати кількість секцій і перевіряти, чи стабілізується картина напружень. Якщо при подрібненні секцій результат суттєво змінюється, значить обрана дискретизація була недостатньою, або потрібен інший спосіб моделювання переходів.

Практичні кроки починаються із декомпозиції труби на секції. На основі конструктивної схеми або таблиці параметрів (довжини зон, кути намотування, товщини) формується перелік секцій. Для кожної зони задається структура армування: товщина шарів та кути армування.

Далі йде задання граничних умов і навантажень. Для тестування кріогенного безлейнерного трубопроводу було обрано схему “балон з кришками під тиском”: тестуватиметься половина труби під дією надлишкового внутрішнього тиску та аксіальної сили, що діє на кришку.

Потім необхідне розбиття геометрії на кінцеві елементи. Необхідно забезпечити таку дискретизацію вздовж осі, щоб перехід між секціями був врахованим у сітці кінцевих елементів, і щоб розрахунок коректно відобразив локальні ефекти.

Після того необхідна постобробка результатів. Аналізуються як глобальні поля (переміщення, еквівалентні напруження, деформації), так і локальні компоненти в системі шару (наприклад, σ_1, σ_2, τ_{12} у напрямках волокон), оскільки для композитів саме вони є найбільш фізично значущими.

Для дослідження суцільнокомпозитного безлейнерного трубопроводу було обрано наступний підхід: спочатку визначаються секції відповідно до наявних технологічних зон. Виокремлено зону фланця, зони переходів між фланцем та силовою оболонкою та зони силової оболонки.

Після задання структури армування в секціях буде перевірено результати. Необхідно буде звернути увагу на зони меж секцій; при потребі локально подрібнити лише ті переходи, де спостерігаються критичні або неочікувані піки напружень.

Необхідно буде оцінювати не лише еквівалентні напруження, а й напруження у напрямках волокон у кожному шарі, оскільки саме вони пов’язані з критеріями міцності композитів.

Висновки:

1. Композиційні трубні конструкції зі змінними по довжині кутами намотування та товщинами є типовими для практичних застосувань, але створюють значні труднощі для прямого детального чисельного моделювання.
2. При їх моделюванні, доцільним є інженерне спрощення - подання труби як набору ступінчастих осьових секцій зі сталими кутами армування та товщинами в межах секції. Воно дозволяє зберегти ефект осьової змінності при суттєвому спрощенні постановки задачі.

3. Підхід є зручним для параметричних досліджень та попереднього проєктування, забезпечуючи відтворюваність, контроль коректності та зрозумілу інтерпретацію результатів по секціях.

4. Основні обмеження пов’язані з похибкою апроксимації та можливими концентраціями напружень на межах секцій, тому рекомендовано виконувати аналіз чутливості до кількості секцій та локально уточнювати дискретизацію в критичних зонах.

5. Для моделювання, суцільнокомпозитний безлейнерний кріогенний трубопровід буде розбито на технологічні секції (зона фланця, перехідні зони та силова оболонка) з призначенням відповідної структури армування для кожної секції, після чого результати будуть проаналізовані з акцентом на межі секцій та, за потреби, буде виконано локальне уточнення розбиття в критичних переходах.

Посилання

1. Витвицький, В. М.; Мікульонок, І. О. Моделювання полімерно-композиційних труб. *Комп’ютерне моделювання та оптимізація складних систем*, 2023, 36-37. URL: https://ela.kpi.ua/items/cca9d9b7-e045-45da-a743-66b5d5dd3503
2. Карандашов, О. Г. Модифікація конструкційних склопластиків для одержання труб намотуванням : дис. ... д-ра філософії : спец. 161 : галузь знань ; нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2020. – 205 с. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/items/54bee3b5-4108-4154-85ff-9ac0bb0dd672
3. Савчук, Є., Шукаєв, С. Розрахунок напружено-деформованого стану системи «труба - композитний бандаж». *Матеріали науково-технічної конференції "Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта"*, (XXIII), 2023, 105–109. URL: https://doi.org/10.20535/2409-7160.2023.XXIII.280259
4. Geng P., Xing J., Wang Q. Analytical model for stress and deformation of multiple-winding-angle filament-wound composite pipes/vessels under multiple combined loads. *Applied Mathematical Modelling*. 2021. Vol. 94. P. 576–596. URL: https://doi.org/10.1016/j.apm.2021.01.034
5. Investigate the mechanical strength of laminated composite carbon fiber with different fiber orientations by numerically using finite element analysis / A. All Noman et al. *Materials Today: Proceedings*. 2023. URL: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.132
6. Pyskunov S., Bakhtovarshoiev T. Stress-strain state and elastic properties of composites with variable reinforcement structure. *Scientific journal of the Ternopil national technical university*. 2025. Vol. 119, no. 3. P. 127–133. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2025.03.127
7. Radial compression of thin-walled variable-angle tow filament-wound composite cylinders, Part I: Manufacture, experimental, and computational analyses in the linear-elastic regime / G. S. C. Souza et al. *Composite Structures*. 2025. P. 119178. URL: https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2025.119178
8. Yu W. A Review of Modeling of Composite Structures. *Materials (Basel)*. 2024. Vol. 17, no. 2. P. 446. URL: https://doi.org/10.3390/ma17020446

ВПЛИВ АБРАЗИВНОСТІ ПОРІД ТА ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПУЛЬСАЦІЙ НА ПРИСКОРЕНИЙ ЗНОС СТАТОРІВ ГВИНТОВИХ ВИБІЙНИХ ДВИГУНІВ МАЛИХ ДІАМЕТРІВ

Аспірант Б.І. Назаренко
Керівник - доц., канд. техн. наук М.Я. Бучинський
Національний університет «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна

У сучасних умовах буріння свердловин з малими діаметрами (89–98 мм) гвинтові вибійні двигуни (ГВД) стають основним інструментом для проходки бічних стовбурів та горизонтальних ділянок. Частка таких операцій у загальному обсязі буріння в Україні зросла до 34% станом на 2024 рік. Під час проведення дефектування та технічного обслуговування робочих пар ГВД наочно фіксується критична проблема: понад 62% позаштатних ситуацій у горизонтальному бурінні пов'язані з відмовами двигунів малого діаметра, де значна частина припадає на передчасний вихід з ладу через абразивний знос та гідродинамічні пульсації **[1]**. Метою роботи є аналіз механізмів прискореного руйнування еластомерного покриття статора під синергетичним впливом нестабільних пластових тисків та високої концентрації кварцових частинок.

Гідродинамічні характеристики гвинтових двигунів малих діаметрів визначаються геометрією профілю статора, де еластомер (найчастіше гідрогенізований нітрильний каучук HNBR) забезпечує ущільнення зазорів 0,12–0,28 мм. У родовищах України абразивні породи переважають у карбонатних і теригенних комплексах, де вміст кварцу може сягати 70–92%.

Проникнення частинок розміром понад 0,15 мм у зазор призводить до локальної ерозії еластомеру. Кварц, маючи високу твердість (1100–1400 HV), викликає ерозію еластомеру статора зі швидкістю 0,028–0,075 мм/год при концентрації 20 г/л і швидкості потоку 2,5–3,5 м/с. **[2]** У пластах із високим вмістом кварцу ресурс статора скорочується з 220–280 годин до 90–140 годин через деформацію профілю та втрату герметичності. Це викликає падіння крутного моменту на 20–35% і зростання витоку бурового розчину на 12–18%.

Нерівномірність пластових тисків є домінуючим фактором, що різко посилює руйнівну дію абразиву. У реальних свердловинах амплітуда коливань перепаду тиску становить ±2,5–6,8 МПа з періодом 1–12 хвилин. Синергетичний вплив цих коливань та абразивності порід призводить до прискореної деградації робочих елементів у 2,5–4,2 раза порівняно з дією кожного фактора окремо.

Механізм цього явища розгортається у два етапи:

Фаза падіння тиску: При зниженні перепаду тиску на 3–6 МПа швидкість потоку в зазорі зменшується на 20–35%, що сприяє масовому осіданню частинок розміром 0,12–0,35 мм біля контактної зони статора, де їх локальна концентрація стрімко зростає до 40–80 г/л.

Фаза зростання тиску: Наступний стрибок тиску (зростання на 4–8 МПа) призводить до різкого прискорення потоку до 3,5–5,0 м/с, перетворюючи осілі частинки на високошвидкісний абразивний потік.

Енергія удару частинок пропорційна перепаду тиску та квадрату швидкості **[3]**:

$$E = \Delta p \cdot v^2$$

де: E — енергія удару абразивних частинок; Δp — перепад тиску на робочій парі (статор-ротор), МПа; v — швидкість гідродинамічного потоку, м/с.

Це викликає ударну ерозію еластомеру зі швидкістю 0,08–0,18 мм/год замість стандартних 0,03–0,07 мм/год. Наприклад, на Яблунівському родовищі в зонах із коливаннями тиску ±6–11 МПа та концентрацією абразиву 35–65 г/л ресурс статора двигунів ПДМ-89 скорочувався до 65–95 годин. При розбиранні таких двигунів спостерігаються характерні локальні виїмки глибиною 1,2–2,1 мм на еластомері з кратерами діаметром 0,2–0,5 мм.

Ерозія профілю статора та зростання витоку розчину неминуче призводять до підвищення гідравлічного опору та локального перегрівання. Гвинтові двигуни малих діаметрів демонструють високу чутливість до термічних навантажень: при температурі понад 135–145°C коефіцієнт лінійного розширення еластомеру HNBR призводить до зменшення зазору на 0,04–0,10 мм. Це викликає перегрівання до 170–190°C з подальшою деградацією матеріалу та падінням його твердості на 15–25 одиниць за Шором.

Висновки

Проведений аналіз доводить, що традиційні пасивні методи підвищення стійкості гвинтових вибійних двигунів (наприклад, збільшення товщини захисного шару чи застосування високоміцних еластомерів) дають лише обмежений ефект (подовження ресурсу не більше ніж на 20–25%) і не здатні протидіяти динамічним змінам у свердловині. Систематичне відхилення режиму роботи від номінального знижує середнє значення ККД у складних інтервалах до 0,42–0,52 замість розрахункових 0,60–0,70. Для кардинального вирішення проблеми передчасного зносу статорів необхідний перехід до активних систем керування, які використовують дані реального часу від датчиків тиску та вібрації для динамічної корекції витрати бурового розчину.

Посилання

1. Belov, D., Zhang, Z., Chen, W., Ba, S., Kolyshkin, A., & Rocchio, S. D. (2021). Hybrid approach for health monitoring of mud motor fleet. *Proceedings of the European Conference of the Prognostics and Health Management Society*, *6*(1), 10.
2. Delpassand, M. S. (1998). Stator life of a positive displacement down-hole drilling motor. *Society of Petroleum Engineers*.
3. Dong, X., et al. (2024). Particle size effect on abrasive wear behavior of positive displacement motor and abrasive particles control. *Journal of Tribology*.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПОРИСТИХ ПЛАСТИН ІЗ МЕДИЧНОГО СПЛАВУ Ti-6Al-4V$_{ELI}$, ВИГОТОВЛЕННИХ ЛАЗЕРНИМ 3D-ДРУКОМ

Д. т.н, проф. О.В. Овчинников[1], аспіранти Є.А. Сторчак[1]., В.І. Бронецька [1], Р.Ю. Білий[1], к. т. н. Т.О. Мітіна [2]

1 - Український державний університет науки і технологій (УДУНТ) м. Дніпро, Україна

2 – Запорізький науково-інженерний центр плазмових технологій науково-технічного комплексу «ІЕЗ ім. Є.О. Патона»

Вступ. Пористі структури, створюючи внутрішні пустоти всередині виробів, знижують їх вагу, збільшують площу поверхні за рахунок наявності розгалуженої системи пор, які через безліч дрібних відкритих пор формують поверхню із впадин і виступів, які розширюють доступну поверхню для взаємодії з навколишнім середовищем – кістковою тканиною. Це дозволяє поліпшити результати лікування, скоротити час відновлення якості і підвищити життя пацієнтів. В свою чергу, застосування лазерного 3D-друку дозволяє створювати індивідуальні та спеціалізовані медичні вироби, адаптовані під конкретні потреби пацієнтів. Заготовки з пористою структурою можуть бути використані у виготовленні біосумісних імплантів. У виробах, призначених для ендопротезування, для одержання якісних виробів велике значення має матеріал, з якого виготовлено імплантат, а також морфологія його поверхні [1]. Завдяки високій точності 3D-технологія селективного лазерного плавлення (СЛП) дозволяє вготовляти вироби зі складною геометрією для створення індивідуальних імплантів під конкретного пацієнта. Імпланти, спроектовані в цифровому середовищі, повторюють складну структуру кісткової тканини, що, в свою чергу, дозволяє наблизити властивості імпланта до властивостей кістки людини. Досліджуємий в даній роботі титановий сплав Ti-6Al-4V$_{ELI}$ широко застосовується в медицині, а саме для виготовлення імплантів завдяки поєднанню високої питомої міцності та корозійній стійкості. Відомо, що в титанових сплавах тип мікроструктури має вирішальний вплив на рівень властивостей, однак структурні особливості його саме в пористих заготовках, одержаних 3D-друком, майже не розглядались.

Отже, **мета роботи** – вивчення структуроутворення в пористих зразках зі сплаву Ti-6Al-4V$_{ELI,}$ одержаних в результаті селективного лазерного плавлення і термообробки.

Методика, обладнання. 3D-друк зразків здійснювали методом СЛП з використанням установки «HBD-200» (ННІ «Титан», УДУНТ). В якості основного матеріалу використовували порошок сплаву Ti-6Al-4V$_{ELI}$, виготовлений ротаційнім плазмовим розпиленням (ТОВ «Мультифлекс», Запоріжжя). Порошок мав розмір частинок від 40 до 100 мкм ($d_{10,}$ d_{90} відповідно), його частинки мали сферичну форму, гладку поверхню. Розміри

надрукованих зразків складали 3,5×12×55мм і 3,5×25×25 мм (рисунок 1). Термічна обробка зразків виконувалась у вакуумній печі із залишковим тиском $10^{-3}\cdots10^{-4}$ мбар за трьома режимами відпалу (при 800°С, 920°С, 1050°С, τ=1 год). Мікроструктурні дослідження виконані на оптичному мікроскопі Neophot-32, зображення фіксували фотокамерою Olympus. Травлення шліфів виконували в розчині плавикової кислоти.

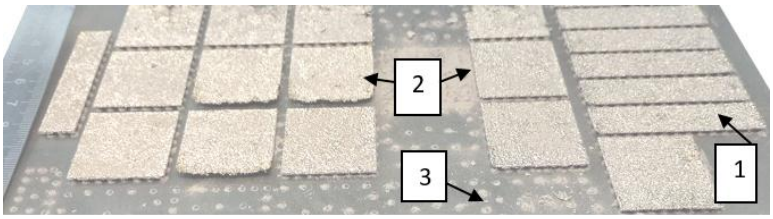
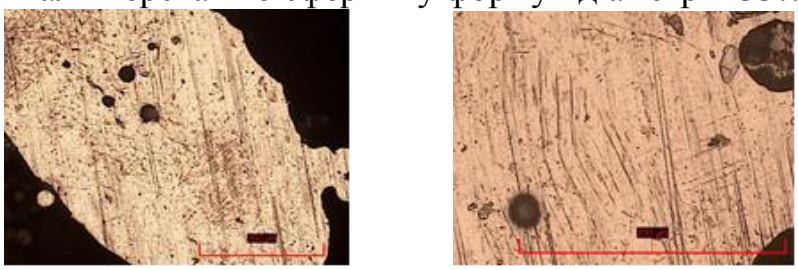


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд надрукованих зразків
1 – прямокутні пластини; 2 - квадрати; 3 – платформа

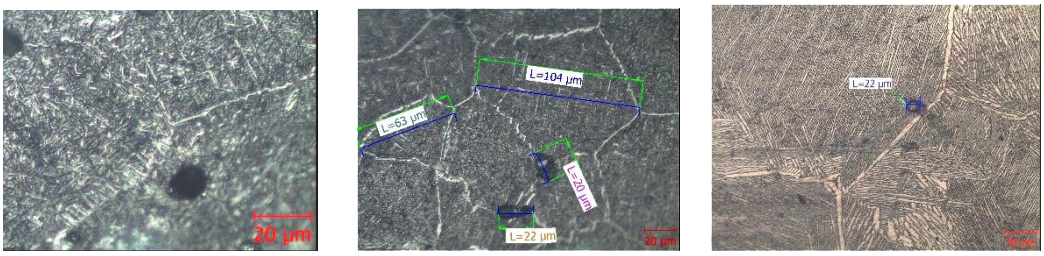
Результати досліджень. Синтез вихідного порошкового матеріалу є результатом високошвидкісного затвердіння крапель розплаву, тобто кристалізація і наступне охолодження відбувалася в нерівноважних умовах, що впливає на повноту фазових перетворень. У зразках, виготовлених СЛП, мікроструктура складалася із дрібнодисперсних виділень мартенситної α′-фаз (рисунок 2), границі первинних β-зерен в стані після СЛП не виявлялись. В процесі СЛП відбувалось часткове переплавлення попередніх шарів з наступною кристалізацією від одного шару до іншого. В зразках виявлені пори мали переважно сферичну форму і діаметр ~ 33…45 мкм.



а б

Рисунок 2 – Мікроструктура поперечного перетину зразків зі сплаву Ti-6Al-4V$_{ELI}$, виготовлених 3D-технологією СЛП: *а – ×100 ; б - ×200*

Стандарти для медичних імплантів визначають специфічні мінімальні вимоги до характеристик міцності та пластичності матеріалу. Зокрема, для сплаву Ti-6Al-4V$_{ELI}$ відносне видовження повинне складати не менше 11% [2]. Для підвищення пластичності зразків зі сплаву Ti-6Al-4V$_{ELI}$, виготовлених методом СЛП, досліджували вплив термообробки. Відпал при 800°С викликав зміни в морфології внурішньозеренної будови: спостерігали розпад голчастої α′-фази із виділенням α-фази у вигляді коротких пластинок, по межах зерен спостерігали переривчасті гранці β-перетворених зерен, окреслені α-фазою (рисунок 3а).



а б в

Рисунок 3. Мікроструктура після термообробки:
а - 800°С; б - 920°С; в - 1050°С

Мікроструктура після термічної обробки при температурі 920°С (рисунок 3б) являла собою пластинчасту α-фазу (світлого відтінку) із більш крупними пластинами і β-фазу (темного відтінку). Спостерігали укрупнення розміру пластин α-фази всередині та по межах зерен, що сприяє підвищенню пластичності, оскільки деформація розпочинається, в основному, по межах зерен. Процес рекристалізації производив до зникнення переважної орієнтації зерен, їх розмір після даного виду термообробки складав ~ 100 мкм. Після проведення відпалу при 1050°С (вище температури поліморфного перетворення) на межах зерен спостерігали крупні включення α-фази і значну кількість β-фази (рисунок 3 в). Зерна мали рівноосну форму, і розмір їх збільшився до 150…650 мкм. Значне укрупнення розміру зерен може негативно вплинути на пластичність, тому відпал при 1050°С прийнято нераціональним. Суттєва різнозернистість, виявлена при цьому, може бути викликана неповнотою проходження процесу рекристалізації та коалесценції.

Висновки:

1. Проведено дослідження мікроструктур зразків із медичного сплаву Ti-6Al-4V_{ELI}, одержаних селективним лазерним плавленням (СЛП) і термообробкою за трьома режимами.

2. Встановлено, що після СЛП формується мартенситна структура з малим розміром елементів (голкоподібні виділення мартенситної α′-фази) і наявністю мікропор. В результаті відпалів мікропори не змінили своєї морфології, при цьому фіксували розпад α′-фази з формуванням тонкопластинчастої α+β-структури (800, 920°С). Відпал при 1050°С викликав укрупнення зерен, що не сприятиме підвищенню пластичності і прийнято нераціональним.

Посилання

1. Elias, C.N., Lima, J.H.C., Valiev, R. et al. Biomedical applications of titanium and its alloys. JOM 60, 46–49 (2008). https://doi.org/10.1007/s11837-008-0031-1

2. Mishchenko, O., Ovchynnykov, O., Kapustian, O., Pogorielov, M. (2020). New Zr-Ti-Nb Alloy for Medical Application: Development, Chemical and Mechanical Properties, and Biocompatibility. Materials, 13 (6), 1306. https://doi.org/10.3390/ma13061306

РОЗРОБКА МЕХАНІЧНОГО ТРАЛА ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ПРОТИПІХОТНИХ МІН

Студент ПМ2511 Д.В. Омелянчук
Керівник - доц., канд. техн. наук О.П. Посмітюха
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Актуальність проблеми знешкодження протипіхотних мін обумовлена високим рівнем небезпеки для цивільного населення та військових підрозділів у зонах бойових дій та після їх завершення. Традиційні методи розмінування потребують значних людських ресурсів і пов'язані з високим ризиком для саперів. Тому розробка механічних засобів, здатних ефективно виконувати завдання гуманітарного розмінування, є стратегічно важливим напрямом сучасної інженерної науки та практики.

Сучасні механічні трали можна умовно поділити на кілька типів [1]:

а). каткові (роликові) трали – призначені для підриву мін за рахунок навантаження. Застосовуються переважно для протитанкових мін;

б). плужні трали – це механічне розпушування ґрунту та винос мін за межі колії. (наприклад системи типу КМТ, що забезпечують створення проходу для техніки) [2];

в). бойкові (ланцюгові) трали – ефективні проти протипіхотних мін (використанні ротора з ланцюгами, які вдаряють по ґрунту та ініціюють детонацію мін. Наприклад, німецька машина Keiler) [3];

г). комбіновані системи – передбачають поєднання бойкових і фрезерних механізмів, що дозволяє підвищити ефективність розмінування [4, 5].

У даній роботі розробляється проєкт механічного трала, призначеного для знешкодження протипіхотних мін шляхом їхнього руйнування або приведення у безпечний стан. Конструкція трала базується на використанні зубчатих котків, які здійснюють механічний вплив на ґрунт перед рухом транспортного засобу з навантаженням до 15 кг, що зумовлює руйнівний вплив лише на протипіхотні міни і не активує протитанкові. Це дозволяє ініціювати підрив мін у контрольованих умовах або механічно руйнувати їхні корпуси, зменшуючи ризик ураження основної машини та екіпажу.

Додатковим напрямом удосконалення є використання електромеханічних актуаторів для регулювання висоти спрацювання робочого органу або транспортного положення. Застосування електроактуаторів дозволяє здійснювати точне дистанційне керування та положенням ротора відносно поверхні. Це забезпечує оптимізацію режимів роботи, зменшує навантаження на конструкцію та підвищує ефективність знешкодження мін. На відміну від гідравлічних систем, електроактуатори характеризуються простотою обслуговування, меншою чутливістю до витоків робочої рідини та можливістю інтеграції з цифровими системами керування.

Особливу увагу приділено вибору матеріалів та технологічних рішень для робочих елементів трала. Використання дешевих сталей забезпечує помірну циклічну міцність і довговічність конструкції. Проведені огляди по темі [6, 7] показали, що оптимізація геометрії робочих елементів та їх розташування дозволяє підвищити ефективність руйнування мін, а застосування модульної схеми дає можливість швидкої заміни пошкоджених елементів та адаптації трала до різних типів ґрунтів і мін.

Практичне значення проекту полягає у створенні технологічно простого, дешевого простого у виготовленні та монтажі, але ефективного рішення для гуманітарного розмінування протипіхотних мін. Механічний трал може бути інтегрований у легкі роботизовані комплекси, що забезпечує дистанційне керування та мінімізує ризики для персоналу. Використання таких систем дозволяє значно скоротити час розмінування територій, підвищити рівень безпеки.

Додатково варто відзначити важливість застосування механічних тралів у складі наземних роботизованих комплексів (НРК), які виконують завдання логістики вантажів та евакуації в зоні бойових дій. У таких місіях ключовим фактором є безпека руху по територіях, потенційно забруднених протипіхотними мінами, трал дозволяє створювати контрольовану смугу очищення перед рухом НРК, що мінімізує ризик підриву та пошкодження платформи. Це особливо актуально при транспортуванні боєприпасів, медичних засобів чи гуманітарних вантажів, а також при евакуації поранених, коли навіть незначне пошкодження машини може призвести до зриву операції.

Таким чином, запропонований проект механічного трала поєднує сучасні інженерні рішення у сфері матеріалознавства та механіки з практичними вимогами до безпеки й ефективності розмінування. Це створює основу для формування нового покоління технічних засобів, здатних забезпечити комплексне вирішення проблеми протипіхотних мін у військовій та цивільній сферах.

Посилання

1. Development of a heavy demining machine // Journal of Terramechanics.
2. KMT-5M система розмінування: конструкція та характеристики
3. Keiler mine flail system: principle of operation of a flail trawl
4. Mechanical Demining Equipment Catalogue. Geneva International Centre for Humanitarian Demining
5. Mine clearance methods and limitations (World Bank report)
6. DOK-ING robotic demining systems
7. Achkar R., Owayjan M. Vision system for landmine detecting robot // arXiv, 2012.

ПРОЦЕС НАВУГЛЕЦЮВАННЯ ЗАЛІЗА ПРИ ЙОГО ВІДНОВЛЕННІ З ВЮСТИТУ ТВЕРДИМ ВУГЛЕЦЕМ: ТЕРМОДИНАМІКА ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ

Керівник – доц., канд. техн. наук С.П. Пантейков,
аспірант А.А. Романенко, аспірант Я.І. Бондаренко,
магістрант О.М. Лопушин
Дніпровський державний технічний університет
м. Кам'янське, Україна

Відомо, що відновлення заліза з гематиту (або магнетиту) здійснюється поетапно через утворення його проміжних оксидів.

Водночас при використанні як відновника твердого вуглецю (разом із газом CO, який є супутнім продуктом хімічних реакцій за участю твердого вуглецю) відновлене залізо завжди є високовуглецевим, тобто відновлюється воно виключно до стану чавуну (карбіду заліза Fe_3C). Неминучість навуглецювання отриманого заліза у відновних агрегатах виключає можливість одержання кінцевого продукту у вигляді чистого (безвуглецевого) або низьковуглецевого заліза. Саме цим пояснюється неможливість одержання сталі в сучасних агрегатах прямого відновлення заліза.

Наукові уявлення про процес навуглецювання заліза при відновленні його із залізорудних матеріалів висвітлені в численних літературних джерелах і навчальних матеріалах. У більшості з них цей процес розглядається як складний гетерогенний фізико-хімічний процес, що відбувається внаслідок перебігу низки хімічних реакцій за участю речовин у різних агрегатних станах. Разом з тим існуючі наукові положення по-різному трактують механізм навуглецювання заліза при його відновленні з вюститу, що формує неоднозначні, а інколи й помилкові уявлення про сутність цього процесу, в тому числі й у здобувачів освіти під час їх навчання.

Частина дослідників розглядає процес отримання навуглецьованого заліза як послідовність окремих стадій – відновлення заліза (Fe) з вюститу (FeO) та подальшого утворення карбіду заліза (Fe_3C), аналізуючи їх як самостійні процеси: $FeO \rightarrow Fe$ і $Fe \rightarrow Fe_3C$.

Інші наукові підходи трактують відновлення і навуглецювання заліза як єдиний процес утворення карбіду заліза безпосередньо з вюститу: $FeO \rightarrow Fe_3C$.

Усі зазначені процеси розглядаються за участю газу CO, твердого вуглецю C або за їх спільної дії.

Крім того, у деяких роботах механізм навуглецювання заліза пояснюється взаємодією вюститу з сажистим вуглецем ($C_{саж}$), який утворюється внаслідок диспропорціювання монооксиду вуглецю (CO) за реакцією Будуара: $2CO \rightarrow C_{саж} + CO_2$, при цьому процес навуглецювання заліза фактично зводиться до взаємодії вюститу з газом CO.

При цьому треба пам’ятати, що дисмутація CO і утворення сажистого вуглецю $C_{саж}$ термодинамічно може відбуватися лише за низьких температур: відповідно до власних термодинамічних розрахунків [1, 2] – лише нижче граничної температури $T_{гр}$ = 709 °C. За даними інших дослідників $T_{гр}$ знаходиться в інтервалі 557–750 °C [1, 2], за даними інтернету [3] – $T_{гр} \approx 577$ °C). Тобто утворення сажистого вуглецю $C_{саж}$ за високих температур реального металургійного процесу є неможливим, а тому він не може брати участі у навуглецюванні відновленого заліза. У зв’язку з цим спростовуються численні твердження про можливість навуглецювання заліза в металургійних печах сажистим вуглецем $C_{саж}$, що нібито утворюється внаслідок хімічної реакції авторедукції газу CO.

Водночас результати проведених власних термодинамічних досліджень окремих процесів відновлення заліза з вюститу за рахунок газу CO [1, 2]:

$$FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2,$$

і навуглецювання цього заліза газом CO [4, 5]:

$$3Fe + 2CO \rightarrow Fe_3C + CO_2,$$

показали, що за температур, характерних для реальних процесів у відновних печах, ці реакції окремо не є термодинамічно можливими.

Аналогічні висновки щодо термодинамічної неможливості перебігу спільного процесу отримання навуглецьованого заліза при відновленні його з вюститу газом CO:

$$3FeO + 5CO \rightarrow Fe_3C + 4CO_2,$$

який у ряді джерел вважається основним механізмом формування карбіду заліза, були зроблені при власному термодинамічному аналізі [4, 5].

Тобто процеси відновлення заліза з вюститу та його навуглецювання не можуть відбуватися за рахунок газу CO за будь-якою із зазначених вище трьох хімічних реакцій.

Отже, з високою ймовірністю можна вважати, що процес навуглецювання заліза при його відновленні з вюститу відбувається виключно за рахунок твердого вуглецю.

У зв’язку з цим особливої актуальності набувають питання проведення комплексного термодинамічного аналізу процесу навуглецювання заліза при його відновленні з вюститу твердим вуглецем, спрямованого на уточнення механізму цього процесу та встановлення умов його перебігу в реальних відновних агрегатах.

При цьому перебіг процесу можна описати такими варіантами:

– двома хімічними реакціями відновлення заліза з вюститу (1) і навуглецювання цього заліза (2) твердим вуглецем, що відбуваються послідовно:

$$FeO + C \rightarrow Fe + CO; \quad (1)$$

$$3Fe + C \rightarrow Fe_3C, \quad (2)$$

– або їх підсумковою хімічною реакцією (3) відновлення з вюститу заліза, навуглецьованого до стану чавуну (карбіду заліза Fe_3C) твердим вуглецем С:

$$3FeO + 4C \rightarrow Fe_3C + 3CO \quad (3)$$

Таким чином, процес навуглецювання заліза при його відновленні твердим вуглецем С теоретично може відбуватися за наступними схемами:

– двостадійною: $FeO \rightarrow Fe \rightarrow Fe_3C$ (послідовні реакції (1) і (2));

– одностадійною: $FeO \rightarrow Fe_3C$ (реакція (3)).

При цьому реагенти і продукти реакцій можуть знаходитися у будь-яких агрегатних станах (індекси: т – тверда речовина, р – рідина, г – газ):

$$FeO_т + C_т \rightarrow Fe_т + CO_г; \quad (1.1)$$

$$FeO_т + C_т \rightarrow Fe_р + CO_г; \quad (1.2)$$

$$FeO_р + C_т \rightarrow Fe_т + CO_г; \quad (1.3)$$

$$FeO_р + C_т \rightarrow Fe_р + CO_г; \quad (1.4)$$

$$3Fe_т + C_т \rightarrow Fe_3C_т; \quad (2.1)$$

$$3Fe_т + C_т \rightarrow Fe_3C_р; \quad (2.2)$$

$$3Fe_р + C_т \rightarrow Fe_3C_т; \quad (2.3)$$

$$3Fe_р + C_т \rightarrow Fe_3C_р; \quad (2.4)$$

$$3FeO_т + 4C_т \rightarrow Fe_3C_т + 3CO_г; \quad (3.1)$$

$$3FeO_т + 4C_т \rightarrow Fe_3C_р + 3CO_г; \quad (3.2)$$

$$3FeO_р + 4C_т \rightarrow Fe_3C_т + 3CO_г; \quad (3.3)$$

$$3FeO_р + 4C_т \rightarrow Fe_3C_р + 3CO_г \quad (3.4)$$

Аналіз можливості перебігу хімічних реакцій (1.1)–(1.4), (2.1)–(2.4) і (3.1)–(3.4), тобто варіантів хімічних реакцій (1)–(3), проведено на основі виведених виразів [6–10] та значень температур плавлення $t_{пл}$ речовин, що беруть участь у цих реакціях:

– заліза (Fe): $t_{пл}^{Fe}$ = 1539 °С;

– вюститу (FeO): $t_{пл}^{евт}$ = 1177 °С;

– карбіду заліза (Fe_3C): $t_{пл}^{Fe_3C}$ = 1150 °С.

Встановлено, що:

– жоден із варіантів (1.1–1.4) реакції (1) відновлення вюститу до чистого заліза твердим вуглецем не може реалізуватися у реальних умовах роботи відновних печей, незважаючи на їхню термодинамічну можливість перебігу за реальних температур процесів;

– жоден із варіантів (2.1–2.4) реакції (2) навуглецювання відновленого заліза твердим вуглецем до стану чавуну, незважаючи на термодинамічну можливість їх перебігу за реальних температур процесів у відновних печах, також не можуть перебігати в реальних умовах, оскільки в процесі

відновлення за наявності надлишку вуглецю чисте залізо не відновлюється за реакціями (1.1)–(1.4) [11];

– із всіх варіантів (3.1)–(3.4) хімічної реакції (3) відновлення заліза з вюститу та його навуглецювання твердим вуглецем можливою є лише реакція (3.4).

Єдиним обмеженням для перебігу реакції (3.4) є температура. Тому реакція буде можлива лише при досягненні температур, що є вищими за температуру плавлення вюститу.

У сиродутному горні залізо отримували при температурах 1177–1200 °С, однак не завжди можливо було забезпечити для вюститу таке низьке значення температури плавлення.

Для доменної печі такого обмеження не існує через значну температуру її робочого простору (1900–2200 °С), що дозволяє розплавляти вюстит за будь-яких значень його температури плавлення $t_{пл}^{FeO}$, яка, згідно з діаграмою системи «вюстит–кремнезем» [12], може коливатися в межах 1177–1377 °С.

Тобто від температури плавлення вюститу $t_{пл}^{FeO}$ будуть залежати температури перебігу $T_{пр}$ реакції (3.4), значення яких завжди будуть більшими за $t_{пл}^{FeO}$, тобто $T_{пр} > t_{пл}^{FeO}$.

Таким чином, проведений у роботі термодинамічний аналіз процесу навуглецювання відновленого з вюститу заліза твердим вуглецем дозволив встановити, що процеси прямого відновлення з вюститу металевого заліза та його навуглецювання твердим вуглецем є нерозривним і заключним етапом ступінчастого процесу відновлення заліза з гематиту (або з магнетиту). При цьому, внаслідок взаємодії вюститу, утвореного з магнетиту за допомогою газу CO, з твердим вуглецем одразу утворюється навуглецьоване (високовуглецеве) залізо з вмістом вуглецю близько 4% (чавун, карбід заліза Fe_3C), а не чисте (безвуглецеве) залізо (Fe).

Це підтверджується також роботами [13, 14], які стверджують, що відновлення залізу з гематиту та утворення цементиту (Fe_3C) відбуваються одночасно.

Таким чином, вперше теоретично обгрунтовано, що кінцевим продуктом ступінчастого відновлення заліза з гематиту (або магнетиту) твердим вуглецем завжди буде чавун (карбід заліза Fe_3C), а не чисте (безвуглецеве) залізо (Fe).

Висновки:

1. На основі аналізу отриманих даних встановлено, що процеси відновлення заліза з вюститу та його навуглецювання не є послідовними стадіями, а відбуваються одночасно як єдиний процес утворення карбіду заліза з вюститу під впливом твердого вуглецю за хімічною реакцією (3). Визначено, що серед усіх розглянутих її варіантів (3.1)–(3.4) термодинамічно і фізико-хімічно можливою в реальних умовах роботи відновних печей є лише реакція (3.4), яка відповідає процесу утворення рідкого карбіду заліза

безпосередньо з рідкого вюститу при температурах, вищих за температуру плавлення останнього.

2. Уточнено механізм процесу відновлення заліза з гематиту при застосуванні як відновника твердого вуглецю у будь-якій конструкції відновної печі, який відповідає законам термодинаміки і практичним аспектам виробництва чавуну.

3. З'ясування точного механізму відновлення з вюститу навуглецьованого до стану чавуну заліза за рахунок твердого вуглецю дозволяє сформувати чітке уявлення про процес утворення карбіду заліза (чавуну) при відновленні заліза безпосередньо із залізорудних матеріалів та створити науково обґрунтовану фізико-хімічну модель процесу ступінчастого відновлення заліза з гематиту твердим вуглецем у металургійних відновних печах.

4. Отримані результати також є необхідними для подальшого наукового обґрунтування, розробки і промислового впровадження інноваційних технологій одностадійного отримання рідкої сталі безпосередньо із залізорудної сировини, що відкриває перспективи значного підвищення ефективності та ресурсозбереження сучасного сталеплавильного виробництва.

Посилання

1. Пантейков С.П. Розрахунок температур перебігу хімічних реакцій процесу ступінчастого відновлення заліза з гематиту газом CO і газифікації твердого вуглецю за існуючими формулами і за стандартними значеннями ентальпії та ентропії речовин. *Збірник наукових праць ДДТУ: технічні науки*. Кам'янське: ДДТУ, 2021. Вип. 2(39). С. 16–26. https://doi.org/10.31319/2519-2884.39.2021.2
2. Пантейков С.П. Розрахунок температур перебігу хімічних реакцій процесу ступінчастого відновлення заліза з гематиту газом CO і газифікації твердого вуглецю за мірами хімічної спорідненості речовин до кисню. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. Vol. **1**(2), June 2022, P. 1–8. https://doi.org/10.46299/j.isjea.20220102.1
3. Out of C and CO, which is a better reducing agent at 673K?: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.quora.com/Out-of-C-and-CO-which-is-a-better-reducing-agent-at-673K (дата звернення: 17.03.2026 р.).
4. Пантейков С.П. Термодинамічний аналіз умов перебігу хімічних реакцій навуглецювання заліза газом CO при відновленні з вюститу. *Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки*. Дніпро: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», 2024. Вип. 49, Т. 1. С. 175–183. https://doi.org/10.31498/2225-6733.49.1.2024.321243
5. Пантейков С.П., Романенко А.А., Бондаренко Я.І. Дослідження можливості перебігу процесу навуглецювання заліза газом CO при відновленні з вюститу. *Збірник тез Всеукраїнської науково-технічної конференції*

«Наука і металургія» (19–20 листопада 2025, м. Дніпро). Дніпро, ІЧМ, 2025. С. 56. https://doi.org/10.52150/2522-9117-2025-conferens

6. Пантейков С.П. О температурах протекания реакций восстановления железа из гематита твёрдым углеродом с позиций термодинамики . *"Innovations technologies in science and practice. Proceedings of the VI-th International Scientific and Practical Conference*, February 15–18, 2022, Haifa, Israel. P. 531–541. https://doi.org/10.46299/ISG.2022.I.VI
7. Пантейков С.П. О влиянии степени химического сродства веществ к кислороду на возможность протекания реакций восстановления железа из гематита твёрдым углеродом. *"Theoretical and science bases of actual tasks". Proceedings of the XIV-th International Scientific and Practical Conference*, April 12–15, 2022, Lisbon, Portugal. P. 618–627. https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.14
8. Пантейков С.П. Термодинамічний аналіз процесів відновлення заліза з вюститу твердим вуглецем. "*Science, Technology and Global Challenges*": *Proceedings of 7-th International Scientific and Practical Conference* (March 05–07, 2026, Tokyo, Japan). Tokyo: CPN Publishing Group. 2026. P. 203–212: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2026/03/SCIENCE-TECHNOLOGY-AND-GLOBAL-CHALLENGES-5-7.03.26.pdf (дата звернення: 17.03.2026).
9. Пантейков С.П. Термодинамічний аналіз процесів навуглецювання відновленого заліза твердим вуглецем. *World of Conferences: XXIV-th International Scientific and Practical Conference "Development of science in the XXI century"* (March 05–06, 2026). Dortmund, Germany. 2026. P. 130–134. https://doi.org/10.5281/zenodo.18960018
10. Пантейков С.П. Термодинамічний аналіз процесів навуглецювання заліза при його відновленні з вюститу твердим вуглецем. *"Current trends in the development of science and society": Abstracts of the X-th International Scientific and Practical Conference* (March 10–13, 2026). Oslo, Norway. International Science Group. 2026. P. 184-192. https://doi.org/10.46299/ISG.2026.1.10
11. Смирнов В.О., Білецький В.С. *Фізичні та хімічні основи виробництва. Навчальний посібник*. Донецьк: Східний видавничий дім, 2005. 148 с.
12. Гасик М. И., Лякишев Н. П. *Физикохимия и технология электроферросплавов*. Днепропетровск: ГНПП «Системные технологии», 2005. 448 с.
13. Kazemi M., Sichen D. (2016). Effect of Experimental Conditions on Cementite Formation During Reduction of Iron Ore Pellets. *Metall Mater Trans B* **47**, P. 3519–3526. https://doi.org/10.1007/s11663-016-0780-0
14. Ali M.L., Fradet Q., Riedel U. (2022). *Kinetic mechanism development for the direct reduction of single hematite pellets in H_2/CO atmospheres. Steel Research International*, 93, 2200043 (2 of 12). Wiley. https://doi.org/10.1002/srin.202200043

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ ВІДНОВЛЕННЯ КРЕМНІЮ З ЙОГО ОКСИДІВ ГАЗОМ CO ЗА ПРЯМИМ І НЕПРЯМИМ МЕТОДАМИ

Керівник – доц., канд. техн. наук С.П. Пантейков,
магістрант А.С. Селезньов, магістрант Д.С. Пісклов
Дніпровський державний технічний університет
м. Кам'янське, Україна

Кремній *Si* – один з найважливіших компонентів чавуну і сталі.

У доменну піч кремній потрапляє з шихтою у вигляді його діоксиду SiO_2 (кремній у вигляді кремнезему (SiO_2) завжди присутній в усіх компонентах доменної шихти – в золі коксу, в порожній породі рудного матеріалу, у вапняку), який є важковідновлювальним оксидом кремнію з високою теплотою дисоціації:

$$SiO_2 = Si + O_2 - 872{,}63 \text{ МДж}$$

У зв'язку з цим відновлення кремнію з кремнезему завжди перебігає за високих температур і супроводжується значним поглинанням тепла.

Сучасна точка зору передбачає, що відновлення кремнію з кремнезему перебігає ступінчасто, подібно процесам відновлення заліза з гематиту і марганцю з його діоксиду, тобто із утворенням (відновленням) проміжного продукту відновлення – монооксиду кремнію (*SiO*):

$$SiO_2 \rightarrow SiO \rightarrow Si \qquad \text{(А)}$$

Раніше припускалося, що кремній відновлюється безпосередньо з кремнезему за одностадійною схемою:

$$SiO_2 \rightarrow Si, \qquad \text{(Б)}$$

тобто без утворення проміжного оксиду кремнію *SiO*.

При цьому вважається, що кремній не може відновитися з кремнезему за рахунок взаємодії останнього з відновним газом *CO* за наступними хімічними реакціями: (1) і (2) (для схеми (А)), (3) (для схеми (Б)):

$$SiO_2 + CO = SiO + CO_2; \qquad (1)$$

$$SiO + CO = Si + CO_2; \qquad (2)$$

$$SiO_2 + 2CO = Si + 2CO_2 \qquad (3)$$

З метою перевірки правильності цього твердження проведемо термодинамічний аналіз хімічних реакцій (1)–(3) за прямим методом з використанням існуючих літературних даних.

Відновний газ *CO*, як відомо, утворюється в печі за реакцією газифікації твердого вуглецю, що має назву «реакція Белла-Будуара»:

$$C + CO_2 = 2CO \qquad (4)$$

Для реакцій (1)–(3), на жаль, не було знайдено у літературі виразів для розрахунку значень вільної енергії Гіббса ΔG°_{T}, тому вони були виведені самостійно [1].

Для реакції (4) Белла-Будуара у літературі існують вирази для розрахунку значень вільної енергії ΔG_T^o, однак застосування їх разом з виведеними виразами для реакцій (1)–(3) буде некоректним, тому було застосовано виведений раніше [2] вираз для розрахунку вільної енергії Гіббса ΔG_T^o реакції (4).

Виведені формули для розрахунку значень вільної енергії Гіббса ΔG_T^o реакцій (1)–(4) залежно від температури Т (у градусах К) відповідно мають такий вигляд [1, 2]:

$$\Delta G_T^o(\text{I}) = 524490 - 185{,}9 \cdot T, \text{ Дж/моль } CO \text{ (кварц)}; \quad \text{(Ia)}$$

$$\Delta G_T^o(\text{I}) = 521890 - 185{,}04 \cdot T, \text{ Дж/моль } CO \text{ (кристобаліт)}; \quad \text{(Iб)}$$

$$\Delta G_T^o(\text{I}) = 518990 - 184{,}24 \cdot T, \text{ Дж/моль } CO \text{ (тридиміт)}; \quad \text{(Iв)}$$

$$\Delta G_T^o(\text{II}) = -179570 + 176{,}66 \cdot T, \text{ Дж/моль } CO; \quad \text{(II)}$$

$$\Delta G_T^o(\text{III}) = 172460 - 4{,}62 \cdot T, \text{ Дж/моль } CO; \quad \text{(III)}$$

$$\Delta G_T^o(\text{IV}) = 172470 - 175{,}67 \cdot T, \text{ Дж/моль } CO \quad \text{(IV)}$$

Залежність вільної енергії Гіббса ΔG_T^o від температури Т (в °С) ілюструє рис. 1, що побудований згідно з проведеними розрахунками за виведеними виразами (I)–(IV) для хімічних реакцій (1)–(4).

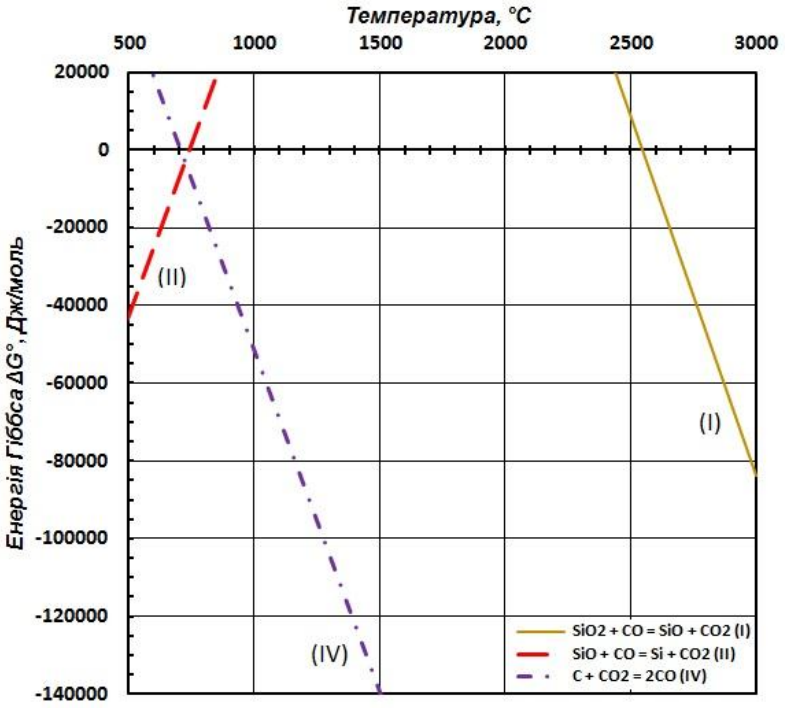


Рисунок 1 – Залежність значень ΔG_T^o від Т для реакцій (1)–(4), що розраховані за виразами (I)–(IV)

лінія (I) – лінія для формул (Ia) (Iб) і (Iв) внаслідок злиття всіх ліній

Проаналізуємо дані, що отримані за виведеними виразами (I)–(IV). Згідно з формулами (I)–(IV):

– хімічна реакція (1) може перебігати у діапазоні температур, які вищі за граничну температуру $T_{гр}$, значення якої становить 2548,356°С (для кварцу), 2547,417°С (для кристобаліту), 2543,924°С (для тридиміту);

– хімічна реакція (2) може перебігати у діапазоні температур, які нижчі за граничну температуру $T_{гр}$, значення якої становить 743,472°С;

– хімічна реакція (3) не може перебігати (відновлення кремнію за схемою Б), адже для неї значення вільної енергії Гіббса ΔG_T°>0, тому на рис. 1 лінія ΔG_T° для реакції (3) відсутня;

– хімічна реакція (4) може перебігати у діапазоні температур, які вищі за граничну температуру $T_{гр}$, значення якої становить 708,784°С.

Все це свідчить, що газ *CO* може бути відновником кремнію із *SiO* при температурах реального процесу і при можливості перебігу реакції (4), яка постачає *CO* у робочий простір відновних печей, однак газ *CO* не може відновити монооксид кремнію з кремнезему при температурах реального процесу за реакцією (1), тобто за обома наведеними схемами А і Б газ *CO* відновляти кремній з кремнезему не може.

З метою одержання інших даних, що підтвердять або спростують отримані результати відносно процесу відновлення кремнію з кремнезему відновним газом *CO*, застосуємо інший (непрямий) метод розрахунку – метод Еллінгема [3] – британського фізика та хіміка Гарольда Еллінгема, всесвітньо відому діаграму якого дуже часто застосовують у металургії для передбачення термодинамічних умов процесу відновлення, за яких певний метал може бути відновлений з його руди (зазвичай з оксиду або сульфіду цього металу) за допомогою певного відновника [4].

Цей метод передбачає знаходження значень вільної енергії Гіббса ΔG_T° в залежності від температури Т для певних хімічних окислювальних реакцій взаємодії з газоподібним киснем пари тих речовин, що приймають участь у відновних реакціях (1)–(4): окислення відновника до продукту окислення і відновлюваного продукту реакції до початкової речовини. При цьому граничною температурою для кожної відновної реакції (1)–(4) буде температура у точці перетину характерних для кожної з реакцій (1)–(4) ліній енергії Гіббса ΔG_T° двох окислювальних реакцій з (1а)–(5а), для яких у літературі знайдені наступні формули для розрахунку значень вільної енергії Гіббса ΔG_T° залежно від Т (у К) [5, 6]:

$$2Si + O_2 = 2SiO \quad (1а)$$

ΔG_T° = – 208502 – 165,12·Т, Дж/моль O_2; (1.1)

ΔG_T° = – 196400 – 221,4·Т, Дж/моль O_2; (1.2)

$$2SiO + O_2 = 2SiO_2 \quad (2а)$$

ΔG_T° = – 922990 + 211,84·Т, Дж/моль O_2, Т=25÷1713°С;

ΔG_T° = – 905418 + 202,97·Т, Дж/моль O_2, Т=1713÷1900°С; (2.1)

$$Si + O_2 = SiO_2 \quad (3а)$$

ΔG_T^o = – 912237 + 180,74·T, Дж/моль O_2, T=25÷675°C;
ΔG_T^o = – 906555 + 174,05·T, Дж/моль O_2, T=675÷1025°C;
ΔG_T^o = – 902536 + 170,95·T, Дж/моль O_2, T=1025÷1417°C;
ΔG_T^o = – 911803 + 205,35·T, Дж/моль O_2, T=1417÷1713°C;
ΔG_T^o = – 902363 + 200,77·T, Дж/моль O_2, T=1713÷2227°C; (3.1)

$$2CO + O_2 = 2CO_2 \quad (4a)$$

ΔG_T^o = – 565390 + 175,17·T, Дж/моль O_2; (4.1)
ΔG_T^o = – 566307 + 175,47·T, Дж/моль O_2 при T=773÷2273 К (4.2)

$$2C + O_2 = 2CO \quad (5a)$$

ΔG_T^o = – 221120 – 179,75·T, Дж/моль O_2; (5.1)
ΔG_T^o = – 204200 – 178,6·T, Дж/моль O_2 (5.2)

Значення вільної енергії Гіббса ΔG_T^o для окислювальних реакцій (1a)–(5a) в залежності від температури T обчислювалися за наведеними виразами, що взяті з різних літературних джерел (автори – Шаповалов О. М., Борнацький І. І., Турчанін М. А. та ін.).

Залежність значень вільної енергії Гіббса ΔG_T^o від температури T (у °C) для хімічних реакцій (1a)–(5a) ілюструє рис. 2, що характеризує температурну залежність ступеня хімічної спорідненості до кисню зазначених у лівій частині наведених хімічних реакцій (1a)–(5a) початкових речовин (елементів і сполук).

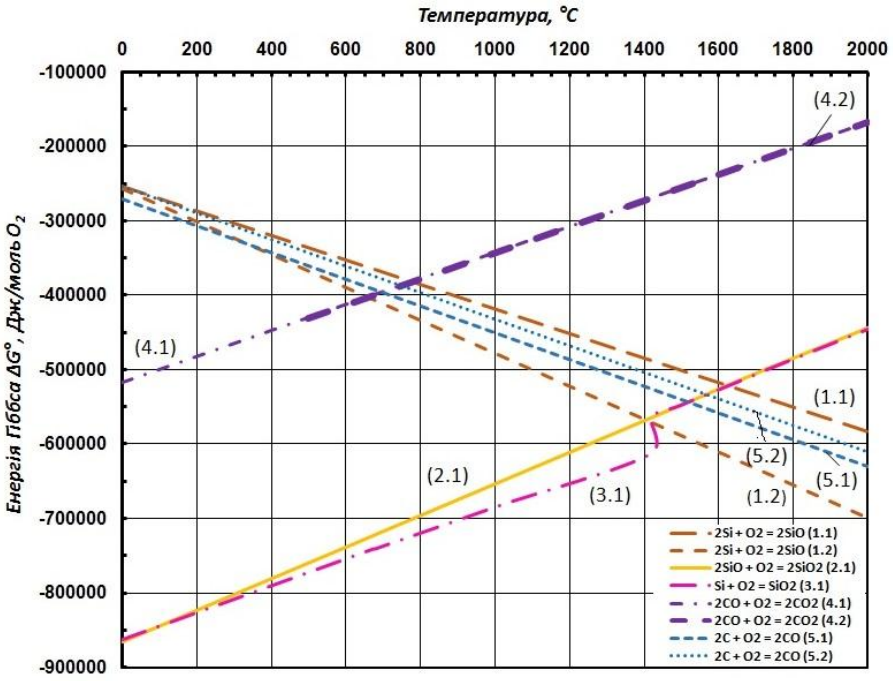


Рисунок 2 – Залежності енергії Гіббса ΔG_T^o від температури T для реакцій (1a)–(5a), що розраховані за виразами (1.1), (1.2), (2.1), (3.1), (4.1), (5.1) і (5.2).

Температура, при якій перетинаються дві лінії значень енергії Гіббса ΔG_T^o (одна – лінія для кожної з реакцій (1а)–(3а) утворення оксиду *Si*, друга – лінія реакції (4а) окислення газу *CO* до CO_2), відповідає однаковому значенню ступеня хімічної спорідненості до кисню кремнію (реакції (1а) і (3а)) або його нижчого оксиду (реакція (2а)) та відновника (реакція (4а), яким у реакціях (1)–(4) є газ *CO*, при цьому має дотримуватися умова рівності ΔG_T^o двох реакцій, наприклад для відновної реакції (2):

$$\Delta G_T^o(1а) = \Delta G_T^o(4а).$$

Тобто зазначена точка перетину відповідає тій температурі, при якій досягається рівновага реакцій відновлення *Si* з *SiO* (реакція (2)) чи *Si* з SiO_2 (реакція (3)) або (для реакції (1)) більш нижчого оксиду *SiO* з його більш вищого оксиду SiO_2 за рахунок газу *CO*. Для хімічної реакції (4) Белла-Будуара її рівноважний стан досягається у точці перетину окислювальних реакцій (4а) і (5а), тобто при дотриманні умови

$$\Delta G_T^o(4а) = \Delta G_T^o(5а).$$

Проаналізуємо дані, що отримані за непрямим методом, за наявними у літературних джерелах виразами:

– хімічні реакції (1) і (3) не можуть перебігати у діапазоні температур від 0 до 2000°С;

– хімічна реакція (2) може перебігати у діапазоні температур, які нижчі за граничну температуру $T_{гр}$, значення якої становить:

775,776°С за формулами (1.1), (4.1);
777,545°С за формулами (1.1), (4.2);
657,454°С за формулами (1.2), (4.1);
658,357°С за формулами (1.2), (4.2);

– хімічна реакція (4) може перебігати у діапазоні температур, які вищі за граничну температуру $T_{гр}$, значення якої становить: значення якої становить:

696,993°С за формулами (4.1), (5.1);
747,974°С за формулами (4.1), (5.2);
698,756°С за формулами (4.2), (5.1);
749,699°С за формулами (4.2), (5.2),

що свідчить про можливість перебігу реакції (4) газифікації твердого вуглецю (Белла-Будуара) при температурах реального процесу у відновних печах.

Висновки:

1. Незважаючи на розбіжність отриманих результатів за формулами з літературних джерел (1.1), (1.2), (2.1), (3.1), (4.1), (5.1) і (5.2) з отриманими даними за виведеними формулами (I)–(IV), всі вони свідчать про:

– неможливість перебігу хімічної реакцій (1) і (3) при температурах реального процесу у відновних печах;

– можливість перебігу хімічної реакції (2) при температурах до 657,454÷777,545°С;

– можливість перебфгу хімічної реакції (4) при температурах вище 696,993÷749,699°С (згідно формул автора числові значення дещо інші).

2. Враховуючи температури перебігу хімічної реакції (4) Белла–Будуара, перебіг реакції (2), згідно отриманих результатів за літературними даними, вірогідно, буде неможливим.

3. Через те, що отримані значення температур для відновних хімічних реакцій (1)–(4) відрізняються одне від одного у кожному випадку як за прямим, так і за непрямим методами, необхідно провести подібні дослідження за власними термодинамічними рівняннями, порівнявши значення, що будуть отримані, із значеннями, що були отримані за виведеними (власними) рівняннями для прямого методу.

Посилання

1. Пантейков С.П. Про можливість перебігу реакцій відновлення кремнію з кремнезему газом CO з позицій термодинаміки // Литво. Металургія. 2025: Матеріали XXI Ювілейної Міжнародної науково-практичної конференції і XIV Міжнародної науково-практичної конференції (27-29 травня 2025 р., м. Харків-м. Київ) / Під заг. ред. д.т.н., проф. Пономаренко О.І. – Харків, НТУ «ХПІ». – С. 441–444: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ptima.nas.gov.ua/index.php/instytut/dokumenty/451-konferentsiia-lytvometalurhiia-2025 (дата звернення: 17.03.2026 р.).
2. Пантейков С.П. Розрахунок температур перебігу хімічних реакцій процесу ступінчастого відновлення заліза з гематиту газом CO і газифікації твердого вуглецю за існуючими формулами і за стандартними значеннями ентальпії та ентропії речовин // Збірник наукових праць ДДТУ: (технічні науки) / Кам'янське: ДДТУ, 2021.- Випуск 2 (39). – С. 16–26. https://doi.org/10.31319/2519-2884.39.2021.2.
3. Ellingham Diagrams: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://web.mit.edu/2.813/www/readings/Ellingham_diagrams.pdf (дата звернення: 17.03.2026 р.).
4. Out of C and CO, which is a better reducing agent at 673K?: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.quora.com/Out-of-C-and-CO-which-is-a-better-reducing-agent-at-673K (дата звернення: 17.03.2026 р.).
5. Пантейков С.П. О восстановлении кремния из кремнезёма монооксидом углерода // Monografia pokonferencyjna "SCIENCE, RESEARCH, DEVELOPMENT #37. TECHNICS AND TECHNOLOGY" (Berlin (DE), 30.01.2021-31.01.2021). – Warszawa: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2021. – Str. 28–30.
6. Пантейков С.П. Термодинамічні дослідження за літературними даними впливу ступеня хімічної спорідненості речовин до кисню на можливість перебігу реакцій відновлення кремнію з кремнезему газом CO. // Литво. Металургія. 2025: Матеріали XXI Ювілейної Міжнародної науково-практичної конференції і XIV Міжнародної науково-практичної конференції (27-29 травня 2025 р., м. Харків-м. Київ) / Під заг. ред. д.т.н., проф. Пономаренко О.І. – Харків, НТУ «ХПІ». – С. 444–447: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ptima.nas.gov.ua/index.php/instytut/dokumenty/451-konferentsiia-lytvometalurhiia-2025 (дата звернення: 17.03.2026 р.).

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОРДОННИХ МАРОК СТАЛЕЙ І СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМІЧНОЇ ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ТРУБНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Здобувач[1]*, викладач-методист*[2] *В.Л. Пінчук,*
докт. філософії (132 Матеріалознавство), викладач[2] *Л.С. Кривчик,*
зав. кафедри[1]*, проф., д.т.н. Л.М. Дейнеко*
[1]Кафедра матеріалознавства і термічної обробки металів УДУНТ
[2]ВСП «Нікопольський фаховий коледж УДУНТ»
Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
м. Дніпро, Україна

Аспірант[3]*, заступник директора з виробництва*[4] *А.В. Панченко*
[3]Каф. технології машинобудування, верстатів та інструментів Сумського державного університету
[4]«ТОВ Карбаз»
м. Суми, Україна

Процес пресування труб полягає у видавленні металу через кільцевий зазор, утворений матрицею і оправкою (Рис.1).

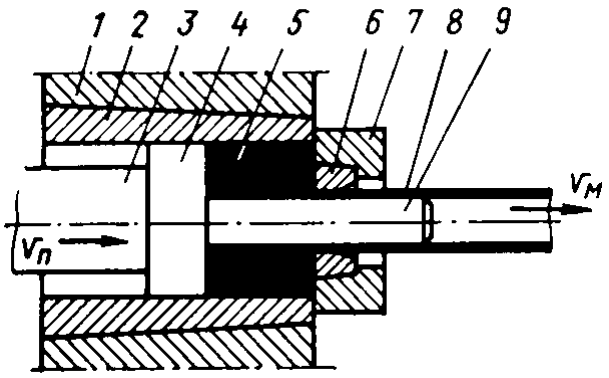


Рисунок 1 - Схема пресування труби
1 - контейнер, 2 - втулка контейнера, 3 - прес-штемпель, 4 - прес-шайба,
5 - заготовка, 6 - матриця, 7 - матрицетримач, 8 - труба, 9 - голка-оправка

При пресуванні метал випробовує всебічне нерівномірне стиснення, що значно підвищує пластичність металу і дозволяє деформувати його без руйнування з дуже високими мірами обтиснення [1].

Пресування найбільш доцільно при виробництві труб з високолегованих, малопластичних сталей і сплавів, виробів біметалічних і зі складною конфігурацією перетину. Трубопресовий інструмент працює в жорстких умовах роботи. Це значний знос, високі ударні навантаження, питомі тиски, знакозмінні умови роботи, високі температури. Підвищення експлуатаційної стійкості інструменту сприяє збільшенню продуктивності пресів і якості поверхні труб [2-3].

Для виробництва трубопресового інструменту (матричні кільця, голки – оправки, експандери трубопрофільних пресів) використовують штампові вториннотвердіючі сталі 4Х5МФ1С, 5Х3В3МФС, 4Х4В4МФС, які зміцнюють за допомогою сучасних технологій термічної і хіміко-термічної обробки (іонно-плазмове азотування поверхні інструменту, карбонітрація, прогресивних охолоджувальних середовищ, що збільшує твердість, зносостійкість, міцність, експлуатаційну стійкість і ресурс роботи трубного інструменту, а також якість внутрішньої поверхні труб, особливо при виробництві труб з високолегованих високоякісних сталей. В теперішній час для виготовлення деформуючого трубопресового інструменту використовують і закордонні марки сталей BOHLER W302 ISODISK (DIN 1.2344, ГОСТ 4Х5МФ1С), BOHLER W403, BOHLER W360 ISOBLOC, BOHLER S690 Microclean [4-6].

В роботі розглянуті сучасні тенденції у розвитку технологій термічної та хіміко-термічної обробки трубопресового інструменту, обладнання, яке для цього використовується, запропонована технологія термозміцнення трубного інструмента для виробництва корозійностійких труб (експандерів трубопрофільних пресів) з закордонної марки сталі BOHLER W302 ISODISK з проведенням низькотемпературної нітроцементації. Внаслідок запропонованої технології підвищуються міцність, зносостійкість, теплостійкість, а також твердість від 9 ГПа до 11...12 ГПа. Проведено широкий комплекс досліджень структури поверхні інструменту і промислових випробувань експандерів трубопрофільних пресів. Показано, що використання данної марки сталі і сучасних технологій термічної і хіміко-термічної обробки збільшує твердість, зносостійкість, міцність, експлуатаційну стійкість і ресурс роботи трубного інструменту, а також якість внутрішньої поверхні труб, особливо при виробництві труб з високолегованих високоякісних сталей [7].

Одним з найбільш ефективних і широко застосовуваних методів підвищення стійкості деталей і інструментів, що працюють в таких складних умовах, є хіміко-термічна обробка, при якій здійснюється зміцнення поверхні деталей і їх експлуатаційна стійкість [8-9].

Останнім часом з'явилися та застосовуються нові види термічної та хіміко-термічної обробки (карбонітрація — високотемпературна нітроцементація, нікотрування — низькотемпературна нітроцементація, іонне азотування), термомеханічна й термоциклічна обробка тощо [10].

Низькотемпературна нітроцементація подібна до низькотемпературного рідинного ціанування. Іноді цей процес називають ще низькотемпературним газовим ціануванням, або нікотруванням. Основне його призначення — підвищення твердості поверхні деталі, міцності, довговічності, опору спрацюванню [11-13].

Нітроцементацію проводять в шахтних муфельних електропечах після механічної і термічної обробки. Найбільш перспективні для промислового використання методи і способи нітроцементації: в порошкоподібних сумішах

з використанням герметизованих контейнерів, газове, рідинне. Глибина шару нітроцементації становить 0,02–0,05 мм. Тривалість низькотемпературної нітроцементації дана в табл. 1.

Таблиця 1 — Тривалість нітроцементації при 570 °С

Насичуюче середовище	Тривалість процесу, год
Екзогаз (90%N_2,10%CO_2) + 50% продуктів піролізу гасу, спирту або сінтіна + 50% аміаку	1–6
Ендогаз (40%H_2,20%CO,40%N_2) + 25% аміаку Екзо- і ендогаз (20%H_2,20%CO,60%N_2) + 50% аміаку	0.5–3

Нітроцементації найбільш часто піддаються леговані сталі. У дифузійному шарі нітроцементованої сталі утворюються ті ж фази, що і при нітроцементації заліза. ε-фаза, отримана на сталях, носить карбонітридний характер, тобто на основі гексагональної решітки ε-фази утворюється комплексний твердий розчин з проникненням в решітку із залізних атомів азоту і вуглецю. Утворена γ-фаза також носить карбонітридний характер [14-15].

Утворення ε-фази тягне за собою розчинення легованих нітридів у поверхневій частині шару.

Характерною особливістю дифузії азоту в фериті, який легований алюмінієм, молібденом, вольфрамом, хромом, а також кремнієм, є просування багатої азотом ε-фази по границям зерна. Всі перехідні метали (вольфрам, молібден, хром, марганець і нікель), а також кремній, в значній мірі зменшують глибину нітроцементованого шару [16].

Одночасно зі зменшенням глибини ε-фази під впливом легувальних елементів спостерігається і зменшення концентрації азоту в ε-фазі. Під впливом алюмінію концентрація азоту не тільки не зменшується, а, навпаки, дещо зростає.

Зносостійкість нітроцементованого шару вища, ніж цементованого на 40-60 % [17-19].

Це свідчить про те, що більш висока зносостійкість нітроцементованого шару пов'язана зі специфічною дією азоту на опір стирання.

Широко застосовуються процеси нітроцементації в газових середовищах (в аміаку, в аміаку із природним газом, триетаноламіном, в аміаку з ендогазом або екзогазом); у рідких середовищах (у соляних, ціанідо-ціанітних); у вакуумі, тліючому розряду, а також проведення процесів під тиском, імпульсної подачі насичуючих середовищ, розведення аміаку азотом, азото-водородними сумішами, повітрям та ін [20-23].

Основні фактори, що впливають на процес дифузії при ХТО:

- кристалічна структура розчинника – дифузія таких елементів як вуглець, азот, цинк, хром, молібден, вольфрам та інших протікає в a-залізі швидше, ніж у g-залізі;

- природа дифузного елемента - зі збільшенням атомного діаметра дифузного елемента енергія активації дифузії зростає. Найбільший коефіцієнт дифузії в залізі мають елементи з малим атомним діаметром (водень, азот, вуглець, бор), що утворюють тверді розчини втілення;

- концентрація дифузного елемента - впливає як на коефіцієнт дифузії елемента, так і на коефіцієнт самодифузії основного металу. Наприклад, вуглець прискорює самодифузію заліза у сталі з концентрацією вуглецю 1,1% коефіцієнт самодифузії заліза при 960°С у 16 разів більше, ніж у безвуглецевому залізі. Коефіцієнт дифузії вуглецю при температурі 1127°С сталі з концентрацією вуглецю до 0,8% змінюється мало, а при збільшенні концентрації вуглецю до 1,7% різко збільшується;

- наявність в основному металі легуючих елементів. Введення в основний метал легуючих елементів може або прискорювати або уповільнювати швидкість дифузії насичуючого елемента. Дифузію вуглецю в аустеніті збільшують некарбідоутворюючі елементи – нікель, кобальт, мідь, сірка, фосфор, (кремній збільшує дифузію вуглецю в аустеніті до ≈ 950°С, а при підвищенні температури уповільнює), а карбідоутворюючі елементи (марганець, вольфрам та ін.) уповільнюють її, при цьому вольфрам сильніше уповільнює (≥2 рази) дифузію вуглецю порівняно з молібденом, а хром у 20 разів уповільнює дифузію вуглецю порівняно з марганцем [24-27].

Матеріали та методика досліджень

В даній роботі на ТОВ «Карбаз» була проведена зміцнююча термообробка експандерів з використанням низькотемпературної нітроцементації. Експандери були виготовлені з сталі BOHLER W302 ISODISK (DIN 1.2344, ГОСТ 4Х5МФ1С). Хімічний склад сталі: C = 0,39%, Si = 1,1%, Mn = 0,4%, Cr = 5,2%, Mo = 1,3%, V = 0,95%.

Термообробка сталі була слідуючою:

1. Відпал для зняття остаточної напруги

Нагрів деталі в печі до Т = 650°С (швидкість нагріву 5-10°С/хв), витримка 1 год. після вирівнювання температури на поверхні та в центрі виробу, після цього – повільне охолодження в печі зі швидкістю приблизно 20°С/год. до температури приблизно 200°С, після чого охолодження до кімнатної температури поза піччю.

2. Гартування

1-й прогрів: нагрів деталі в печі зі швидкістю 5°С/хв. до Т=550°С, витримка 45 хвилин.

2-й прогрів: нагрів деталі в печі зі швидкістю 5°С/хв. від Т=550°С до Т=850°С, витримка 30 хвилин.

Гартування: нагрів зі швидкістю 5°С/хв. від Т=850°С до Т=1070°С, витримка 30 хвилин (прогрів 10 хв. + витримка 20 хв.). Відлік часу почато від моменту досягнення в печі вказаної температури.

Охолодження: у підігрітому до температури 80-100°С маслі.

3. Відпуск проведено триступеневий – одразу після гартування.

1-й відпуск (проводимо одразу з охолодженням після гартування): нагрів деталі в печі зі швидкістю 5°С/хв до Т=510°С, витримка 2 години, охолодження на повітрі. Перевірити твердість (повинна бути в діапазоні ~60-61 HRC).

2-й відпуск (для отримання робочої твердості ~59...61 HRC): нагрів деталі в печі зі швидкістю 5°С/хв до Т=550°С, витримка 2 години, охолодження на повітрі. Перевірити твердість (повинна бути в діапазоні 58...61 HRC).

3-й відпуск (для зняття напруги після ТО): нагрів деталі в печі зі швидкістю 5°С/хв до Т=520°С, витримка 2 години, повільне охолодження в печі.

Далі низькотемпературна нітроцементація при 530-540^{0}С;

Фінішна механічна обробка.

1. Зняття напруги (рекомендується після фінішної обробки інструменту, наприклад після електроерозійної обробки або фінішного шліфування). Нагрів в печі до Т=520°С, витримка 2 години (для зняття остаточної напруги). Нагрівати зі швидкістю 5°С/хв до Т=520°С, витримати 2 години, повільне охолодження в печі. Результати заміру мікротвердості сталі показані в таблиці 2. Графік термообробки сталі наведено на рис. 2.

Таблиця 2 - Результати заміру мікротвердості сталі BOHLER W302 ISODISK після загартування з відпуском і нітроцементації

№ виміру	Відстань від поверхні, мм	Діагональ, мкм	Твердість (HV $_{0,1}$)
1	0,018	12,6	1167,3
2	0,0195	11,1	1509,8
3	0,03	11,7	1354,9
4	0,039	13,8	974,8
5	0,0501	15,3	791,7
6	0,06	16,2	707
7	0,069	16,5	681
8	0,087	15	823,7
9	0,117	16,5	681
10	0,135	17,4	612,9
11	0,153	17,8	502,9
12	0,171	18	502,9
13	0,189	18,2	535,9
14	0,207	18,4	519,1

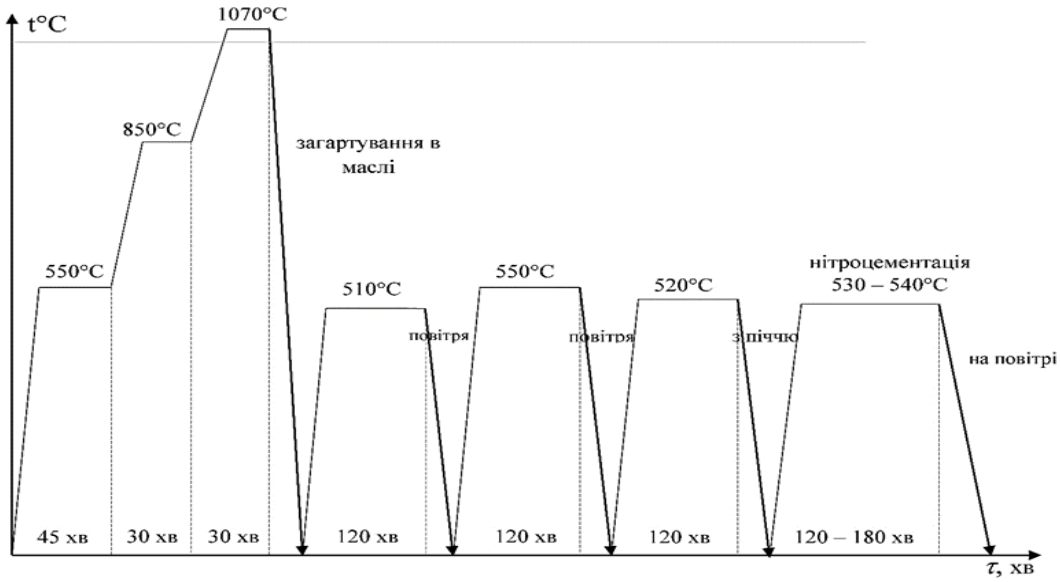


Рисунок 2 – Графік термообробки інструменту з використанням нітроцементації

Розподіл мікротвердості зміцненого шару показаний на рис. 3



Рисунок 3 – Розподіл мікротвердості зміцненого нітроцементацією шару сталі BOHLER W302 ISODISK

Після нітроцементації на поверхні інструменту формується зміцнений шар, що складається з декількох зон (верхній шар являє собою Ɛ - карбонітрид типу $Fe_3(NC)$, під яким розташовується зона γ′- фази типу $Fe_4(NC)$, під якою знаходиться дифузійна зона (гетерофазний шар), яка складається з твердого розчину вуглецю і азоту в залізі з включеннями карбонітридних фаз, твердість якої значно вища твердості серцевини [28-30]

Властивості сталі до нітроцементації:

Відпал
Твердість (HB) макс. 229
Загартування та відпуск
Твердість (HRC) від 30 до 44

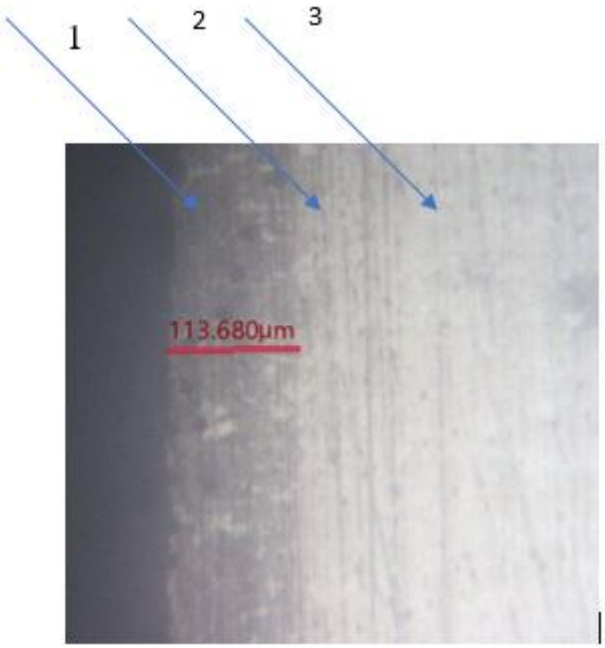


Рисунок 4 - Мікроструктура зміцненого шару сталі BOHLER W302 ISODISK, x 500

1 - Ɛ - карбонітрид типу $Fe_3(NC)$; - γ′- фаза типу $Fe_4(NC)$; - гетерофазний шар

Термокінетична діаграма сталі наведена на рис. 5

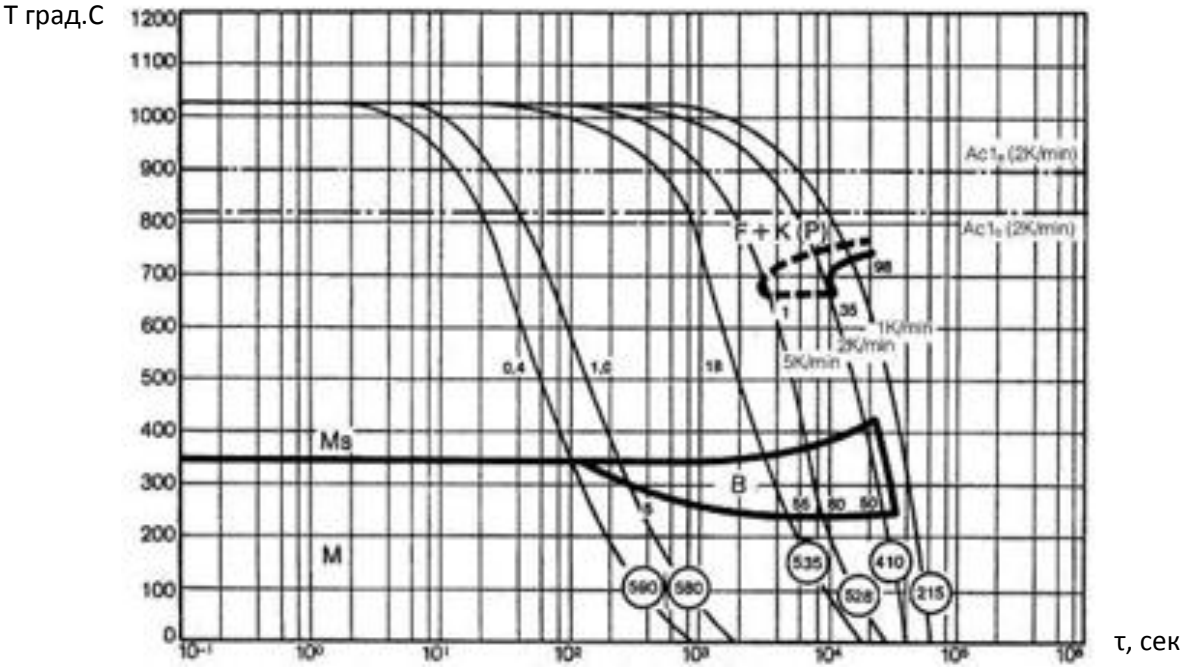


Рисунок 5 - Термокінетична діаграма сталі BOHLER W302 ISODISK

Зміна твердості загартованої сталі в залежності від температури відпуску показана на рис. 6

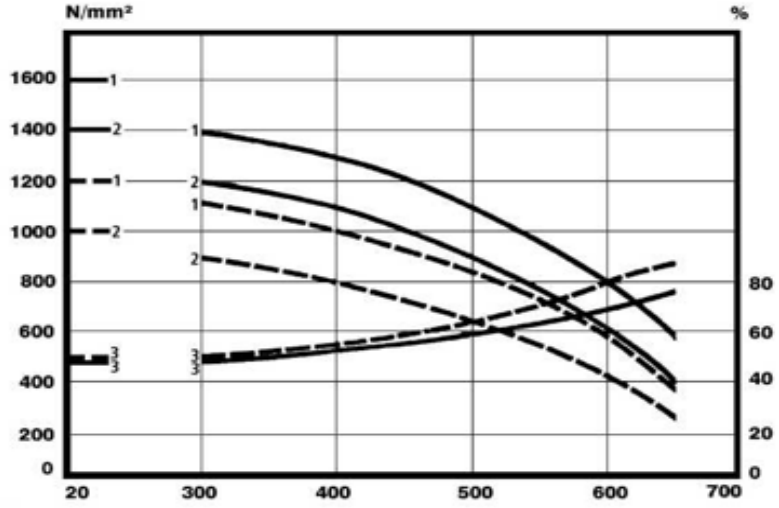


Рисунок 6 - Зміна твердості загартованої сталі в залежності від температури відпуску [31]

_____термічно оброблений 1600 Н/мм^2
_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ термічно оброблений 1200 Н/мм^2
1... Міцність на розрив, Н/мм^2; 2... Границя плинності 0,2%, Н/мм^2; 3... Зменшення площі %

Таблиця відпуску для даної сталі показана на рис. 7

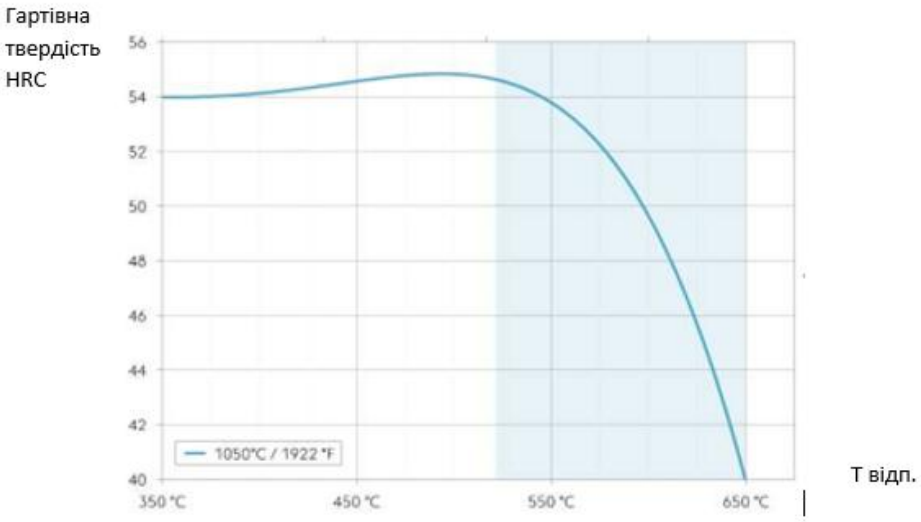


Рисунок 7 - Рекомендований діапазон температур відпуску

Рекомендований діапазон температур відпуску даної сталі позначено синьою зоною на таблиці.

Діфрактограма поверхні зразку сталі BOHLER W302 ISODISK наведена на рис.8

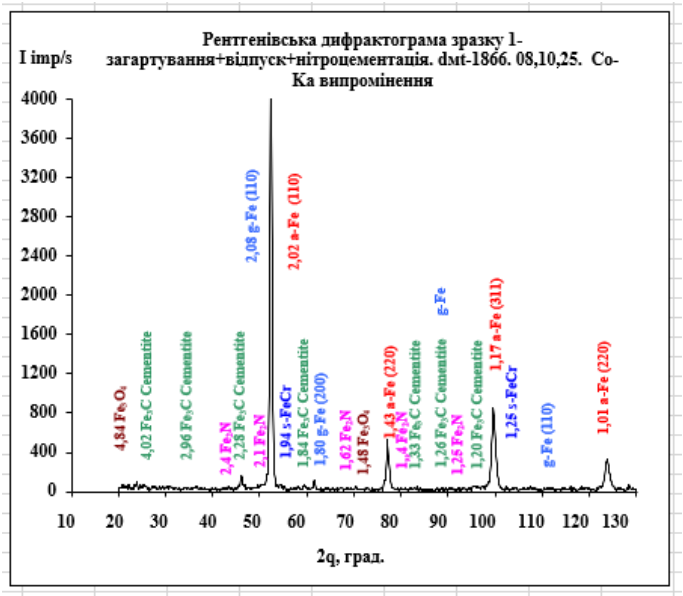


Рисунок 8 - Дифрактограма поверхні зразку сталі BOHLER W302 ISODISK після загартування, відпуску і нітроцементації

Випробування інструменту після зміцнюючої обробки виконано на пресовій дільниці ТОВ «ВО ОСКАР» (м. Дніпро) (Рис.9).



Рисунок 9 - Випробування трубного інструменту на ТОВ «ВО ОСКАР» (м. Дніпро)

Результати випробувань: якщо стійкість експандерів зі сталі BOHLER W302 ISODISK після звичайного термозміцнення складає 90 – 100 пресовок, то експандери, додатково піддані хіміко-термічній обробці (нітроцементації) показали стійкість 130 – 140 пресовок внаслідок більш високої твердості, теплостійкості, утворення особливої структури на поверхні внаслідок проведення хіміко-термічної обробки.

Азот і вуглець, присутні в азотованому шарі, сповільнюють процеси перетворення твердих розчинів і коагуляцію карбонітридних фаз, внаслідок чого висока твердість шару зберігається до температур вище 650^0 С. В результаті поверхня інструменту набуває в 1,5 - 2 рази вище твердість і експлуатаційну стійкість в порівнянні з звичайним загартуванням і відпуском [32].

Висновки

1. Низькотемпературна нітроцементація закордонної сталі BOHLER W302 ISODISK в азото- і вуглецевмісній речовині дозволяє отримати карбонітридні фази, більш подібні класичним фазам, що утворюються при азотуванні, за рахунок більшої активності атомарного азоту ніж атомарного вуглецю при температурі 530 - 540 °С протягом 4 - 5 годин.
2. При підвищенні температури ХТО від 540 °С до 650 °С протягом 4 - 5 годин збільшується глибина дифузійного шару від 180 до 350 мкм з пониженням поверхневої твердості від 11 ГПа до 7 ГПа відповідно.
3. Запропонована технологія забезпечує отримання твердості поверхні до 11 ГПа з загальною глибиною дифузійного шару ~ 230 - 240 мкм.
4. Нова технологія з використанням нітроцементації з використанням триетаноламіну, замість азотування дозволяє скоротити тривалість насичення атомарними елементами, що дозволяє отримати необхідні експлуатаційні властивості та суміщати насичення поверхневого шару атомарним азотом з відпуском, а також дозволить повністю відійти від використання дорогого, небезпечного на виробництві і шкідливого для здоров'я людей газу (аміаку, ендогазу, екзогазу, та ін.) під час проведення обробки інструменту.

Посилання

1. Логинов Ю.Н. Инструмент для прессования металлов: учеб. пос. / Ю.Н. Логинов, Ю.В. Игнатович. – Екатеринбург: Уральский университет, 2014. – 224 с.
2. Беляев С.В. Конспект лекций по технологии прессования / С.В. Беляев, И.Н. Довженко, Р.Е. Соколов, Э.А. Рудницкий, А.С. Пещанский. – Красноярск, 2007.
3. Гавриленко О.В. Основи технології виробництва труб методом гарячого пресування : навчальний посібник. Харків : ХНАДУ, 2017. 144 с.
4. Лахтин Ю. М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. – М.: Металлургия, 1985. – 256 с.
5. Минкевич А.Н. Химико-термическая обработка стали. – М.: Машгиз, 1950. – 432 с.
6. А. с. 1161585 СССР, МПК7 С 23 С 8/32. Способ химико-термической обработки изделий из конструкционных сталей / В.П. Деев, И.И. Строгонова, Г.А. Черкизов и В.А. Гончаренко (СССР). – № 3638958/22–02; заявл. 24.06.83; опубл. 15.06.85, Бюл. № 22.
7. Technologie der Salzschmelzen: Warmebehandlung, Hartetechnik, Warmeubertragung, Reinugung / Ulrich Baudis und Michael Kreutz. [Durferrit] – Landsberg / Llech: Verl. Moderne Industrie, 2001. – 84 s.

8. Лахтин Ю. М. Перспективы развития низкотемпературных процессов химико-термической обработки // Повышение надежности и долговечности деталей машин и инструмента методами химико-термической обработки: Сб. науч. тр. / МАДИ. – М: МАДИ, 1981. – С. 4–11.
9. Technologie der Salzschmelzen: Warmebehandlung, Hartetechnik, Warmeubertragung, Reinugung / Ulrich Baudis und Michael Kreutz. [Durferrit] – Landsberg / Llech: Verl. Moderne Industrie, 2001. – 84 s.
10. Шапочкин В. И. Влияние содержания азота на структуру и свойства нитроцементованной стали / В.И. Шапочкин // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2010. – №9. – С. 12–18.
11. Дяченко С.С., Дощечкіна І.В., Мовлян А.О., Плешаков Е.І. – Матеріалознавство: Харків: ХНАДУ, 2007. – 440 с.
12. Прокошкин Д.А. Химико-термическая обработка металлов карбонитрация / Д. А. Прокошкин. – М. : Металлургия ; Машиностроение, 1984. – 240 с.
13. Полевой С. Н., Евдокимов В. Д. Упрочнение металлов. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
14. Афтанділянц Є.Г., Зазимко Є.В., Лопатько К.Г. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник. Київ: НАУ, 2008р. 234 с.
15. Косенко В. А., Кадомський С.В. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство: підручник. Київ: Університет «Україна», 2012 р. 267 с.
16. Більченко О.В., Дудка О.І., Лобода П.І. Матеріалознавство: навчальний посібник, К.: Кондор, 2009. 154 с.
17. Боброва Т.Б., Високос С.М., Глушко Ю.Ю., Пеховка М.В. та інші Матеріалознавство: навчальний посібник. Київ: Ресурсний центр «Гурт». 2019. 167 с.
18. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Цеханський Д.Н., Пінчук В.Л. Особливості виробництва труб пресуванням. Шляхи підвищення стійкості трубопресового інструменту, XIII-а Всеукраїнська конференція «Молоді вчені 2023 – від теорії до практики» м. Дніпро 23 березня 2023 р.
19. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С. Використання хіміко-термічної обробки для покращення експлуатаційних властивостей трубопресового інструменту // Матеріали Всеукраїнської конференції «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку» Національна металургійна академія України, м. Дніпро, 18 грудня 2019 р. С. 72-76.
20. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Хохлова Т.С. «Шляхи зміцнення трубопресового інструменту для виробництва корозійностійких труб з метою покращення його експлуатаційних характеристик» // V Международная научно-практическая конференция THEORY AND PRACTICE OF SCIENCE: KEY ASPECTS. Рим. Італія. 7-8 ноября, 2021, С. 349-371
21. Кривчик Л. С., Пінчук В.Л., Хохлова Т. С., Столбовий В.О. Зміцнення інструменту для холодної роликової прокатки корозійностійких труб шляхом проведення хіміко-термічної обробки і нанесення зносостійких покрить //XVI-а міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті» Болгарія Технічний університет м. Варна, 31 травня – 03 червня 2021 р С. 88-95

22. Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Хохлова Т.С. Вибір зміцнюючої технології трубопресового інструмента для виробництва нержавіючих труб // VIII Міжнародна науково-практична конференція «Modern problems in science», Прага, Чехія, 9-12 листопада 2020 р., С. 699-707
23. Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Карпова Т.П. Інструмент для пресування нержавіючих труб і технологія його термічної обробки // Матеріали III Міжнародної конференції «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» Нідерланди, м. Амстердам, 12-14 листопада 2019 р., С. 252-258.
24. Andrea Szilagyine Biro. Trends of nitriding processes. Production Processes and Systems. 2013. vol. 6., №1. P. 57-66.
25. Axinte Mihai, Nejneru Carmen, Perju Manuela Cristina, Cimpoe§u Nicanor, Hopulele Ion, Research on hollow cathode effect and edge effect avoidance in plasma nitriding treatment. Tehnomus New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies, no.18, Suceava, 2011, P.181-184.
26. S.H. Yao. Evaluation of TiN/AlN nano-multilayer coatings on drills used for micro-drilling // Surface and Coatings Technology. 2005, v. 197, P. 351-357.
27. С.Г.Цих, В.И.Гришин, А.В.Супов, В.Н.Лисицкий, Ю.А.Глебова Развитие процесса карбонитрации/ С.Г.Цих // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2010. – №9. – С. 7–12.
28. Chatterjee - Fisher R. (1990) Nitriding and carbonitriding: textbook. Per. with him. / R. Chatterjee – Fisher, F. Ayzell, edited by A.V. Supova.– M.: Metallurgy
29. Спосіб хіміко-термічної обробки трубопресового інструменту з інструментальної сталі: пат. на корисну модель № 146692 М.В.Могиленець, Л.С.Кривчик, К.О.Думенко, В.Л.Пінчук, Т.С.Хохлова – 10.03.2021 р.
30. Куликов І. В. Вплив технологічних факторів на якість труб, отриманих методом гарячого пресування: дис. ... канд. техн. наук : 05.16.01. Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. Х., 2011. 197 с.
31. Особливості карбонітрації і нітроцементації штампових сталей для виготовлення трубного інструменту для виробництва корозійностійких труб пресуванням», Дейнеко Л.М., Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., А.О. Тараненко, О.С.Баскевич, А.В.Панченко, The 12th International scientific and practical conference “European congress of scientific discovery” (November 10-12, 2025) Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 2025. 533 p. ISBN 978-84-15927-30-3.
32. Особливості хіміко-термічної обробки трубопресового інструменту з вітчизняних і зарубіжних сталей з метою їх зміцнення для роботи в важких умовах експлуатації, Кривчик Л.С., Пінчук В.Л., Дейнеко Л.М., Панченко А.В., А.О.Тараненко VIII Міжнародна конференція «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід», 20-24 грудня 2025 р. ISBN 978-617-8737-45-0.

ШВИДКОРІЗАЛЬНІ СТАЛІ В УКРАЇНІ: ВЛАСТИВОСТІ ТА ГАРМОНІЗАЦІЯ З МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

Аспірант Є.Л. Повзло
Керівник - доц., канд. техн. наук К.О. Чорноіваненко
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Швидкорізальні сталі (High-Speed Steels, HSS) є одним із ключових матеріалів сучасного інструментального виробництва. Вони застосовуються для виготовлення різального інструменту, який працює в умовах високих температур і значних механічних навантажень. Основними вимогами до таких матеріалів є висока твердість, зносостійкість, теплостійкість і стабільність структури при температурах до 600-650 °С [1].

Нормативне регулювання таких матеріалів здійснюється відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 4957:2007 Сталі інструментальні, який гармонізований із європейськими та міжнародними вимогами і передбачає уніфіковану систему позначення сталей на основі їх хімічного складу та властивостей [2].

Разом з тим, у вітчизняній промисловості та науково-технічній літературі досі широко використовується традиційна система маркування швидкорізальних сталей, що сформувалася ще за радянських часів. Найбільш поширеними залишаються марки типу Р18, Р6М5, Р6М5К5 та інші, які добре відомі технологам і інженерам, а також мають усталену практику застосування. Така ситуація пояснюється спадковістю виробничих процесів, наявністю значного обсягу довідкових даних, а також звичністю цих позначень у професійному середовищі.

У стандарті ДСТУ EN ISO 4957:2007 передбачено іншу систему ідентифікації інструментальних сталей, яка базується на європейських підходах до класифікації матеріалів. Вона забезпечує більшу уніфікацію та взаємозамінність продукції на міжнародному рівні, однак її впровадження в Україні відбувається поступово. На практиці це призводить до паралельного використання двох систем маркування, що інколи ускладнює інтерпретацію технічної документації та вибір матеріалів.

Таким чином, для сучасного етапу розвитку машинобудування в Україні характерним є поєднання традиційних підходів до позначення швидкорізальних сталей із поступовим переходом до міжнародних стандартів. Це зумовлює необхідність встановлення відповідностей між національними марками (Р18, Р6М5 тощо) та їх аналогами за ДСТУ EN ISO 4957:2007, що є важливим як для наукових досліджень, так і для практичного застосування в умовах інтеграції у світовий ринок.

У міжнародній практиці використовуються стандарти ASTM A600 (США), ISO 4957, JIS G 4403 (Японія) та BS 4659 (Велика Британія). Порівняння цих стандартів є важливим для забезпечення сумісності

матеріалів, оптимізації вибору інструментальних сталей та впровадження сучасних технологій у виробництві металорізального інструменту.

Експлуатаційні характеристики швидкорізальних сталей визначаються комплексною дією легуючих елементів. Основну роль відіграє вуглець, який забезпечує утворення карбідів та сприяє формуванню мартенситної структури після гартування. Підвищення вмісту вуглецю призводить до зростання твердості та зносостійкості, але одночасно знижує ударну в'язкість матеріалу. Вольфрам і молібден є основними карбідоутворюючими елементами. Вони формують стабільні карбіди, які забезпечують збереження твердості при підвищених температурах. Заміна частини вольфраму молібденом дозволяє зменшити розмір карбідів і підвищити пластичність сталі. Ванадій утворює надтверді карбіди, що значно підвищують абразивну зносостійкість інструменту. Однак надмірний вміст ванадію ускладнює процес шліфування та обробки інструменту. Хром забезпечує високу прогартованість сталі та бере участь у формуванні карбідної фази. Кобальт не утворює карбідів, але підвищує теплостійкість сталі, посилюючи ефект вторинного твердіння [3]. Таким чином, властивості швидкорізальних сталей визначаються складним балансом між легуючими елементами, які формують структуру мартенситної матриці з карбідними фазами.

Однією з основних проблем виробництва швидкорізальних сталей є карбідна неоднорідність, яка виникає під час кристалізації злитків. У процесі затвердіння формується карбідна сітка, що негативно впливає на механічні властивості матеріалу. Для її усунення застосовується інтенсивна пластична деформація (кування або прокатка), що сприяє руйнуванню карбідної структури. У радянському стандарті ГОСТ 19265-73 для оцінки карбідної неоднорідності використовувалася спеціальна бальна система. Вона передбачає дві шкали оцінювання залежно від типу легування сталі.

Іншою важливою характеристикою є розмір зерна аустеніту, який визначає стійкість матеріалу до крихкого руйнування. Для оцінювання зернистості використовується метод Снайдера-Граффа. ГОСТ встановлює більш жорсткі вимоги до дрібнозернистості, ніж більшість міжнародних стандартів. Це дозволяє компенсувати можливі структурні дефекти литого металу.

Аналіз міжнародних стандартів показує, що більшість сталей, які регламентувалися радянським ГОСТ мають міжнародні аналоги. Сталь Р18 є класичною вольфрамовою швидкорізальною сталлю. Її аналогами є сталі Т1 (ASTM), HS18-0-1 (ISO) та SKH2 (JIS). Вона характеризується високою теплостійкістю та хорошою здатністю до шліфування. Сталь Р6М5 є найпоширенішою швидкорізальною сталлю у світі. Її аналогами є М2 (ASTM), HS6-5-2 (ISO) та SKH51 (JIS). Завдяки частковій заміні вольфраму молібденом ця сталь має більш дрібну карбідну структуру та кращу технологічну пластичність. Сталь Р6М5Ф3 відноситься до високованадієвих сталей і характеризується підвищеною зносостійкістю. Її аналогами є М3 Class 2 та HS6-5-3. Вищий вміст ванадію у західних аналогах забезпечує

кращу зносостійкість, але знижує технологічність обробки. Сталь Р6М5К5 є кобальтовою модифікацією універсальної швидкорізальної сталі. Вона відповідає міжнародній марці М35 і застосовується для обробки високоміцних і нержавіючих сталей. Сталь Р9М4К8 характеризується високим вмістом кобальту та призначена для обробки жароміцних матеріалів. Її аналогами є HS10-4-3-10 та М42.

Радянські стандарти приділяють значно більше уваги контролю мікроструктури, зокрема карбідної неоднорідності та розміру зерна. Треба зазначити, що міжнародні стандарти часто допускають більший вміст вуглецю та ванадію для підвищення зносостійкості інструменту. Ще одна відмінність полягає в тому, що у радянських марках активно використовувалося мікролегування азотом і ніобієм, що дозволяло забезпечити дрібнозернисту структуру та зменшити витрати вольфраму.

У сучасній металургії швидкорізальних сталей все більшого поширення набуває порошкова металургія. Ця технологія дозволяє отримувати сталі з надзвичайно рівномірним розподілом карбідів. Завдяки швидкому охолодженню частинок розплаву формується дрібнодисперсна структура, яка практично не має карбідної ліквації. Порошкові сталі демонструють вищу зносостійкість, стабільність розмірів та покращені механічні властивості. Саме тому у світовій практиці широко використовуються порошкові аналоги традиційних швидкорізальних сталей.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що швидкорізальні сталі залишаються одним із базових матеріалів інструментального виробництва завдяки поєднанню високої твердості, зносостійкості та теплостійкості. Їх експлуатаційні властивості визначаються складною взаємодією легуючих елементів, які формують мартенситну матрицю з дисперсними карбідними фазами.

Показано, що в Україні паралельно функціонують дві системи стандартизації — традиційна (ГОСТ, марки типу Р18, Р6М5) та міжнародна, представлена стандартом ДСТУ EN ISO 4957:2007. Незважаючи на гармонізацію з європейськими нормами, впровадження нової системи маркування відбувається поступово, що зумовлює необхідність встановлення відповідностей між різними стандартами.

Встановлено, що більшість вітчизняних швидкорізальних сталей мають прямі міжнародні аналоги (М2, М35, М42 тощо), однак між ними існують відмінності у хімічному складі та підходах до нормування властивостей. Зокрема, радянські стандарти характеризуються більш жорсткими вимогами до мікроструктури (карбідна неоднорідність, розмір зерна), тоді як міжнародні — орієнтовані на експлуатаційні характеристики та технологічну універсальність.

Таким чином, подальший розвиток використання швидкорізальних сталей в Україні пов’язаний із гармонізацією стандартів, удосконаленням системи маркування та впровадженням сучасних підходів до легування і контролю мікроструктури, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності інструментальних матеріалів на міжнародному ринку.

Посилання

1. Potekaev A. I., Gromov V. E., Ivanov Yu. F. та ін. High-Speed Steel After Tempering and Electron Beam Processing: Structure and Properties. – Singapore: Springer, 2025. – 98 p.
2. ДСТУ EN ISO 4957:2007 Сталі інструментальні. Технічні умови. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ України, 2011. 44 с.
3. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні : навчальний посібник / В. О. Залога, В. Д. Гончаров, О. О. Залога; за заг. ред. В. О. Залоги. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 371 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПРИ ЗМІНІ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Аспірант А. С. Пугач, аспірант О. В. Братута
Керівник – доц., канд. техн. наук І. Л. Решетняк
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

На сьогодні накопичений багатий досвід у галузі дослідження впливу якості електроенергії на роботу асинхронних двигунів із короткозамкненим ротором [1-4]. Так, наприклад, при вивченні питань, пов'язаних з кількісною оцінкою шкоди вищевказаних електромеханічних перетворювачів, що працюють в умовах несиметрії напруги живлення, автори роботи [1] зробили висновок, що при наявності викривлення живлячої напруги температура обмоток двигуна підвищується на 25%, В [2] вказується, що при роботі асинхронних двигунів в умовах несинусоїдності напруги живлення мають місце такі негативні фактори, як зниження коефіцієнта потужності і крутного моменту на валу електричної машини. Встановлено [3], що кожні 2,5% збільшення напруги живлення призводять до зростання втрат в асинхронному двигуні на 3-3,9% і збільшення споживаної реактивної потужності майже на 5%, що негативно позначається на енергоефективності його роботи [4].

Відомо також, що за наявності спотворень напруги живлення особливу увагу слід приділяти системам електроприводів, оскільки це призводить до зниження їх надійності та ефективності і, як наслідок, до істотного зниження техніко-економічних показників багатьох виробництв. При зниженні якості

електроенергії відбувається збільшення втрат потужності в асинхронних двигунах (АД), що зумовлює їхнє підвищене нагрівання. А це, у свою чергу, сприяє інтенсивному старінню ізоляції та, зрештою, її пробою.

Раптова відмова електродвигуна, що знаходиться в технологічній лінії, може також призвести до значної економічної шкоди. Крім того, вищі гармоніки та несиметричні режими зумовлюють недовикористання засобів компенсації реактивної потужності (батарей конденсаторів та синхронних компенсаторів), що призводить до зниження коефіцієнта потужності всього підприємства. До того ж, навіть за існуючих тарифів, значно збільшується оплата за електроенергію, яка є домінуючою складовою в загальній сумі капітальних та експлуатаційних витрат більшості електрообладнання, що використовується на виробництві [4].

Так протягом року електромашинний перетворювач малої та середньої потужності споживає обсяг електроенергії, яка в 3-5 разів дорожча за сам двигун. Водночас до 75% електроенергії на виробництві споживається саме АД такої потужності (до 75 кВт). Тому зниження ККД двигуна, внаслідок того, що він живиться неякісною електроенергією, навіть на один відсоток означає суттєву економічну шкоду для будь-якого підприємства.

Загалом розглядають три основні складові джерела економічної шкоди: технологічну, енергетичну (електромагнітну) та пов'язану зі скороченням ресурсу електродвигуна. Перша з них при роботі електроприводів в умовах неякісної напруги розраховується виходячи з вартості встановленого обладнання, ймовірнісних характеристик відмови та інших параметрів [4]. Основним фактором, що визначає технологічну складову, що розглядається, є зниження надійності системи електроприводу викликане прискореним старінням ізоляції внаслідок її додаткового нагріву, а також підвищеною вібрацією агрегату і пов'язаним з цим руйнуванням механічних вузлів. Все це призводить до відмови АД і якщо він є складовою технологічного обладнання, погіршується якість або знижується кількість продукції, що випускається.

У цілому ж технологічна складова шкоди, що виражається у зменшенні продуктивності та зниженні якості продукції, що повністю випускається, повністю визначається специфікою виробництва та підлягає, при необхідності його обліку, оцінці за індивідуальними методиками. Враховуючи, що найбільш поширені приводи насосних, компресорних і вентиляційних систем приводять зазвичай до несуттєвого значення першої складової шкоди, великий інтерес представляє тільки остання з них.

Електромагнітна складова пов'язана, насамперед, із підвищенням споживання активної та реактивної електроенергії, і навіть падінням ефективності компенсуючих пристроїв (батарей конденсаторів чи синхронних компенсаторів). Її оцінка менш проблематична, оскільки пов'язана з розрахунком вартості електроенергії, що додатково споживається двигуном. Але й у разі відомі методики визначення шкоди досить суперечливі.

Так відповідно до найбільш поширеної з них додаткові потужності, що споживаються АД внаслідок несиметрії напруги живлення і несинусоїдності споживаного струму, розраховуються за такими залежностями:

$$\Delta P_{нсим} = 2,41 \cdot k_п^2 \cdot \Delta P_{ном} \cdot K_{2U}^2 \; ; \qquad (1)$$

$$\Delta P_{нсин} = \Delta P_{ном} \cdot k_п^2 \sum_{\nu} \left(\frac{U_\nu^2}{\nu} \right)^2 (\sqrt{\nu} + \sqrt{\nu \pm 1}), \qquad (2)$$

де $\Delta P_{ном}$ - втрати в АД при допустимих показниках якості; $k_п$ - кратність пускового струму; K_{2U} - коефіцієнт зворотної послідовності; U_ν - напруга ν-ї гармонійної складової.

Очевидно, що тут не враховується те, що причиною збільшення втрат при такому живленні електродвигуна є наявність в струмах складових не тільки зворотної, але і нульової (при з'єднанні обмоток трикутник) послідовності, що не утворює моменту, що обертає. У той же час струми цих послідовностей викликають додаткові нагрівання обмоток та пульсації магнітного потоку, які призводять до втрат енергії за рахунок перемагнічування магнітопроводів та утворення вихрових струмів у них. При цьому необґрунтовано вважається, що за нормально допустимих значень ПКЕ додаткові втрати дорівнюють нулю.

І нарешті, не менш важливою складовою економічної шкоди при роботі електродвигуна в умовах неякісної електроенергії напруги живлення є скорочення терміну його служби. Останнє пов'язано, переважно зі станом ізоляції, яке, як зазначено вище, визначається температурним станом двигуна. Прогноз зазначеного стану, що передбачає використання його теплової моделі, вимагає ідентифікації параметрів останньої і популярність значення втрат активної потужності при заданій формі напруги живлення. Очевидно, що ця складова шкоди пов'язана із вартістю самого двигуна та темпом його амортизації.

Отже, ігнорування струмів нульової послідовності та спрощений підхід до оцінки теплового стану ізоляції призводять до значної похибки у визначенні економічної шкоди. Вирішенням цієї проблеми є розробка комплексної теплової та електромагнітної моделі асинхронного двигуна, що дозволить підвищити його енергетичну та економічну ефективність за умов реального промислового електропостачання з відхиленнями показників якості електроенергії.

Посилання

1. 2025. Increasing the reliability of simulation of asynchronous motor operation based on an adaptive approach. *Modern Problems of Metallurgy*. 28 (Jun. 2025), 92–113. DOI:https://doi.org/10.34185/1991-7848.2025.01.06.
2. Kuznetsov V.V., Tryputen M.M., Kuznetsov V.G., Tryputen M., Kuznetsova A., Kuznetsova Y. Choosing of asynchronous motor protection equipment in production environment (2020) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 985 (1), art. no. 012022. DOI: 10.1088/1757-899X/985/1/012022

3. Modeling of structural elements of the energy-economic model «Electric network - electric consumer» [Text] : Monograph . M. Tryputen, V. Kuznetsov, V. Kovalenko, V. Artemchuk, S. Levchenko. Karlsruhe, 2024. 138 p. DOI: https://doi.org/10.30890/978-3-98924-021-6.2024
4. Yevheniia Kuznetsova, Vitaliy Kuznetsov, Mykola Tryputen, Alisa Kuznetsova, Maksym Tryputen "Development and Verification of Dynamic Electromagnetic Model of Asynchronous Motor Operating in Terms of Poor-Quality Electric Power," 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2019, pp. 350-353. doi: 10.1109/MEES.2019.8896598

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ ВАГОНІВ ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ДІАГНОСТУВАННІ

Аспірант Д. А. Пуларія
Керівник доц., канд. техн. наук О.Г. Рейдемейстер
Український державний університет науки і технологій,
м. Дніпро, Україна

В процесі експлуатації вагони підпадають під вплив багатьох зовнішніх чинників. Волога, дія агресивних хімічних сполук, перепади температур, вібрація, дія вантажу викликають пошкодження лакофарбового покриття. У подальшому це призводить до появи корозійних пошкоджень, які в свою чергу прискорюються під впливом вищеперерахованих зовнішніх чинників та дією електричних полів.

Технічне діагностування вагонів базується на обстеженні технічного стану кожного вагона з метою визначення його реального технічного стану.

Однією з головних задач, що стоїть при технічному діагностуванні вагонів є визначення рівня корозійних пошкоджень металоконструкцій.

Вимірювання товщини елементів металоконструкцій вагонів може проводитися за допомогою різних інструментів. Так при виконанні вимірювань можуть використовуватися: скоби та лінійки, штангенциркулі, мікрометри наряду з відносно низькою вартістю недоліком їх є необхідність доступу при вимірюванні з обох сторін металу.

Цього недоліку позбавлені товщиноміри (ультразвукові, магнітні, вихрострумові та інші). При проведенні технічного діагностування вагонів використовуються, як правило, ультразвукові товщиноміри.

Робота ультразвукового товщиноміра заснована на принципі вимірювання часу проходження ультразвукового імпульсу від перетворювача

до зворотного боку об'єкту і після відбиття назад до перетворювача. При цьому дуже важливим е правильне встановлення на товщиномірі швидкості розповсюдження ультразвукові хвилі в матеріалі перед початком вимірювання та перевірка роботи товщиноміра на стандартному зразку. Таким чином можна проводити вимірювання у всіх матеріалів, де ультразвукові хвилі можуть поширюватися всередині з постійною швидкістю.

Для контролю товщини металу до 20мм необхідно застосовувати ультразвукові товщиноміри, з похибкою не більше ± 0,1мм [1].

Для визначення товщин від 20 мм і більше можна застосовувати ультразвукові товщиноміри з похибкою не більше ± 0,005 Н, де Н - номінальна товщина виробу.

Для налаштування товщиномірів на діапазон контрольованих товщин (з урахуванням марки матеріалу, шорсткості і кривизни поверхні контрольованих виробів) застосовуються стандартні зразки.

Ультразвукову товщинометрію повинен виконувати кваліфікований персонал. Підтвердження кваліфікації персоналу необхідно проводити сертифікацією відповідно до [2].

Порядок проведення ультразвукової товщинометрії включає наступні кроки:

- підготовка поверхні контролю для забезпечення контакту акустичного перетворювача ультразвукового товщиноміра з елементом конструкції вагона, що проходить вимірювання;
- вимірювання фактичних товщин елементів;
- оцінка результатів вимірювань.

Номінальну товщину елемента визначають по конструкторській документації.

Дуже важливим перед початком вимірювання фактичних товщин елементів ультразвуковим методом є необхідність підготовки поверхні елементів конструкції. Поверхня елемента, де здійснюється вимірювання, повинна бути очищена від забруднення, мастила, старого лакофарбового покриття, іржі, окалини, до металевого блиску. На місце встановлення акустичного перетворювача ультразвукового товщиноміра на поверхню елемента металоконструкції повинен бути нанесений шар контактної рідини (як правила мастила).

При вимірюванні товщини елемента контактна поверхня акустичного перетворювача притискається до поверхні елемента металоконструкції з нанесеною рідиною, після чого здійснюється зчитування з індикаторної шкали товщиноміра значення фактичної товщини елемента.

Передбачається, що коли в перерізі товщина елементу в зоні вимірювання менша від номінальної понад 15% для несучих профільних елементів і понад 25% для обшивки металоконструкції кузова, понад 15% - для несучих елементів рами та надресорної балки візка, проводяться додаткові вимірювання товщин даних елементів за індивідуальними схемами, що передбачають вимірювання товщин елементів в декількох точках за

межами зони первісного вимірювання. Фактичну товщину елементу в даному перерізі приймають такою, що дорівнює мінімальній товщині на ділянці, яка найбільше зазнає корозії або схильна до виникнення тріщин.

Отримані результати заносяться до карт замірів. Розробка карт замірів є дуже важливим етапом робіт при підготовці до проведення технічного діагностування. Вона передбачає роботу з конструкторською документацією не тільки з врахуванням моделі вагону а й року його побудови.

Нажаль навіть наявність конструкторської документації не може давати 100% значення нормативної товщини елементу. Це може бути викликано зміною товщини встановленого металу у партії вагонів. Крім того під час виконання ремонтних робіт (модернізацій) на вагон могли бути встановлені елементи металоконструкції з товщиною відмінною від зазначеної в конструкторській документації.

В такому випадку нормативну товщину елементу можна визначити:

- проведенням замірів (виконується 5–10 замірів у місцях без явних корозійних та механічних пошкоджень та обчислюється середнє значення);
- порівнянням з сортаментом (отримане середнє значення порівнюється з існуючими сортаментами);
- врахуванням допусків на знос при зачищенні та на корозію.

В картах замірів представлені точки проведення товщинометрії з схематичним наведенням перерізів елементів несучих конструкцій.

Слід відзначити, що сучасні ультразвукові товщиноміри такі як УТ-507, УТ-51, УТ-2А та ін. дозволяють працювати в режимі «подвійне відлуння» вимірюючи товщину металу через покриття без його видалення.

Проведення ультразвукової товщинометрії є важливим кроком для визначення можливості встановлення вагону нового призначеного терміну служби повинна бути обчислена фактична швидкість корозії основних несучих елементів його металоконструкцій (хребтової, шворневих та кінцевих балок, нижніх обв'язок бокових стін, надресорних балок та рам візків) [3]. Це можна зробити за формулою за формулою:

$$V_{кор} = (S_{ном} – S_{ф}) : T, \text{ мм/рік}, \qquad (1.1)$$

де $S_{ном}$ - номінальна товщина елемента , мм;

$S_{ф}$ - фактична товщина елемента за результатами вимірювань, мм;

T - термін служби вагона на момент здійснення вимірювань, років.

Визначення залишкового терміну служби кожного основного несучого елемента металоконструкції вагона по рівню корозійних ушкоджень можна виконати за формулою:

$$T_{зал} = (S_{ф} – S_{min}) : V_{кор}, \text{ років}, \qquad (1.2)$$

де S_{min} - мінімально допустима товщина елемента, мм.

Залишковий термін служби вагона в цілому по рівню корозійних ушкоджень встановлюється по мінімальному з обчислених залишковому терміну служби його основних несучих елементів металоконструкції кузова.

Залишковий термін служби візків по рівню корозійних ушкоджень встановлюється по мінімальному з обчислених залишковому терміну служби їх основних несучих елементів (рам або надресорних балок).

Висновки:

1. Якісне проведення технічного діагностування вагонів неможливе без використання сучасних ультразвукових товщиномірів.
2. Проведення ультразвукової товщинометрії дозволяє визначити залишковий терміну служби основних несучих елементів металоконструкції вагона.

Посилання

1. ДСТУ EN ISO 16809:2022 Неруйнівний контроль. Ультразвукове вимірювання товщини (EN ISO 16809:2019, IDT; ISO 16809:2017, IDT).
2. ДСТУ EN ISO 9712:2022 Неруйнівний контроль. Кваліфікація та сертифікація персоналу неруйнівного контролю (EN ISO 9712:2022, IDT; ISO 9712:2021, IDT).
3. Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що вислужили призначений термін, з метою його продовження: ЦЛ-0070. Київ: Нескінчене джерело, 2008. 60 с.

РОЗШИРЕННЯ РОБОЧОГО ПРОСТОРУ ВЕРСТАТА НА ОСНОВІ ПЛОСКОГО МЕХАНІЗМУ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Студент О.А. Сербін, аспірант А.М. Заїка, асистент С.М. Заїка
Керівник - доц., канд. техн. наук А.І. Гречка
Центральноукраїнський національний технічний університет
м. Кропивницький, Укаїна

Розроблена модель верстат належить до галузі верстатобудування, зокрема до обладнання для метало- та деревообробки. В основу відомого технічного рішення [1] покладено λ-подібний механізм паралельної структури. Переміщення робочого органа у поздовжньому та поперечному напрямках забезпечується за допомогою повзуна та платформи, які переміщуються по спільних напрямних. Робочий орган шарнірно з'єднаний із платформою за допомогою двох ланок, що утворюють паралелограмний поворотний механізм, а також шарнірно пов'язані між собою штангою змінної довжини. Завдяки зміні довжини цієї штанги забезпечується переміщення робочого органа у вертикальному напрямку [2]

Недоліком відомого прототипу є обмежена робоча зона, що знижує технологічні можливості верстата.

Метою запропонованої компоновки є усунення зазначеного недоліку та розширення робочого простору верстата.

Поставлена мета досягається тим, що рухомі елементи – повзун і платформа – розміщені паралельно по різні боки столу, а робочий орган додатково шарнірно з'єднаний зі штангою постійної довжини. Така компоновка забезпечує збільшення робочої зони та підвищення функціональних можливостей верстата [3]

Схема модифікованого верстата наведена на рис. 1.

Верстат містить станину 1 зі столом 2, рухомі повзун 3 та платформу 4, які встановлені на напрямних станини 1, а також робочий орган 5. Робочий орган шарнірно з'єднаний з рухомою платформою 4 двома ланками, що утворюють паралелограмний поворотний механізм 6, ланки якого шарнірно пов'язані між собою за допомогою штанги змінної довжини 7. При цьому повзун 3 і платформа 4 розташовані паралельно по різні боки столу 2, а робочий орган 5 додатково шарнірно з'єднаний зі штангою постійної довжини 8.

Принцип роботи верстата полягає у наступному. Заготовка встановлюється та закріплюється на столі 2, після чого вмикаються приводи, які забезпечують робочому органу 5 необхідні формоутворювальні рухи, у результаті чого розпочинається процес обробки. Регульовані лінійні приводи здійснюють переміщення повзуна 3 і платформи 4 вздовж напрямних станини, що забезпечує переміщення робочого органа у поздовжньому та поперечному напрямках. Рух робочого органа у вертикальному напрямку здійснюється за допомогою окремого приводу, робота якого не залежить від приводів переміщення повзуна та платформи.

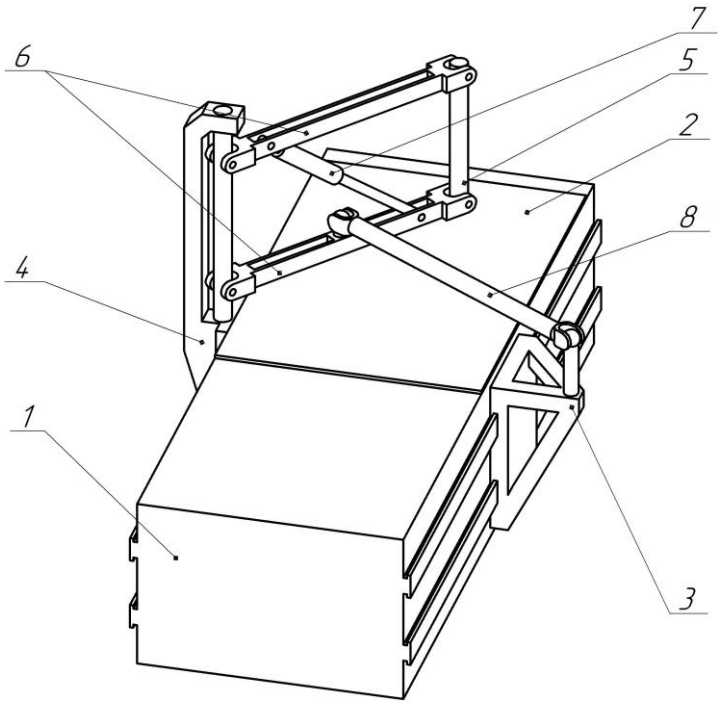


Рисунок 1 – Верстата на основі плоского механізму паралельної структури

Штанга змінної довжини 7, яка шарнірно з'єднує верхню та нижню ланки паралелограмного поворотного механізму 6, конструктивно виконана у вигляді кулько-гвинтової пари з регульованим електродвигуном. При збільшенні довжини штанги змінної довжини 7 робочий орган 5 переміщується вниз, а при її зменшенні – піднімається над площиною столу 2.

Висновки:

1. Запропоноване технічне рішення забезпечує збільшення робочого простору верстата та розширення його технологічних можливостей.
2. Розроблена компоновка може бути ефективно використана у конструкціях метало- та деревообробних верстатів.

Посилання

1. Валявський, І. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою : навч. посіб. / І. А. Валявський, О. В. Лисенко, І. А. Лисенко ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 281 с.
2. Кириченко, А. М. Дослідження кінематики трьохкоординатного верстата з комбінованою структурою / А. М. Кириченко, С. М. Заїка, Л. В. Ленченко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. - Кіровоград: КНТУ, 2008. - Вип. 20. - С. 116-121.
3. Верстат: пат. 35360 Україна: B23D5/00. № u2008 05560; заявл. 29.04.2008; опубл. 10.09.2008; Бюл. № 17. 2 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМПОНЕНТІВ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

Студенти М.В. Сім'яник, О.Р. Циганов,
викладач Д.В. Калініченко
Керівник – викладач вищої категорії Т.В. Гриценко
Відокремлений структурний підрозділ
«Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки
Українського державного університету науки і технологій»

Трансформація сучасного машинобудівного сектора відбувається шляхом підвищення адаптивності та мобільності виробничих процесів. У центрі цих змін знаходяться мехатронні комплекси, що потребують безперервного сервісного супроводу та технологічного оновлення. Традиційні методи обробки матеріалів, такі як субтрактивне фрезерування чи лиття,

часто створюють перепони для оперативного ремонту через тривалий цикл підготовки та високу собівартість одиничного випуску. Станом на 2026 рік тривимірний друк трансформувався з допоміжної технології макетування на повноцінну індустріальну платформу для виготовлення високонавантажених функціональних деталей.

Дослідження є актуальним у контексті мінімізації виробничих пауз та розширення можливостей локального випуску компонентів. Адитивні методи дають змогу замінити імпортні комплектуючі унікальними вітчизняними аналогами, що спроектовані під специфічні умови роботи конкретного обладнання. Це критично для систем автоматизації, де несправність навіть дрібного елемента (наприклад, тримача сенсора) призводить до зупинки цілих промислових ліній.

Висока щільність розташування елементів у мехатронних пристроях диктує суворі критерії до комплектуючих:

- мінімізація маси: критична для зменшення інерційних сил та підвищення швидкості реакції приводів;
- висока питома жорсткість: необхідна для гасіння механічних коливань під час інтенсивної роботи двигунів;
- конструкційна інтегрованість: здатність деталі виконувати роль не лише опори, а й каналу для передачі сигналів чи середовищ.

Основні результати дослідження.

Генеративний дизайн та топологічна оптимізація (DfAM) На відміну від класичного проектування, обмеженого механікою руху фрези, 3D-друк реалізує концепцію «вільного формоутворення». Застосування топологічної оптимізації базується на математичному моделюванні напружено-деформованого стану. Програмні комплекси ітераційно видаляють матеріал із малонавантажених ділянок, формуючи біонічні структури. Такі об’єкти за своїми властивостями нагадують архітектуру природних матеріалів, забезпечуючи зниження ваги на 30–50% без втрати експлуатаційної надійності.

Інноваційні підходи до проектування корпусних деталей.

Технології адитивного синтезу відкривають шлях до створення «інтелектуальних оболонок». Процес пошарового нарощування дозволяє:

- формувати складні внутрішні тракти для циркуляції холодоагентів або передачі енергії стисненого повітря;
- інтегрувати посадочні місця та внутрішні шахти для вживлення MEMS-сенсорів, що дозволяють відстежувати вібрації та тепловий стан вузла в режимі реального часу;
- використовувати мультиматеріальний друк для поєднання жорстких полімерів з еластомерами в межах одного циклу друку, що спрощує збирання та підвищує герметичність вузлів.

Технологічні стратегії ремонту та вибір матеріалів

Для відновлення працездатності механізмів доцільно застосовувати сучасні композити:

- PA12 з додаванням вугле- або скловолокна (CF/GF): вирізняється високим опором до втомних руйнувань та хімічною стійкістю;
- термопластичні поліуретани (TPU): незамінні для виготовлення гнучких елементів, таких як демпфуючі вставки та захисні мембрани;
- металопорошкові композиції (SLM): використовуються для прецизійних деталей (шестерень, валів), де вимагається стабільність властивостей при високих температурах.

Нова логістична модель виробництва.

Цифровізація креслень і перетворення їх у хмарні сховища CAD-моделей докорінно змінює логістику. Замість утримання великих складських площ запчастин підприємства переходять до моделі «друк за запитом». Це дозволяє отримати готову деталь безпосередньо в цеху протягом лічених годин, оминаючи бюрократичні та логістичні затримки.

Висновки

1. Впровадження адитивного виробництва дозволяє еволюціонувати від простого відтворення запчастин до їх активного вдосконалення через редизайн і кастомізацію.
2. Методи топологічного аналізу суттєво полегшують рухомі компоненти маніпуляторів, що прямо впливає на зниження енергозатрат та підвищення динамічної точності.
3. 3D-друк є критично важливим інструментом для прискорення інноваційного циклу, скорочуючи час від розробки до експлуатації у кілька разів.
4. Подальший розвиток галузі залежатиме від поєднання адитивних методів із субтрактивною фінішною обробкою, що дозволить досягати високих квалітетів точності, необхідних для прецизійних мехатронних вузлів.

Посилання

1. Струтинський В. Б. Математичне моделювання процесів та систем у машинобудуванні / В. Б. Струтинський. – Житомир: ЖДТУ, 2021. – 412 с.
2. Новітні технології в машинобудуванні: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.engineering.com/advanced-manufacturing/3d-printing-in-industry-4-0
3. Теслюк В. М. Системи автоматизованого проектування мехатронних об'єктів / В. М. Теслюк, П. Ю. Денисюк. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 256 с.
4. Аддитивне виробництво та його роль у сучасній промисловості / Центр промислових технологій: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/additive-manufacturing-technologies
5. Кузнєцов Ю. М. Мехатроніка в машинобудуванні / Ю. М. Кузнєцов, О. В. Луців. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 320 с.

LASER-DMD ЯК МЕТОД ВИГОТОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЯХ З ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ

Д.ф., мол. наук. співр. М.В. Соколовський, інженер-технолог С.В. Бондарєва,
заст. зав. відд. В.І. Бондарєва, завідувач групи В.А. Курило
к.т.н., старший дослідник, зав. відд. А.В. Бернацький
Відділ №77 «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ

У багатьох галузях промисловості використовуються тонкостінні корпусні деталі, у конструкції яких наявні функціональні елементи, які за своїми характеристиками (геометрією; хімічним складом; механічними характеристиками тощо) значно відрізняються від вказаної деталі та призначені для виконання різного комплексу певних відповідальних завдань (наприклад, бобишки; армуючі пояси; напливи; функціональні площадки і т. інш.). Такі функціональні елементи використовуються у різних деталях ракетобудівної, хімічної, харчової, медичної, оборонної та інших галузей промисловості. В даний момент ці елементи наносяться за допомогою технологій SMT, STT, аргоно-дугового наплавлення, мікроплазмового наплавлення тощо. Однак, використання цих технологій має значну частку браку через високий шанс появи таких дефектів, як наскрізного проплавлення, (пропалу) тонкостінної деталі, термічних деформацій тощо. Через це вивчення процесів, що відбуваються у зоні обробки, а саме у тонкостінній основі та порошку, під час LMD на тонкостінну основу з високолегованої корозійностійкої сталі, для розробки технології виготовлення цих конструктивних елементів потребує вдосконалення технологічних підходів та є одним з актуальних завдань сучасних проблем прикладного матеріалознавства та технологій обробки матеріалів.

Актуальність даної роботи пояснюється необхідністю вивчення процесів, що відбуваються у зоні обробки, а саме у тонкостінній основі та нанесеному порошку, під час процесу LMD на тонкостінну основу з жароміцних нікелевих сплавів, для розробки такого технологічного процесу, при якому шанс утворення таких дефектів, як прогин та проплав тонкостінної основи, було б мінімізовано. При цьому необхідно зазначити, що у багатьох галузях промисловості використовуються тонкостінні деталі, у конструкції яких наявні функціональні елементи, які за своїми характеристиками значно відрізняються від вказаної деталі та призначені для виконання різного комплексу певних відповідальних завдань. Виконання цього завдання щодо нанесення цих конструктивних елементів на наперед побудовану тонкостінну основу, потребує вдосконалення наявних технологій на основі матеріалознавчих підходів, а також розробки нових технічних рішень, наприклад використання концентрованих потоків енергії – лазерного

випромінювання та є одним з актуальних завдань сучасних проблем прикладного матеріалознавства та обробки матеріалів.

За результатами проведеного аналізу можна зазначити, що в розглянутих роботах використовується більш комплексний погляд на процеси адитивного виробництва, пов'язані з виготовлення елементів на тонкостінній основі. Можна помітити різницю підходів до моделювання та розгляду технологій; так, наприклад, більшість робіт, що розглядають питання моделювання процесів адитивного виробництва використовує метод скінченних елементів, але різниця в підходах до змінних повільно змінюється в сторону комплексного розгляду рядів параметрів [1,2,3]. Також можна помітити додатковий фокус на диференціювання процесу нанесення перших шарів порошкового матеріалу на тонкостінну основу та нанесення додаткових шарів через важливість впливу лазерного випромінювання на тонкостінну основу та перехідні шари. В цьому плані можна відзначити важливість правильного закріплення та охолодження деталі, оскільки існує загальне розуміння, що це – важливо не лише для рівномірного утворення матеріалу, що наноситься [4,5], але і для запобігання термодеформацій тонкостінної основи [4]. Однак, існує і зворотна сторона – зменшення градієнту температур за рахунок термічної постобробки тонкостінної основи забезпечує підвищення міцності перехідної зони «основа-функціональний елемент» [6]. Також необхідно виділити проблему деформацій, що можуть відбутись через внутрішні напруження, які утворюються у розплавленому порошковому матеріалі [7] і вимагають термічної обробки деталей. Додатково необхідно зазначити, що перехід «основа-функціональний елемент» повинен відбуватися з мінімальним градієнтом температур – це мінімізує ризик зниження характеристик міцності виробу [8,9]. Ці проблеми, разом з питаннями до фазового складу, створює комплексне питання щодо пріоритетності характеристик, бажаних для тих чи інших завдань. При розробці технічних пропозицій щодо технологічних прийомів процесу LMD, основну увагу було звернено на методику подачі металевого порошку та захисного газу, оскільки саме ці чинники найкраще піддаються впливу за допомогою технологічних заходів.

Аналіз досліджень технологій виробництва елементів на тонкостінній основі шляхом LMD та процесів, споріднених до нього, дозволив встановити певні особливості, які варто використати для розробки процесу LMD. Запропонований темою досліджень процес LMD металів повинен об'єднати у собі переваги двох процесів та компенсувати їх недоліки, забезпечуючи можливість контрольованого формоутворення об'ємних елементів на тонкостінних корпусних та функціональних деталях відповідальних конструкцій. Для цього пропонується проводити LMD без застосування камер, що дозволить обробляти деталі будь-яких розмірів з використанням зосередженого, а не розфокусованого джерела нагріву для зменшення термічного впливу на тонкостінні поверхні деталей та уникнення значних деформацій. Але для цього необхідно вирішити широке коло технологічних

завдань, пов'язаних з недопущенням утворення дефектів, зниженням можливих деформацій, а також задач, спрямованих на належне урахування структурних особливостей формування різних шарів при LMD.

Висновки

За результатами проведеного аналізу можна зазначити, що в розглянутих роботах використовується більш комплексний погляд на процеси адитивного виробництва, пов'язані з виготовлення елементів на тонкостінній основі. Аналіз досліджень технологій виробництва елементів на тонкостінній основі шляхом LMD та процесів, споріднених до нього, дозволив встановити певні особливості, які варто використати для розробки процесу LMD при виготовленні функціональних елементів на тонкостінних деталях з жароміцних нікелевих сплавів. Перспективи подальших робіт будуть спрямовані на відпрацювання технологічних прийомів процесу Laser-DMD (LMD) для виготовлення функціональних елементів на тонкостінних деталях з жароміцних нікелевих сплавів, а також дослідження впливу лазерного пучка на структуру та механічні характеристики жароміцних нікелевих сплавів після їх обробки за технологією LMD.

Посилання

1. Ion, J., Shercliff, H. and Ashby, M. (1992). Diagrams for laser materials processing. *Acta Metallurgica et Materialia*, 40(7), pp.1539-1551.
2. Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). Chapter 10 – Directed Energy Deposition Processes. *Additive Manufacturing Technologies: 3D printing, Rapid Prototyping, and direct digital manufacturing*. Springer.
3. Pulin Nie, O.A. Ojo, Zhuguo Li. (2014). Numerical modeling of microstructure evolution during laser additive manufacturing of a nickel-based superalloy, *Acta Materialia*, Volume 77, Pages 85-95, ISSN 1359-6454, https://doi.org/10.1016/j.actamat.2014.05.039.
4. Bhrigu Ahuja, Adam Schaub, Michael Karg, Roman Schmidt, Marion Merklein, Michael Schmidt, "High power laser beam melting of Ti-6Al-4V on formed sheet metal to achieve hybrid structures," *Proc. SPIE 9353, Laser 3D Manufacturing II*, 93530X (16 March 2015); doi: 10.1117/12.2082919
5. Heilemann, Markus, Beckmann, Jaco, Detlev Konigorski, Claus Emmelmann. (2018). Laser metal deposition of bionic aluminum supports: reduction of the energy input for additive manufacturing of a fuselage, *Procedia CIRP*, Volume 74. Pages 136-139. ISSN 2212-8271, https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.08.063.
6. Lesyk, D., Martinez, S., Dzhemelinkyi, V., Lamikiz, A. (2020). Additive Manufacturing of the Superalloy Turbine Blades by Selective Laser Melting: Surface Quality, Microstructure and Porosity. In: Karabegović, I. (eds) *New Technologies, Development and Application III. NT 2020. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 128. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46817-0_30

7. Yang, W. and Tarng, Y. (1998). Design optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method. *Journal of Materials Processing Technology*, 84(1-3), pp.122-129.
8. Jichang Liu, Lijun Li. (2005). Effects of powder concentration distribution on fabrication of thin-wall parts in coaxial laser cladding, *Optics & Laser Technology*, Volume 37, Issue 4. Pages 287-292. ISSN 0030-3992, https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2004.04.009.
9. Xu Niu, Ruixian Qin, Yunzhuo Lu and Bingzhi Chen. (2021). Energy Absorption Behaviors of Laser Additive Manufactured Aluminium Alloy Thin-Walled Tube Tailored by Heat Treatment, *Materials Transaction*s, Vol. 62, No. 2. pp. 278-283.

ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗБУРЕНОГО РУХУ СИСТЕМИ «ШНЕК-СТРІЧКА»

Доц., канд. техн. наук Д.П. Часов,
доц., канд. техн. наук В.О. Бейгул, доц., канд. техн. наук Д.Л. Серілко,
аспірант Р.Ф. Гільмутдінов, аспірант С.О. Ващенко
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

Підвищення вимог до раціонального використання енергії та зменшення матеріалоємності обладнання зумовлює необхідність удосконалення гвинтових конвеєрів, що активно експлуатуються як у сільському господарстві, так і в промислових технологічних процесах. Вагомий вплив на енергетичні витрати транспортування чинить маса робочого елемента — спіральної стрічки шнека, а також змінні навантаження, що виникають у процесі її контакту з переміщуваним матеріалом. Більшість наявних досліджень орієнтовані переважно на аналіз швидкісних параметрів подачі та фізико-механічних характеристик вантажу, тоді як геометричні й конструктивні параметри спіралі та їхній внесок у формування кінетичної енергії системи залишаються недостатньо вивченими. Рівність гвинтового конвеєра передусім визначається двома конструктивними складовими — жолобом і шнеком. Жолоб, виконаний із тонколистового матеріалу, слугує для спрямованого та герметичного переміщення сипкого середовища й водночас є нерухомим елементом системи. Оскільки він не бере участі у створенні руху та не споживає енергію приводу, у межах динамічного й кінетичного аналізу його впливом допустимо знехтувати.

Таким чином, ключовим чинником, що формує як металоємність, так і енергетичні витрати транспортування, виступає безпосередньо робочий орган — шнек. Динамічні навантаження, які виникають під час його роботи, зумовлюються не лише масою й фізико-механічними характеристиками матеріалу, що переміщується, а й власною вагою самої гвинтової конструкції. Отже, оптимізація маси шнека та зменшення металомісткості його цілісної конструкції сприятимуть скороченню енерговитрат і підвищенню ефективності функціонування всієї транспортної системи.

Динамічне навантаження, що діє на кожну опору стрічки спіралі шнеку можна подати в наступному вигляді:

$$\mathrm{P}_{\partial} = K_{\partial}\left(q_{\wedge} + q_r\right)gs = gs\sum_i K_{\partial i} q_i \qquad (1)$$

де: P_{∂} –динамічне навантаження, що діє на опору стрічки спіралі шнеку, н;

K_{∂} –наведений коефіцієнт динамічності;

$q_{\wedge}$ –погонна маса стрічки спіралі шнеку,кг/м;

q_r –погонна маса вантажопотоку,кг/м;

g –прискорення сили тяжіння,м/с^2;

s –крок розміщення опор стрічки спіралі шнеку,м;

$K_{\partial i}$ –коефіцієнт динамічності для i-їскладової вантажопотоку;

q_i – погонна маса i-їскладової вантажопотоку, включаючи стрічку спіралі шнеку.

Для однорідних потоків формула (1) набуває більш простого вигляду:

$$\mathrm{P}_{\partial} = gsK_{\partial}q, \qquad (2)$$

де: K_{∂} –коефіцієнт динамічності для фракцій даного потоку;

q –погонна маса однорідного потоку кг/м.

Таким чином отримано формули щодо визначення розрахункових навантажень на опори стрічки спіралі шнеку: формула (1) – для найбільш загального випадку вантажопотоку, формула (2) – для однорідних вантажопотоків.

Ці навантаження, будучи складеними із силами тяжіння опор стрічки спіралі, дають розрахункові навантаження, що діють на вал шнеку:

$$\mathrm{P}_{\partial} = q\left(m_{p.o.} + s\sum_i K_{\partial i} q_i\right) \qquad (3)$$

де: P_{∂} –розрахункове навантаження на вал шнеку, н;

$m_{p.o.}$ – маса опор стрічки спіралі шнеку, кг.

Отриманий вираз (3) дозволяє розраховувати динамічне навантаження при будь-якому фракційному складі транспортованого вантажу, що є основою розрахунку конвеєру.

Загальний принцип дослідження динаміки обуреного руху системи «шнек-стрічка» полягає у висновку рівнянь Лагранжа другого роду

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial q_i}\right)-\left(\frac{\partial T}{\partial q_i}\right)=-\frac{\partial П}{\partial q_i}+Q_i \qquad (4)$$

де: Т - кінетична енергія системи, дж;
п - потенційна енергія системи, дж;
q_i - узагальнена координата, що відповідаєі - й гармоніці коливань, м;
Q_i - узагальнена сила, що відповідає і-й гармоніці
коливань, н(н.м). Для випадку вільних коливань. $Q_i = 0$.

Застосування рівнянь Лагранжа 2-го роду передбачає наявність утримуючих зв'язків між елементами системи, тоді як зв'язок між стрічкою та валом шнеком - неутримуючі, односторонні.

Отже, вводячи розрахункові залежності для визначення реакцій опор спіралі при транспортуванні як однорідних, так і структурно неоднорідних потоків, можемо сформулювати апроксимаційні функції переміщень елементів конструкції та побудувати диференціальні рівняння руху з використанням рівнянь Лагранжа другого роду.

Посилання

1. O. Romaniuk, D. Chasov, Y. Romaniuk, O. Sasov, V. Beihul (2025). Optimization of Rotating Assembly Massesin Mechanical Transmissions of Machine Units. Science and Innovation, 21 (2), 93–100. https://doi.org/10.15407/scine21.02.093
2. Serilko L. S., Lyashuk O. L., Chasov D. P., Serilko D. L., Ihnatiuk R. M. (2025). Body movement along the surface of an inertial conveyor chute under combined friction. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 12(1), pp. D1–D8. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).d1
3. D. Chasov (2016).Determining the equation of surface of additional blade of a screw conveyor. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems). – 5/1 (83). – 2016. – p. 4 – 9.
4. D. Chasov, L. Sorokina, S. Havrylin (2017) Aspects of distance learning for engineering sciences. Effective Development of Teachers' Skills in the Area of ICT and E-learning / Katowice - Cieszyn 2017. – p. 319 – 331.
5. O. Beihul, D. Grischenko, V. Beihul, D. Chasov, A. Lepetova, B. Kolyada (2020) Devising a procedure for calculating the designed strength of a kingpin-type load-carrying system for anarticulated tractor container carrier. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (Engineering technological systems). – 5/7 (107). – 2020. – p.22 – 29.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ В КИСНЕВОМУ КОНВЕРТЕРІ ШЛЯХОМ ПОПЕРЕДНЬОГО ПІДІГРІВУ МЕТАЛОБРУХТУ ПИЛОВУГІЛЬНИМ ПАЛИВОМ

Проф. докт. техн. наук А.Г. Чернятевич,
проф. докт. техн. наук Є.М. Сігарьов,
Керівник - доц., канд. техн. наук А.А. Похвалітий
аспірант Д.С. Кондрашенков, аспірантка А.О. Вовк
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Збільшення частки металобрухту в шихті кисневого конвертера є одним із ключових напрямів підвищення енергоефективності та зменшення вуглецевого сліду сталеплавильного виробництва [1]. Однак у класичній технології кисневої продувки вміст брухту обмежений близько 20–25%, що зумовлено тепловими обмеженнями процесу і ризиком заморожування металу. Раніше для подолання цих обмежень розробляли спеціальні технології (наприклад, K-OBM, KMS), які при подачі додаткового палива дозволяли підвищити скрап-коефіцієнт до 35–40%. Проте вони погіршували експлуатаційні показники конвертера (збільшували тривалість плавки, витрати кисню, знос футерівки) і тому не знайшли широкого впровадження.

Одним із перспективних рішень є попередній підігрів брухту безпосередньо в порожнині конвертера перед заливкою чавуну. Такий підхід підвищує теплонасиченість шихти і зменшує потребу в рідкому металі, але в реальних умовах традиційні методи підігріву – спалювання кускового вугілля на поверхні завантаження чи використання факельних пальників – супроводжуються нерівномірним розподілом тепла, значними тепловтратами і локальними перегрівами футерівки [2]. Крім того, неповне згоряння кускового вугілля та відведення тепла газовою фазою призводять до підвищеної витрати палива й кисню для досягнення заданого рівня нагріву [3].

Ці обставини роблять актуальним пошук нових підходів попереднього підігріву, що забезпечують інтенсивне та рівномірне теплопідведення при мінімальних витратах енергії і без негативного впливу на технічний стан конвертера. Одним із перспективних напрямів вважається використання пиловугільного палива (ПВП) [4], що вдувається у струмені кисню через верхню фурму, оскільки дрібнодисперсні частинки такого палива здатні швидко та повністю згоряти, утворюючи компактний високотемпературний факел над поверхнею брухту.

Метою роботи є узагальнення, аналіз та порівняльна оцінка сучасних технологічних рішень попереднього підігріву металобрухту в порожнині кисневого конвертера, зокрема ефективності традиційного способу зі спалюванням кускового вугілля і перспективного способу з вдуванням пиловугільного палива через верхню фурму. Для досягнення цієї мети використано комплексний підхід, що поєднує теоретичні теплотехнічні розрахунки, огляд і аналіз літературних даних та узагальнення результатів

лабораторних експериментальних випробувань. На основі порівняння цих підходів було визначено основні закономірності теплового забезпечення брухту і умови, за яких попередній підігрів сприяє підвищенню частки металобрухту в шихті без погіршення стабільності процесу.

Об’єктом дослідження є процес попереднього підігріву шарів металобрухту в порожнині типового кисневого конвертера перед завантаженням чавуну. Розглядалися два основні способи подачі хімічної енергії палива до брухту: традиційний – спалювання кускового вугілля на поверхні завантаження з подачею кисню через верхню фурму – та експериментальний – вдування пиловугільного палива у струмені кисню через верхню фурму з формуванням високотемпературного факела над завантаженням.

Порівняльна оцінка ефективності цих способів здійснювалася на основі теплового балансу процесу попереднього підігріву:

$$Q = m \cdot c_{\text{ср}} \cdot (T_2 - T_1), \quad (1)$$

де m – маса брухту, $c_{\text{ср}}$ – середня масова теплоємність сталі в заданому інтервалі температур, T_2 і T_2 – початкова і кінцева температура брухту відповідно. Для сталі приймаємо середню питому теплоємність в інтервалі 20–800 °C приблизно *0,6 кДж/(кг·К)* [3]

Критерієм ефективності обрано долю теплової енергії палива, яка передається металобрухту у вигляді корисного нагріву. При цьому враховувалися конвективний та променевий теплообмін між полум’ям горіння, газовою фазою і поверхнею шматків брухту. Розрахунки теплоспоживання проводилися з використанням нижчої теплоти згоряння вуглецевмісного палива, при цьому для моделювання процесу горіння приймалося квазістаціонарний режим нагрівання і повне згоряння пиловугільного палива в кисневому струмені, а для кускового вугілля – можливість неповного згоряння з утворенням CO і відведенням значної частини тепла газовою фазою. Теплові втрати з відхідними газами та теплове навантаження на футерівку оцінювалися за спрощеними інженерними залежностями, що забезпечувало зіставлення відносної ефективності способів без детального моделювання газодинаміки конвертера.

Для підвищення надійності висновків теоретичні розрахунки доповнені результатами лабораторних дослідів. Експериментальна база включала багатоцільову установку високотемпературного моделювання, що описана в публікації [5]. Такий комбінований підхід (теоретичні оцінки та лабораторні випробування) дозволив виокремити загальні закономірності процесу підігріву і визначити пріоритети розроблення енергоефективних режимів.

Розрахункові та експериментальні результати показали (табл. 1), що для нагрівання 1 тонни металобрухту від 20°C до ≈800 °C теоретично необхідно близько 0,4–0,5·10^8 кДж теплоти, що при повному згорянні еквівалентно спалюванню ≈12–15 кг чистого вуглецю.

Таблиця 1 – Оцінка витрат палива і кисню для нагріву 10 кг брухту (20→800 °C, 5 хв).

Показник	Кускове вугілля	Пиловугільне паливо (ПВП)
Потрібна теплота для нагріву брухту, МДж	4,7	4,7
Коефіцієнт повноти згорання, $\eta_{згор}$	0,70–0,90	0,97–0,995
	0,80	0,99
Коефіцієнт використання теплоти, $\eta_{тепл}$	0,30–0,50	0,60–0,80
	0,40	0,70
Ефективна частка теплоти, $\eta_{згор} \cdot \eta_{тепл}$	0,21–0,45	0,58–0,80
	0,32	0,69
Необхідна теплота згорання палива, МДж	10,5–13,0	5,9–8,1
	11,7	6,8
Маса палива, кг/10 кг брухту	0,30–0,4	0,18–0,24
	0,35	0,2
Теоретична потреба O_2 , м³	0,20–0,45	0,11–0,19
	0,28	0,15
Фактична витрата O_2 з урахуванням надлишку, м³	0,37–0,70	0,14–0,20
	0,65	0,17

На практиці через неповне згоряння і теплові втрати витрати палива суттєво більші. Так, при спалюванні кускового енергетичного вугілля витрата палива сягає ~11–21 кг/т брухту з подачею кисню ~36–48 нм³/т (що відповідає коефіцієнту використання теплоти приблизно 50%). У свою чергу, перехід на пиловугільне паливо дозволяє зменшити ці витрати: за рахунок більш повного та інтенсивного згоряння спостерігається витрата палива приблизно 8–15 кг/т і кисню 30–35 нм³/т (економія ≈20–30%). Лабораторні випробування підтвердили ці оцінки: при масштабуванні процесу до промислових умов можна очікувати зниження питомої витрати палива до ~1–1,5% маси брухту, тоді як традиційні установки конвертерів демонструють витрати кускового вугілля 11–21 кг/т (а на деяких підприємствах України – і 26–46 кг/т).

Експериментальні спостереження показали, що характер горіння сильно залежить від фракції палива. При використанні пиловугільного палива дрібні вугільні частинки (~0,05 мм) майже миттєво займаються у кисневому струмені, причому леткі компоненти згоряють одночасно з твердим залишком. Це формує яскравий високотемпературний факел, який рівномірно променевим і конвективним теплообміном прогріває весь шар брухту. Натомість при спалюванні кускового вугілля горіння проходить поетапно: спочатку відбувається займання і виділення летких у вигляді локальних полум’я, а потім тліє коксовий залишок. У результаті цей підхід призводить до нерівномірного розподілу тепла – лише навколо окремих шматків палива –

з ризиком локальних перегрівів верхніх шарів брухту та недостатнього прогріву його нижніх частин. Більш компактний і стабільний факел при вдуванні пиловугільного палива сприяє повнішому використанню теплоти для нагрівання металобрухту. Орієнтовна витрата палива на нагрівання брухту до заданої температури представлена на рис 2.

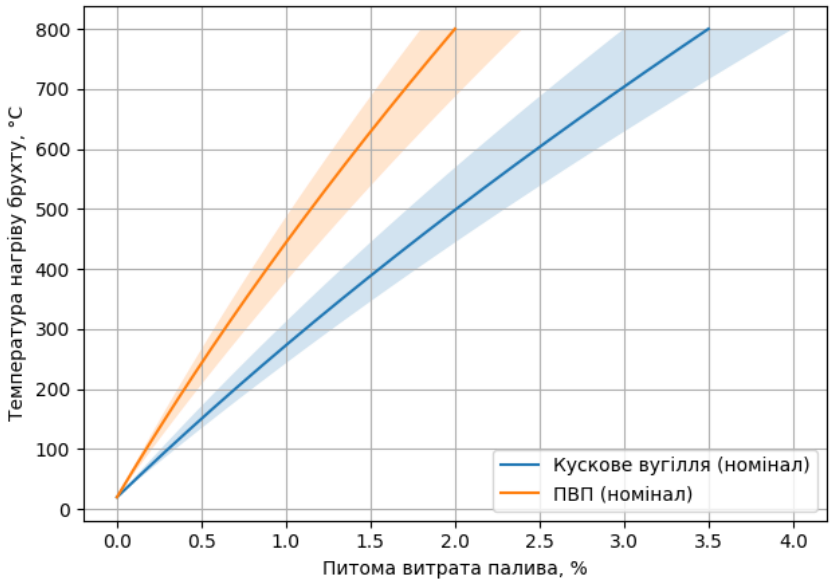


Рисунок 1 – Графік орієнтовної витрати палива на нагрівання палива до заданої температури.

Отримана залежність свідчить про стійку перевагу пиловугільного палива над кусковим вугіллям за показником питомої витрати палива для досягнення заданого рівня нагріву брухту. Це відповідає фізичній суті процесу, оскільки при вдуванні ПВП, завдяки високій дисперсності частинок і більш інтенсивному змішуванню з окисником, забезпечується більш повне та стабільне згоряння у зоні ефективного теплообміну з шихтою. Натомість для кускового вугілля характерні нерівномірний розподіл у шарі, локалізований характер горіння та значна залежність від контакту з кисневими струменями. У результаті підвищується ймовірність неповного згоряння і втрат теплоти з відхідними газами, що зумовлює більшу витрату палива для досягнення однакового температурного рівня нагріву брухту навіть за лабораторних умов.

Експериментально встановлено, що при подачі кисню приблизно 1,0–1,3 м³/кг пиловугільного палива досягається практично повне згоряння без зайвих втрат. Для порівняння: при спалюванні кускового вугілля питомі витрати O_2 сягають 1,5–2,8 м³/кг, і значна частина газу надлишково виходить за межі факела неефективно. Таким чином, коефіцієнт використання кисню і теплоти при пиловому способі на 20–30% вищий за традиційний. Порівняння розрахункових схем і лабораторних даних свідчить, що використання ПВП уже при помірних температурах суттєво знижує питому витрату палива (орієнтовно у 1,6–1,8 рази в інтервалі 20–800 °C).

Крім того, результати показали, що інтенсивність кисневої продувки критично впливає на результат процесу: недостатня витрата O_2 призводить до заглушування полум'я і неповного згоряння, тоді як надмірна – до марного опалення киснем простору за брухтом і підвищеного окиснення футерівки. Оптимальні режими підігріву встановлено у зоні близькій до стехіометричної суміші O_2 і палива. Для способу із застосуванням пиловугільного палива запропоновано ступеневу подачу палива: на початку – відносно низька витрата для стабілізації займання, у середині – підвищена для інтенсивного прогріву, і на завершальній стадії – максимальна, щоб довести брухт до потрібної температури. Такий режим забезпечує повне згоряння ПВП у зоні брухту з мінімальними додатковими витратами кисню.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує, що попередній підігрів металобрухту в конвертері суттєво покращує тепловий баланс плавки. На основі теплофізичних розрахунків і експериментальних даних показано, що такий підігрів дає змогу знизити витрати рідкого чавуну та підвищити частку брухту у шихті без погіршення енергоефективності процесу.

Застосування пиловугільного палива дозволяє скоротити витрату палива до ~8–15 кг/т брухту та кисню до 30–35 нм³/т (економія ~20–30%) за рахунок повнішого вигорання та інтенсивного променевого теплообміну. Ефективність використання кисню при ПВП вища на 20–30% (потрібно 1,0–1,3 м³/кг палива проти 1,5–2,8 м³/кг для кускового).

Впровадження поетапного режиму подачі ПВП (від малих доз до максимальних) дозволяє оптимізувати процес передачі тепла металу на різних стадіях підігріву.

Посилання

1. Cayir E., Egrican N. Optimization of energy consumption in integrated blast furnace and BOF steelmaking process // ASME 2010 10th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis. – 2010. – DOI: 10.1115/ESDA2010-24024
2. Zhuang S., Zhan D., Wang T., Li P., Yang Y. Influence of oxy-fuel lance parameters on the scrap pre-heating temperature in the hot metal ladle // Metals. – 2023. – Vol. 13, № 5. – P. 847. – DOI: 10.3390/met13050847
3. Kikuchi N. Development and prospects of refining techniques in steelmaking process // ISIJ International. – 2020. – Vol. 60, № 12. – P. 2700–2712. – DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2020-186
4. Deloche D., Brotzmann K. Method for an improved energy input into a scrap bulk: пат. US 6030431 A, США. – № US 08/973221; заявл. 11.06.1996; опубл. 29.02.2000. – Режим доступу: https://patents.google.com/patent/US6030431.
5. Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Молчанов Л.С., Похвалітий А.А., Кондрашенков Д.С. Установка високотемпературного моделювання нагріву металевого брухту в конвертері // Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції «Литво. Металургія. 2024» (28–30 травня 2024 р., м. Харків – м. Київ). – Харків: НТУ «ХПІ», 2024. – С. 505–507.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ З ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ ВУГЛЕВИДОБУТКУ

Аспірант О.С. Шишков
Керівник - доц., канд. геол. наук В.В. Ішков
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
м. Дніпро, Україна

Структурні трансформації мінерально-сировинної бази України та необхідність її адаптації до інтеграції у глобальні ланцюги створення доданої вартості в умовах відбудови і цифровізації промислових процесів, актуалізують дослідження щодо визначення перспектив виробництва металевих порошків з техногенної сировини вуглевидобутку. Узагальнення наукових джерел та нормативно-правових актів дає підстави виокремити такі ключові науково-практичні аспекти обґрунтування актуальності концептуальної трансформації техногенних об’єктів у стратегічний ресурс. Так, відповідно до положень оновленої Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України [1, 2], відходи видобування та переробки корисних копалин офіційно інтегровані до складу мінерально-сировинної бази держави. Вугільні відвали та хвостосховища класифікуються як техногенна сировина (категорія Г), що характеризується значним потенціалом промислового освоєння [3, 4]. У цьому контексті виробництво металевих порошків із техногенної сировини постає як інструмент залучення раніше невикористаних ресурсів до господарського обігу та формування нових сегментів високотехнологічного виробництва.

Як результат, актуалізується процес формування внутрішньої бази стратегічних і критичних матеріалів, бо вуглевидобувні регіони України містять супутні компоненти, що належать до стратегічно важливих і критичних видів мінеральної сировини (титан, цирконій, скандій, германій, рідкісноземельні елементи тощо). Вилучення та переробка супутніх компонентів забезпечує не тільки зниження дисбалансу між попитом і пропозицією на глобальному ринку стратегічних металів, мінімізацію імпортозалежності оборонно-промислового комплексу та авіакосмічної галузі, але і створює передумови для інноваційної відбудови економіки, оскільки металеві порошки є ключовою сировиною для адитивного виробництва та розроблення нових функціональних сплавів.

Дослідження набуває особливої актуальності в умовах імплементації сучасного законодавства щодо управління відходами видобувної промисловості та його гармонізації з нормами Європейського Союзу. Зокрема, виробництво металевих порошків із техногенної сировини передбачає запобігання техногенним аваріям на об’єктах накопичення відходів (відвалах, хвостосховищах), впровадження принципів циклічної економіки через рециклінг мінеральних компонентів, зменшення екологічного навантаження шляхом комплексного вилучення корисних

елементів і скорочення обсягів накопичених відходів. Отже, дослідження поєднує інструменти екологічного менеджменту з методами інженерно-технологічної оптимізації, формуючи міждисциплінарну модель сталого використання техногенних ресурсів.

Системна інтерпретація даних щодо відходів вуглевидобування забезпечують їх переведення зі статусу екологічного навантаження у категорію впорядкованої ресурсної бази техногенного походження. Така трансформація має ключове значення для зміцнення економічної безпеки та формування інноваційної моделі розвитку держави. Комплексний підхід до інвентаризації відвалів і хвостосховищ створює умови для виявлення потенціалу стратегічних компонентів, локалізованих у техногенних об’єктах, і формує підґрунтя для переходу від експортно-сировинної орієнтації до виробництва продукції високого переділу, зокрема металевих порошків для авіакосмічного та оборонного секторів.

Компонентний склад техногенної сировини вуглевидобутку та стратегічні копалини для металургійного комплексу [5]:

1. Рідкісні та розсіяні елементи (потенційно концентровані в техногенних об’єктах): германій, скандій, ванадій, галій, а також рідкісноземельні елементи (лантаноїди) та ітрій.

2. Чорні метали та легуючі компоненти: залізо, марганець, хром, нікель, кобальт, вольфрам, молібден, мідь, реній (ключовий компонент жароміцних і корозійностійких сплавів).

3. Неметалічна сировина для забезпечення металургійних процесів: флюсова сировина флюорит (плавиковий шпат), флюсові вапняки, доломіти; вогнетривка та тугоплавка сировина: магнезит, вогнетривкі й тугоплавкі глини, вторинні каоліни, високоглиноземні мінерали (дистен, силіманіт), кварцити; формувальна сировина: бентонітові глини, формувальні піски.

4. Стратегічні метали високотехнологічного призначення: титан (для виробництва титанової губки та металічного титану) і цирконій, що має критичне значення для атомної енергетики та спеціальних сплавів.

В таблиці 1 систематизована геолого-економічна оцінка техногенної сировини вуглевидобутку, яка формує ресурсну основу для розвитку металургії нового покоління, орієнтованої на виробництво матеріалів стратегічного та високотехнологічного призначення. Рівень промислового використання техногенної сировини вуглевидобутку в Україні наразі залишається критично низьким, оскільки ці ресурси офіційно віднесені до категорії Г - об’єктів, що недостатньо вивчені та наразі не розробляються. Попри те, що Україна посідає провідні місця у світі за розвіданими запасами основних стратегічних копалин для металургії (залізо, марганець, титан), більшість інших критичних компонентів, як-от нікель, кобальт чи рідкісноземельні елементи, видобуваються в обмежених обсягах або потребують імпорту через технологічну складність та відсутність сучасних циклів збагачення.

Таблиця 1- Перелік компонентів з техногенної сировини вуглевидобутку та стратегічних копалин для металургії

Корисний компонент, категорія промислового значення	Геологічна характеристика	Сфера використання в металургії	Регіон поширення, родовище
Графіт (С). Категорія А	Кристалічний графіт у межах Українського кристалічного щита. Бердичівський, Побузький, Криворізький та Приазовський райони	Електро- та радіотехнічна сировина, футерування печей, виробництво сплавів.	Заваллівське, Балахівське, Буртинське, Маріупольське, Троїцьке, Петрівське родовища.
Залізні руди (Fe) (магнетитові кварцити). Категорія А	Багаті руди та залізисті кварцити на глибинах 800-1000 м; Криворізький, Кременчуцький басейни.	Основна сировина чорної металургії, пряме відновлення заліза.	Криворізький, Кременчуцький та Білозірський залізорудні басейни.
Марганцеві руди (Mn). Категорія А	Оксидні, карбонатні та змішані руди; осадові поклади та кори вивітрювання.	Виробництво феросплавів, десульфурація та розкислення сталі.	Нікопольський марганцеворудний басейн, Побузький рудний район.
Вапняки флюсові ($CaCO_3$). Категорія В	Карбонатні породи (немагнезіальні), рифові пасма, Донецька складчаста область.	Флюсова сировина для конверторного та електроплавильного виробництва сталі.	Донецька область, Західна Україна (Подільське і Східне пасма).
Вогнетривкі глини та вторинні каоліни $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. Категорія А	Осадовий чохол Українського кристалічного щита, Донецька складчаста область.	Виробництво вогнетривких виробів (цегли, футерування) для печей.	Часів-Ярське, Новоселицьке, Пологівське родовища.
Хромові руди Cr_2O_3 (оксид). Категорія Г	Комплексні хром-нікелеві руди в корах вивітрювання ультрабазитів.	Легування сталі, виробництво ферохрому та вогнетривів.	Побузький рудний район (Капітанівське рудне поле).
Флюорит (плавиковий шпат). (C_aF_2). Категорія Г	Гідротермальні та метасоматичні поклади в зонах розломів кристалічного щита.	Виробництво феросплавів, зварних флюсів, алюмінієва промисловість.	Бахтинське (Придністров'я), Покрово-Кириївське (Приазов'я).
Магнезит (магнієві руди) (MgCO3). Категорія Г	Поклади, пов'язані з серпентинітовими масивами докембрію.	Виробництво високоякісних периклазових вогнетривів, отримання металічного магнію.	Середньоприднiпровський та Приазовський мегаблоки, Побужжя.
Техногенна сировина вуглевидобутку. Категорія Г	Відвали, хвостосховища, шлами видобутку та переробки вугілля та руд.	Вилучення рідкісних елементів, використання як формувальної сировини або добавок.	Донецький та Львівсько-Волинський вугільні басейни.

Джерело: складено за [1-5]

Основною перешкодою для освоєння потенціалу використання техногенної сировини вуглевидобутку в Україні є відсутність міжнародної геолого-економічної переоцінки та інвестиційні обмеження, бо впродовж останніх десятиліть значна частина геологічної інформації щодо родовищ корисних копалин зазнала втрати актуальності внаслідок морального старіння даних, фрагментарності фондових матеріалів та невідповідності сучасним класифікаційним підходам. Більшість об'єктів мінерально-сировинної бази не має оцінки запасів, гармонізованої з міжнародними системами звітності, зокрема відповідно до UNFC-2009 та CRIRSCO [6, 7]. Це знижує рівень геологічної достовірності та інвестиційної транспарентності активів, обмежує формування доказової ресурсної бази й істотно ускладнює залучення приватного капіталу. Приведення національної системи обліку запасів у відповідність до положень міжнародних стандартів слід розглядати як пріоритетний напрям державної політики у сфері надрокористування. Гармонізація та стандартизація цієї інформації відповідно до міжнародних вимог є необхідною передумовою залучення інвестицій і включення України до глобальних ланцюгів постачання критичних матеріалів.

Наступна проблема пов'язана зі статусом техногенних родовищ. Так, відходи видобування та переробки корисних копалин (відвали, хвостосховища, шламонакопичувачі) нормативно віднесені до складових мінерально-сировинної бази України як техногенні родовища. Водночас переважна їх частина класифікована за Категорією Г, що свідчить про недостатній ступінь геологічного вивчення, обмежену кількісно-якісну характеристику компонентного складу та відсутність промислового освоєння. Такий статус зумовлює необхідність проведення детальної геолого-економічної переоцінки із застосуванням сучасних методів опробування, 3D-моделювання та техніко-економічного обґрунтування кондицій.

Підвищення ролі геопросторових даних та цифровізації стає інституційним механізмом активізації залучення техногенної сировини до господарського обігу визначено формування державної геопросторової бази даних відвалів і хвостосховищ із інтеграцією до єдиної електронної геоінформаційної системи надрокористування [8]. Стандартизовані цифрові набори даних (геометрія тіл, морфологія, гранулометричний склад, вміст цільових і супутніх компонентів, гідрогеологічні та екологічні параметри) забезпечать можливість повторної інтерпретації, ресурсного моделювання та класифікації запасів за міжнародними кодексами. Це трансформує техногенні об'єкти з пасивів екологічного характеру в інвестиційно привабливі активи з прозорими параметрами ризику.

В результаті, перехід до виробництва з високою доданою вартістю стає стратегічним орієнтиром, переорієнтацією з експорту мінеральної сировини та концентратів на розвиток внутрішніх ланцюгів глибокої переробки з формуванням продукції високого переділу. Пріоритетними визначено напрями створення металів і матеріалів на основі титану, цирконію та літію, з подальшим виробництвом сплавів і металевих порошків для потреб

оборонної, авіакосмічної та атомної галузей. Такий підхід відповідає концепції інтеграції у глобальні ланцюги створення доданої вартості, підвищує технологічний суверенітет і сприяє декарбонізації економіки через впровадження ресурсоощадних і циркулярних технологій.

Висновки:

1. Цифровізація геологічної інформації про техногенні родовища, її гармонізація з міжнародними класифікаційними стандартами та проведення комплексної геолого-економічної переоцінки є необхідною передумовою формування прозорого інвестиційного середовища. Це створює підґрунтя для залучення капіталу в інноваційну переробку мінеральної сировини та переходу від сировинної моделі розвитку металургійної галузі до високотехнологічного виробництва з високою доданою вартістю.

2. Більшість техногенних об’єктів України наразі не мають повноцінної оцінки запасів відповідно до міжнародних стандартів (зокрема UNFC-2009, CRIRSCO), що обмежує можливості залучення інвестицій. Формування геопросторових баз даних техногенних родовищ як об’єктів геологічного вивчення сприятиме розробленню та впровадженню вітчизняних технологій переробки з орієнтацією на отримання продукції з високою доданою вартістю – металевих порошків - замість експорту сировинних концентратів. Крім того, буде забезпечено підвищення прозорості та прогнозованості проєктів, що відповідає міжнародним стандартам оцінки ресурсів і ризиків, виконанню завдання забезпечення економічної безпеки держави, виконанню міжнародних екологічних зобов’язань та формуванню інноваційно-технологічної моделі розвитку металургійної промисловості. Раціональне використання техногенних ресурсів вуглевидобутку розглядається як важливий чинник структурної модернізації економіки та переходу до ресурсоефективної моделі зростання.

Посилання

6. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.05.97, № 432 (1997). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text
7. Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення і переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення : Постанова Кабінету Міністрів України від 14.07.2025 № 845 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/go/845-2025-%D0%BF
8. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо оновлення Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року та регулювання деяких питань стосовно корисних копалин і компонентів стратегічного та критичного значення : Закон України від 20.06.2025 № 4154-IX // База даних «Законодавство

України» / Верховна Рада України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/go/4154-20
9. Про управління відходами видобувної промисловості. Верховна Рада України: офіційний веб-портал. 2024. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.golos.com.ua/article/381050
10. Кодекс України про надра від 27.07.1994 № 132/94-ВР [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-вр
11. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). United Nations Framework Classification for Resources (UNFC-2009)// [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/unfc2009/UNFC2009_ES39_e.pdf
12. CRIRSCO. International Reporting Template for the Estimation and Classification of Mineral Resources and Reserves// [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://crirsco.com/wp-content/uploads/2023/10/The-CRIRSCO-International-Reporting-Template.pdf
13. Шишков О.С. Модернізація порядку експертизи запасів корисних копалин в контексті сталого розвитку// Матеріали IX Всеукраїнської наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти та молодих вчених, 24 жовтня 2025 р., м. Київ. 2025. – С.111-116.

STEREO-DIC ЯК МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНІХ НАПРУЖЕНЬ ТА ДЕФОРМАЦІЙ ПІД ЧАС ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ

[1]Аспірант, провідний інженер Ю.В. Юрченко
[2]К.т.н., старший науковий співробітник В.В. Савицький
[1]Керівник – к.т.н., старший дослідник, зав. відд. А.В. Бернацький
[1]Науковий співробітник О.В. Сіора
[1]Молодший науковий співробітник Т.М. Набок
[1]Відділ №77 «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання»
[2]Відділ №8 «Оптимізація зварних конструкцій нової техніки»
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Лазерне зварювання набуває все більшої актуальності у сучасному машинобудуванні, авіаційній техніці, приладобудуванні та інших галузях промисловості завдяки високій концентрації енергії, локальному термічному впливу, мінімізації зони термічного впливу та внутрішніх напружень [1]. Разом із тим навіть за високої точності процесу лазерного зварювання, особливо тонкостінних деталей, неминуче виникають внутрішні напруження,

локальні пластичні деформації, усадка металу та викривлення конструкції. Саме тому поряд із вдосконаленням технологічних режимів зростає потреба у високоточних безконтактних методах, які дають змогу простежити формування напружено-деформованого стану без втручання у зону зварювання. Одним із найбільш перспективних підходів для таких задач є stereo digital image correlation (Stereo-DIC) – повнопольовий оптичний метод визначення просторової форми, переміщень і поверхневих деформацій [2, 3].

Принцип Stereo-DIC ґрунтується на поєднанні цифрової кореляції зображень і стереозору. На поверхню зразка наносять випадковий контрастний спекл-візерунок (рис. 1), після чого її реєструють з двох ракурсів.

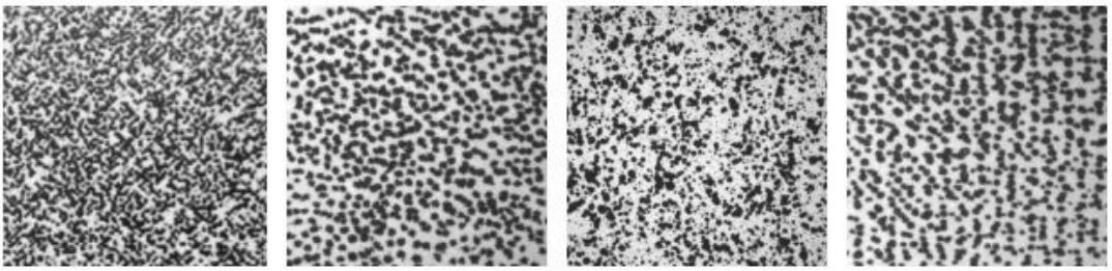


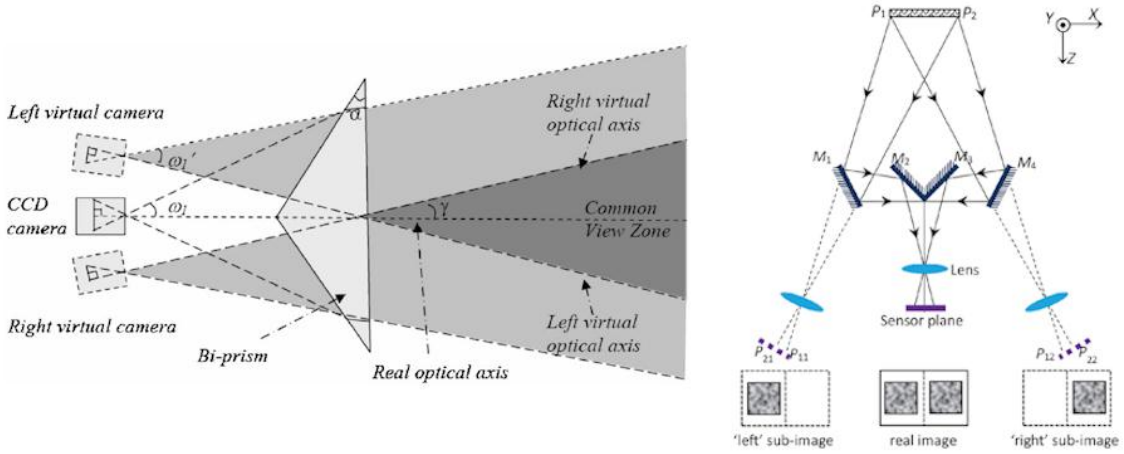
Рисунок 1 –Спекл-вірезунки з різною щільністю [4]

За допомогою алгоритмів кореляції знаходять однакові фізичні точки на зображеннях, відновлюють їх просторові координати та після деформації визначають зміни положення кожної точки. У результаті отримують повні поля трьох компонент переміщень, форму поверхні та локальні поверхневі деформації. Саме ці дані є основою для подальшого розрахункового визначення внутрішніх напружень, зокрема шляхом використання механічних моделей або поєднання експерименту з чисельним моделюванням. Тому Stereo-DIC доцільно розглядати не лише як метод реєстрації деформацій, а як інструмент експериментального супроводу для оцінки напружено-деформованого стану.

Для локальних і динамічних задач особливий інтерес становлять однокамерні Stereo-DIC системи. Їх поява пов’язана з прагненням зберегти переваги стереозору, але спростити експериментальну схему, зменшити вартість обладнання та усунути складну синхронізацію двох камер. У таких системах псевдостереопару створюють за допомогою додаткових оптичних елементів: дифракційної ґратки, біпризми, чотиридзеркального адаптера або кольороподільної схеми (рис. 2) [5, 6].

Завдяки цьому одна камера фактично реєструє два різні ракурси одного й того самого об’єкта, а подальша обробка виконується за стандартною логікою Stereo-DIC. Перевагами таких рішень є компактність, економічність та можливість роботи в умовах обмеженого простору. Особливо важливо, що однокамерні схеми добре підходять для швидкоплинних процесів, оскільки поєднання такого підходу з однією високошвидкісною камерою дає змогу

уникнути проблем жорсткої синхронізації під час реєстрації перехідних деформацій. Для задач лазерного зварювання це є суттєвою перевагою, оскільки термодеформаційні процеси в зоні зварювання розвиваються швидко та нерівномірно.



а б

Рисунок 2 – Експериментальна схема однокамерного Stereo-DIC: а) з біпризмою [5], б) з чотиридзеркальним адаптером [6]

Серед однокамерних рішень найбільш практичними вважаються системи на основі дзеркального адаптера та кольоророзділення, оскільки вони дозволяють працювати з об’єктами більших габаритів. Дифракційно-ґраткові та призматичні схеми також є ефективними, але частіше орієнтовані на малогабаритні об’єкти або спеціальні умови спостереження. Для дзеркальних систем важливим є те, що калібрування наближається до традиційного стереозору з двома віртуальними камерами, а після реконструкції можна отримувати повні поля переміщень *U,V,W,* і надалі аналізувати розподіл деформацій на досліджуваній поверхні. Це відкриває можливість застосування таких схем для контролю локальної зони поблизу зварного з’єднання, де необхідна висока точність вимірювання.

Разом із розширенням можливостей однокамерних систем окремого значення набуває питання точності вимірювань. Stereo-DIC є складним оптико-числовим процесом, у якому на результат впливають параметри калібрування, якість спекл-візерунка, освітлення, глибина різкості, шум камери та геометрія оптичної схеми. Для дослідження цих факторів запропоновано підхід, заснований на генерації синтетичних Stereo-DIC зображень на основі скінченно-елементної моделі, референтного зображення та параметрів реальної оптичної системи [7]. Така симуляція дозволяє ще до проведення фізичного експерименту перевірити, як саме змінюватиметься похибка вимірювання за різних умов спостереження, а також обрати оптимальну конфігурацію системи. Показано, що для підвищення якості калібрування доцільно використовувати мішень, яка охоплює все поле зору, забезпечувати точний і стабільний крок міток, виконувати серії з не менш ніж

50 стереопар, контролювати епіполярну похибку та проводити повторне калібрування в разі нагріву, вібрацій або зсуву камер. Для умов лазерного зварювання це має особливе значення, оскільки поблизу зони обробки на систему спостереження одночасно впливають теплове випромінювання, локальні зміни освітлення та можлива нестабільність параметрів реєстрації.

Коли ж виникає потреба досліджувати не лише локальну ділянку, а наприклад протяжне зварне з'єднання, великогабаритний тонкостінний елемент або значну площу конструкції, більш доцільним стає використання багатокамерних Stereo-DIC систем [8]. Їх головна перевага полягає в тому, що велике поле зору поділяється на окремі вимірювальні зони без істотної втрати просторової роздільної здатності. У таких системах загальний принцип Stereo-DIC зберігається, але ключовим стає вже не тільки визначення переміщень і деформацій, а й коректне взаємне калібрування кількох камер та об'єднання даних у єдину глобальну систему координат. Саме тому багатокамерний підхід особливо перспективний для контролю деформацій під час лазерного зварювання тонколистових конструкцій.

Сучасні багатокамерні системи Stereo-DIC поділяють на два основні типи: target-based і calibration-based (рис. 3).

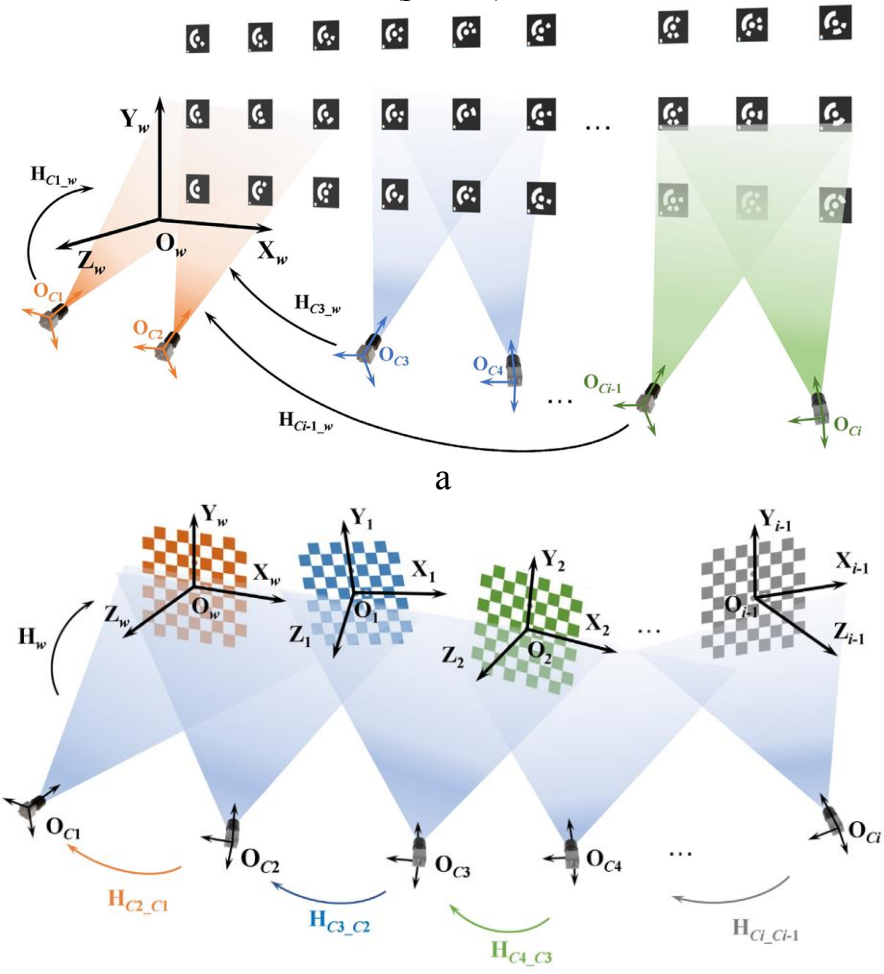


Рисунок 3 – Експериментальна схема багатокамерного Stereo-DIC: а) target-based, б) calibration-based [8]

У першому випадку окремі стереопари можуть працювати відносно незалежно, а результати зводяться до глобальної системи координат через координатні перетворення. У другому випадку параметри камер передаються послідовно через зони перекриття сусідніх полів зору. Такий поділ важливий з практичного погляду, оскільки визначає і вимоги до калібрування, і потенційне накопичення похибок під час зшивання полів. Експериментальні дослідження показали, що calibration-based схема є чутливішою до накопичення похибки при послідовній передачі зовнішніх параметрів, тоді як target-based підхід забезпечує вищу точність стикування окремих вимірювальних ділянок. У наведеному порівнянні похибка зшивання за виходом з площини для calibration-based підходу досягала 3,02 мм, тоді як для target-based – близько 0,023 мм [8]. Для дослідження тонкостінних зварних конструкцій це принципово, оскільки навіть невеликі дефомрмації повинні фіксуватися без спотворення, спричиненого самою вимірювальною системою.

З практичного погляду для реалізації Stereo-DIC необхідні цифрові камери з достатньою просторовою та часовою роздільною здатністю, об’єктиви, освітлювальна система, калібрувальна мішень, контрастний спекл-візерунок на поверхні зразка, засоби масштабування та програмне забезпечення для кореляційної обробки і 3D-реконструкції. У багатокамерних системах додатково потрібні засоби синхронізації камер, кодовані мітки або фотограмметричні елементи для побудови глобальної системи координат. В результаті отримують поля переміщень, деформацій, прогину, викривлення та зміни форми поверхні. Ці дані можуть бути безпосередньо використані для встановлення зон концентрації деформацій, оцінки усадки, а також для подальшого непрямого визначення внутрішніх напружень через аналітичні або чисельні моделі.

Висновки

Stereo-DIC є перспективним безконтактним методом експериментального дослідження напружено-деформованого стану під час лазерного зварювання корозійностійких сталей. Однокамерні системи доцільно розглядати для локальних і швидкоплинних процесів, де вирішальними є компактність і спрощення апаратної схеми, тоді як багатокамерні системи більш придатні для аналізу протяжних ділянок, довгих зварних з’єднань і загальної деформації конструкцій. Використання симуляційних підходів для калібрування та оцінки похибок додатково підвищує надійність вимірювань і дозволяє заздалегідь адаптувати систему до складних умов лазерного зварювання. Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на визначення внутрішніх напружень та деформацій за допомогою Stereo-DIC під час лазерного зварювання корозійностійкої сталі AISI 304 товщиною 1,5 мм

Посилання

1. Yurchenko Yu.V., Siora O.V., Sokolovskyi M.V., Hryn A.P., Frolov M.O., Bernatskyi A.V. Influence of laser welding parameters on the geometry of welded joints of thin-sheet stainless steel AISI 304. *Advances in mechanical engineering and transport*. 2025. Vol. 2, no. 25. P. 87-96. URL: https://doi.org/10.36910/automash.v2i25.1914 (дата звернення: 15.03.2026).
2. Korzhyk V., Khaskin V., Savitsky V., Klochkov I., Kvasnytskyi V., Perepichay A., Peleshenko S., Grinyuk A., Aloshyn A., Shutkevych O. Calculation-experimental procedure for determining welding deformations and stresses based on a digital image correlation method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 5, no. 1 (119). P. 44–52. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265767 (дата звернення: 15.03.2026).
3. Bigger R., Blaysat B., Boo C., Grewer M., Hu J., Jones A., Klein M., Lava P., Pankow M., Raghavan K., Reu P., Schmidt T., Siebert T., Simonsen M., Trim A., Turner D., Vieira A., *Weikert T. A Good Practices Guide for Digital Image Correlation*. 2018. URL: https://doi.org/10.32720/idics/gpg.ed1/print.format (дата звернення: 15.03.2026).
4. Reu P. All about Speckles: Aliasing. *Experimental Techniques*. 2014. Vol. *38*, no. 5. P. 1–3. URL: https://doi.org/10.1111/ext.12111 (дата звернення: 15.03.2026).
5. Lim K. B. Virtual stereovision system: new understanding on single-lens stereovision using a biprism. *Journal of Electronic Imaging*. 2005. Vol. *14*, no. 4. 043020. URL: https://doi.org/10.1117/1.2137654 (дата звернення: 15.03.2026).
6. Pan B., Yu L., Zhang Q. Review of single-camera stereo-digital image correlation techniques for full-field 3D shape and deformation measurement. *Science China Technological Sciences*. 2017. Vol. 61, no. 1. P. 2–20. URL: https://doi.org/10.1007/s11431-017-9090-x (дата звернення: 15.03.2026).
7. Balcaen R., Wittevrongel L., Reu P. L., Lava P., Debruyne D. Stereo-DIC calibration and speckle image generator based on FE formulations. *Experimental Mechanics*. 2017. Vol. 57, no. 5. P. 703–718. URL: https://doi.org/10.1007/s11340-017-0259-1 (дата звернення: 15.03.2026).
8. Yuan F., Wei K., Dong Z., Shao X., He X. Multi-camera stereo-DIC methods and application in full-field deformation analysis of reinforced Coral-SWSSC beams. *Optical Engineering*. 2021. Vol. 60, no. 10. 104107 URL: https://doi.org/10.1117/1.oe.60.10.104107 (дата звернення: 15.03.2026).

ВПЛИВ ШВИДКОЗАГАРТОВАНОГО АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ НА ПОКАЗНИК АБРАЗИВНОГО СТИРАННЯ ПОЛІЕФІРЕФІРКЕТОНУ

Аспірант Д.В. Яковенко, магістрант Є.Д. Чешенко
Керівники – доц. канд. техн. наук А.-М. В. Томіна
доц. канд. техн. наук С.В. Губарєв
Дніпровський державний технічний університет,
м. Кам'янське, Україна
Викладач-спеціаліст А.С. Зимбряну
Донбаський фаховий коледж технологій та управління,
м. Кам'янське, Україна

Сучасний світ потребує розробки економічно доцільних, екологічно безпечних та інноваційних матеріалів [1]. За таких умов особливої актуальності набувають полімерні композиційні матеріали (ПКМ) на основі термопластичних полімерів, які характеризуються унікальним поєднанням функціональних властивостей, зокрема хімічною і корозійною стійкістю, а також малою масою готових виробів. Однією з важливих переваг таких ПКМ є можливість формування виробів складної конфігурації в межах одного технологічного циклу за низьких енерговитрат і з мінімальною кількістю відходів (близько 10%). Крім того, ці ПКМ піддаються вторинній переробці без істотного погіршення їх експлуатаційних характеристик [2].

Серед багатьох термопластичних полімерів можна виділити поліефіреферкетон (ПЕЕК), що вирізняється винятковою хімічною та термічною стійкістю, високою міцністю, зносостійкістю та стабільністю розмірів [3]. Для розробки нових складів ПКМ був використаний ПЕЕК марки Victrex 150G (виробник – британська компанія ICI). Як наповнювач (Нп) використали дисперсний (40–100 мкм) швидкозагартований із рідкого стану сплав системи AlMnCrVZrCuMgW, хімічний склад якого наведено в табл.1. Зазначений сплав характеризується високими показниками зносостійкості та твердості, термічною стабільністю та хімічною інертністю. Формування таких функціональних властивостей пов'язане з підвищеним рівнем мікронапружень у кристалічній ГЦК-ґратці твердого розчину заміщення на основі алюмінію. Ці мікронапруження виникають внаслідок істотної різниці атомних радіусів алюмінію та легуючих елементів, що входять до складу сплаву (табл.1) [4].

Формування виробів із чистого ПЕЕК та ПКМ на його основі, що містили 15–25 мас.% сплаву AlMnCrVZrCuMgW, здійснювали методом компресійного пресування, детальний режим процесу наведено в роботі [3]. Обраний інтервал варіювання вмісту Нп зумовлений тим, що, як показав аналіз літературних джерел [4, 5], введення 5–10 мас.% швидкозагартованих сплавів не забезпечує істотного покращення функціональних властивостей полімерних матеріалів.

Таблиця 1 – Масовий вміст хімічних елементів у сплаві та їх атомні радіуси

Хімічний елемент	Al	Mn	Cr	V	Zr	Cu	Mg	W
Вміст, мас.%	87,6	6,0	2,0	0,3	0,6	0,4	2,8	0,3
Атомний радіус, пм	142	127	128	134	160	128	160	139

Дослідження стійкості розроблених складів ПКМ та чистого ПЕЕК до дії жорстко закріплених часток абразиву розміром 100 мкм проводили на дослідній машині HECKERT при постійному навантаженні 10 Н.

Із даних наведених на рис.1 видно, що введення сплаву AlMnCrVZrCuMgW у кількості 15–25 мас.% до ПЕЕК призводить до підвищення зносостійкості матеріалу під дією жорскозакріплених часток абразиву приблизно на 20%, при цьому мінімальне значення показника абразивного стирання спостерігається при вмісті Нп 20 мас.%. Зростання зносостійкості зумовлено підвищенням опору ПКМ до дії механічних навантажень.

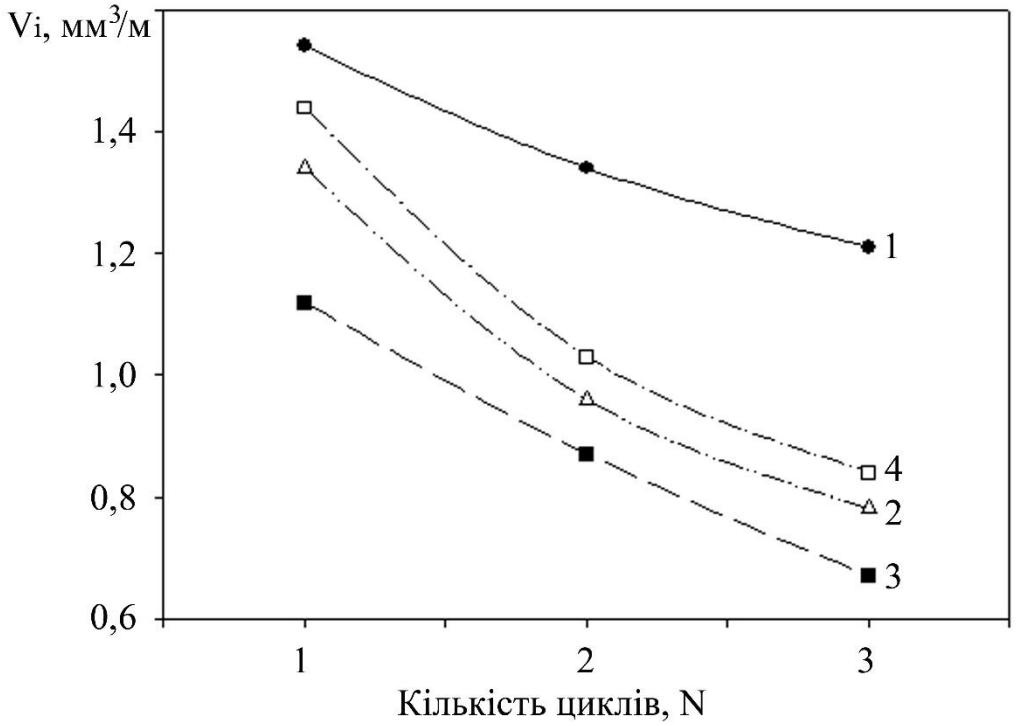


Рисунок 1 – Залежність показника абразивного стирання (V_i, мм^3/м) ПЕЕК (1) та ПКМ на його основі, що містять 15(2), 20(3) та 25(4) мас.% сплаву від кількості циклів випробувань

Слід зазначити, що зі збільшенням кількості циклів випробувань (рис.1) відбувається зменшення показника абразивного стирання як для ПЕЕК, так і для ПКМ на його основі. Це зумовлено поступовим заповненням і ущільненням дрібнодисперсних продуктів зношування в мікронерівностях

абразивної поверхні, що призводить до її часткового «засалювання» (зглажування). Водночас при підвищенні вмісту Нп до 25 мас.% спостерігається зниження стійкості ПКМ до дії часток абразиву, що, ймовірно, пов'язано з агломерацією часток сплаву, порушенням структурної однорідності матеріалу та утворенням локальних концентраторів напружень [6].

Висновки:

1. Встановлено, що введення швидкозагартованого з рідкого стану сплаву AlMnCrVZrCuMgW до ПЕЕК зменшує показник абразивного стирання приблизно на 20%, при цьому мінімальне значення досягається за вмісту Нп 20 мас.%.

2. Збільшення вмісту сплаву до 25 мас.% призводить до зниження зносостійкості ПКМ через агломерацію часток сплаву AlMnCrVZrCuMgW, що спричиняє порушення структурної однорідності матеріалу та формування локальних концентраторів напружень.

Посилання

1. Мельник Л.І., Свідерський В.А. Полімерний композиційний матеріал на основі перліту. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 35 (74) № 4 2024. С. 281–287.
2. Qureshi J. A review of recycling methods for fibre reinforced polymer composites sustainability. 2022. Vol. 14(24). P. 16855.
3. Buria O.I., Tomina A.-M.V., Nachovnyi I.I. Influence of carbon fiber on tribotechnical characteristics of polyetheretherketone. Problems of Tribology. 2020. Vol.25, no.4/98. P. 27–32.
4. Tomina A.-M.V., Yakovenko D.V., Bashev V.F., Golovko S.I. Study of the influence of rapidly quenched aluminum alloy on the wear resistance of ultra-high-molecular-weight polyethylene. Problems of Tribology. 2025. Vol. 30, No 2/116, P. 49-53.
5. Bashev V.F., Tomin S.V., Kalinina T.V., Kushnerov O.I., Bondar N.P. Effect of binary Al-Ni alloy on the rate of abrasive wear of ultra-high molecular weight polyethylene. Functional Materials. 2024. Vol.31, no.4. P. 557–560.
6. Yeriomina Ye.A., Burya A.I. Investigating the influence of overmolecular structure on the properties of metal-containing polymers. Functional Materials. 2020. Vol. 27 (4). P. 781–785.

ВИКОРИСТАННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ РУД ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МАРГАНЦЕВИХ СПЛАВІВ БЕЗ АГЛОМЕРАЦІЇ: ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

Викладач-методист вищої категорії О.О. Ясенова
викладач-методист вищої категорії Г.О. Козлов
ВСП Нікопольський фаховий коледж УДУНТ
м. Нікополь, Україна

Марганець є критично важливим легуючим елементом у чорній металургії, що забезпечує міцність, твердість і зносостійкість сталі. Україна володіє однією з найбільших у світі сировинних баз марганцевих руд (переважно Нікопольське родовище). Традиційна технологія виробництва феромарганцевих сплавів передбачає підготовку руди, включно з її збагаченням та обов'язковою високотемпературною агломерацією або спіканням для отримання грудкової сировини, придатної для використання у руднотермічних печах.

Агломерація є енергоємним процесом, що вимагає значних капітальних та експлуатаційних витрат і супроводжується шкідливими викидами (пилу, оксидів сірки та азоту). В умовах зростання цін на енергоносії та посилення екологічних стандартів, пошук альтернативних, без агломераційних технологій стає пріоритетним завданням для вітчизняної феросплавної промисловості.

Виключення стадії агломерації можливо шляхом використання технологій, які можуть ефективно переробляти дрібнофракційну або пилоподібну сировину:

- пряме відновлення: використання високоактивного коксу або вуглецевмісних матеріалів для відновлення оксидів марганцю у твердій фазі при температурі нижче температури плавлення;
- застосування композиційних матеріалів: формування рудо-вугільних брикетів без високотемпературного спікання з використанням органічних або мінеральних в'яжучих.

Одним із найбільш реалістичних та економічно ефективних методів зниження собівартості марганцевих сплавів є використання змішаної шихти, де 15% традиційного агломерату замінюється підготовленою вітчизняною кусковою рудою (оксидною або карбонатною). Досліджено шляхи оптимізації шихтового режиму руднотермічних печей при виробництві марганцевих сплавів з використанням вітчизняної сировини Нікопольського басейну. Запропоновано технологію зменшення витрат агломерату на 15% шляхом його заміни підготовленою кусковою оксидною або карбонатною рудою.

Техніко-економічне обґрунтування:

-зниження енерговитрат на агломерацію: зменшення обсягів виробництва агломерату на 15% пропорційно знижує витрати газу, електроенергії та твердого палива на аглофабриках;

-використання фізичного тепла печі: введення невеликої кількості сирої руди (до 15%) дозволяє ефективно використовувати надлишкове тепло колошникових газів у руднотермічній печі для підсушування та попереднього нагріву руди, що частково компенсує ендотермічні реакції розкладу карбонатів;
- збереження газопроникності: при використанні відсіяної кускової руди фракції 10–25 мм, газопроникність стовпа шихти залишається в межах технологічної норми, що запобігає «зависанню» шихти та викидам газів.

При заміні 15% агломерату на сиру руду необхідно враховувати зміну теплового балансу. Рівняння енерговитрат на виплавку одиниці сплаву $Q_{заг.}$ набуває вигляду:

$$Q_{заг} = Q_{від.окс.} + Q_{фіз.теп.шл.} + (0.85 \cdot Q_{пл.агл} + 0.15 \cdot Q_{вип.вол.р.}) + Q_{втр.} \quad (1.1)$$

де: $Q_{від.окс.}$ — теплота відновлення оксидів;
$Q_{пл.агл}$ — теплота плавлення агломерату;
$Q_{вип.вол.р.}$ — теплота, необхідна для випаровування вологи та дисоціації карбонатів сирої руди;
$Q_{втр.}$ - електричні втрати в короткій мережі.

Хоча $Q_{вип.вол.р} > Q_{пл.агл}$, загальний економічний ефект досягається за рахунок того, що вартість одиниці марганцю у сирій руді на 20-30% нижча, ніж в агломераті.

Проаналізувавши вплив зміни складу шихти на тепловий баланс плавки, газопроникність стовпа матеріалів та питомі витрати електроенергії. Встановлено, що використання змішаної шихти (85% агломерату та 15% руди) дозволяє суттєво знизити енергоємність стадії підготовки сировини на аглофабриках та зменшити собівартість кінцевої продукції без втрати продуктивності печей.

Окрему увагу приділено екологічному аспекту — скороченню викидів парникових газів у процесі агломерації. Перехід на часткове використання сирої руди (15%) замість агломерату дозволяє суттєво знизити «вуглецевий слід» продукції. Основний екологічний ефект досягається за рахунок розвантаження агломераційного виробництва, яке є одним із найбільших джерел викидів у металургійному циклі.

При зменшенні виробництва агломерату на 15% спостерігається пряме скорочення наступних компонентів:

-діоксид вуглецю (CO_2): основний парниковий газ, що утворюється при горінні палива;

-оксиди сірки (SO_x): виникають через наявність сірки у твердому паливі (коксі);

-оксиди азоту (NO_x): продукти високотемпературного горіння в зоні спікання.

За середніми даними, при виробництві 1 тони марганцевого агломерату в атмосферу викидається близько 150–200 кг CO_2. Таким чином, заміна 15% агломерату дозволяє уникнути викиду приблизно 25–30 кг CO_2 на кожну тонну шихти.

Висновки

1. Часткова заміна агломерату (15%) підготовленою кусковою рудою є раціональним кроком до повної без агломераційної технології.
2. Для стабільної роботи печі необхідно використовувати руду з мінімальним вмістом дрібної фракції (менше 5 мм), що гарантує збереження газопроникності шихти.
3. Технологія дозволяє одночасно знизити собівартість продукції та виконати вимоги щодо декарбонізації виробництва.

Посилання

1. Величко О. Г., Гріщенко С. Г., Кононов В. О. Марганець України: стан та перспективи розвитку марганцевої галузі. Металургійна та гірничорудна промисловість. 2019. № 2. С. 34–41.
2. Гладких В. А., Гасик М. І., Овчарук А. М. Енергетичні параметри та тепловий баланс закритих руднотермічних печей при виплавці силікомарганцю. Сучасні проблеми металургії. 2018. Вип. 21. С. 88–96.
3. Куцин В. С., Ольшанський В. І., Філіппов І. Ю. Шляхи зниження енергоємності виробництва марганцевих сплавів в умовах ПАТ «НЗФ». Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2021. № 1. С. 12–19.
4. Розробка та впровадження безагломераційної технології підготовки сировини для феросплавного виробництва : звіт про НДР (заключ.) / НДІ феросплавів ; кер. О. М. Петренко. Нікополь, 2023. 145 с. № ДР 0122U001234.
5. Directive (EU) 2023/959 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union. Official Journal of the European Union. 2023. L 130. P. 134–202.

СЕКЦІЯ 2

«ЕКОНОМІКА І УПРАВЛІННЯ. МЕНЕДЖМЕНТ. ПРАВО. МУНІЦИПАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО І ТРАНСПОРТ»

Модератор

Д.Є. КОЗЕНКОВ
канд. екон. наук, професор

WORKSHOP 2

«ECONOMICS AND ADMINISTRATION. MANAGEMENT. LAW. MUNICIPAL ECONOMY AND TRANSPORT»

Moderator

Dmytro KOZENKOV
PhD (Econ.), Prof.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕЛЕСКОПІЧНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ

Курсант Я.В. Агеєв
Керівник – ст. викл. В.Е. Черкудінов
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Телескопічні навантажувачі є універсальними машинами, які поєднують функції фронтального навантажувача, вилочного навантажувача та частково крана [1]. Завдяки цьому вони можуть ефективно застосовуватися в умовах, характерних для діяльності Державної спеціальної служби транспорту (ДССТ), а саме:

- відновлення транспортної інфраструктури;
- виконання аварійно-відновлювальних робіт;
- будівництво та ремонт мостів, доріг і залізничних об’єктів;
- робота в умовах обмеженого простору та складного рельєфу.

Аналіз світового ринку показав, що телескопічні навантажувачі широко використовуються у будівництві та логістиці, а їх популярність постійно зростає [2]. Це зумовлено їх високою маневреністю, можливістю роботи на нерівних майданчиках та широким спектром змінного обладнання (ковші, вила, монтажні платформи, кранові гакі тощо).

У ході дослідження було проаналізовано техніку провідних світових виробників (JCB, Manitou, Merlo, Caterpillar, Bobcat та ін.), які оснащують свої машини сучасними системами безпеки, стабілізації та автоматичного контролю навантаження [3-5]. Такі рішення особливо актуальні для використання в ДССТ, де роботи часто виконуються у складних і небезпечних умовах.

У якості базової машини для дослідження обрано телескопічний навантажувач JCB.

Телескопічний навантажувач JCB 535-95 має низку суттєвих переваг, які забезпечують його ефективне використання в сучасних умовах, зокрема в підрозділах Державної спеціальної служби транспорту.

Перш за все, даний навантажувач відзначається високою універсальністю. Завдяки можливості використання широкого спектра змінного робочого обладнання (ковшів, вил, монтажних платформ, гаків тощо) машина здатна виконувати функції одразу декількох видів техніки — фронтального навантажувача, вилочного навантажувача та частково крана. Це дозволяє значно скоротити кількість необхідних машин на об’єкті та підвищити загальну ефективність виконання робіт.

Важливою перевагою є висока прохідність і мобільність машини. Повнопривідна ходова частина та конструкція шасі забезпечують надійну роботу на складних ґрунтах, нерівних поверхнях і в умовах бездоріжжя. Це

особливо актуально для виконання аварійно-відновлювальних робіт, де техніка часто працює в складних експлуатаційних умовах.

Ще однією суттєвою перевагою є висока маневреність. Машина оснащена трьома режимами керування (поворот передніх коліс, поворот усіх коліс та «крабовий хід»), що дозволяє ефективно працювати в обмежених просторах, зокрема на будівельних майданчиках, мостах або залізничних об’єктах.

За своїми технічними характеристиками навантажувач має значні робочі можливості: вантажопідйомність до 3,5 т і висоту підйому до 9,5 м. Це дозволяє виконувати широкий спектр монтажних і навантажувально-розвантажувальних операцій, у тому числі на значній висоті, що розширює сферу його застосування порівняно з аналогами.

Суттєвою перевагою є також висока продуктивність гідравлічної системи. Швидкодія робочих органів і можливість оперативної заміни навісного обладнання забезпечують скорочення тривалості робочих циклів і підвищення загальної продуктивності праці.

Конструкція машини передбачає зручний доступ до основних вузлів і агрегатів, що значно спрощує технічне обслуговування та ремонт. Це є важливим фактором для експлуатації в польових умовах, де оперативність відновлення працездатності техніки має вирішальне значення.

Окрім цього, навантажувач характеризується високою надійністю та міцністю конструкції. Посилена телескопічна стріла, ефективний розподіл навантажень і захищене розташування основних вузлів забезпечують довговічність машини навіть при інтенсивній експлуатації.

Додатковою перевагою є наявність системи амортизації стріли, яка зменшує динамічні навантаження під час транспортування вантажів, підвищуючи безпеку та комфорт роботи. Кабіна оператора забезпечує хороший огляд робочої зони та відповідає сучасним вимогам ергономіки, що знижує втому оператора і підвищує ефективність його роботи.

Таким чином, телескопічний навантажувач JCB 535-95 поєднує у собі високу універсальність, продуктивність, надійність і зручність експлуатації, що робить його ефективним технічним засобом для виконання широкого спектра завдань, у тому числі в умовах діяльності Державної спеціальної служби транспорту.Ці характеристики дозволяють ефективно застосовувати машину в умовах, характерних для ДССТ, включаючи складні кліматичні та експлуатаційні умови.

Однак у процесі аналізу було виявлено суттєвий конструктивний недолік – розміщення гідроциліндра висування стріли всередині конструкції. Це значно ускладнює технічне обслуговування та ремонт, оскільки потребує часткового розбирання стріли. Для підрозділів ДССТ, де важлива швидкість відновлення працездатності техніки, така особливість є критичною.

З метою усунення зазначеного недоліку пропонуються шляхи модернізації конструкції.

Першим напрямком є зміна компонування гідроциліндра шляхом винесення його за межі телескопічної стріли (рис. 1). Зовнішнє розміщення дозволить забезпечити вільний доступ до вузла без необхідності розбирання стріли, що значно спростить технічне обслуговування та скоротить час ремонту. Водночас при реалізації такого рішення необхідно передбачити захисні кожухи для запобігання механічним пошкодженням і впливу навколишнього середовища.



Рисунок 1 – Зовнішнє розміщення гідроциліндра

Другим напрямком є вдосконалення конструкції стріли без зміни принципової схеми розміщення циліндра. Це може бути досягнуто шляхом впровадження розбірної конструкції стріли або спеціальних сервісних люків і знімних панелей, що забезпечують доступ до гідроциліндра (рис. 2). Такий підхід дозволяє зберегти переваги внутрішнього розміщення та одночасно підвищити ремонтопридатність.

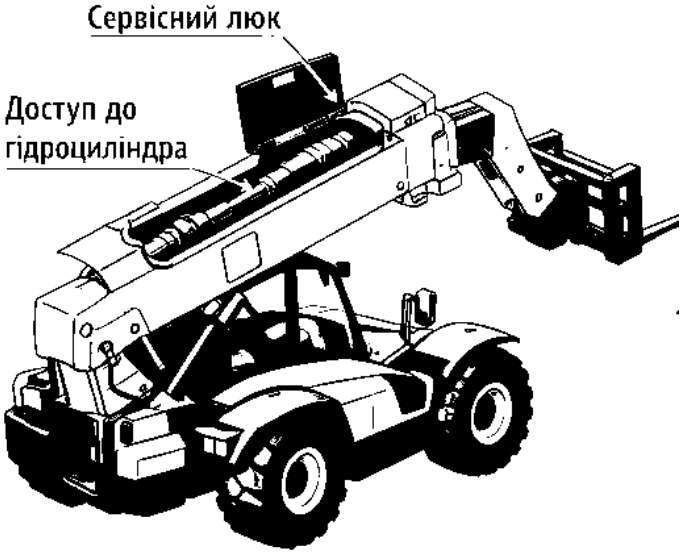


Рисунок 2 – Застосування спеціальних сервісних люків і знімних панелей

Третім напрямком модернізації є підвищення надійності самого гідроциліндра та супутніх елементів. Це включає застосування більш зносостійких матеріалів, удосконалення ущільнень, підвищення якості обробки поверхонь, а також впровадження систем контролю технічного стану (датчики тиску, витоку, навантаження). Такі заходи дозволять зменшити ймовірність відмов і збільшити міжремонтний ресурс.

Четвертим напрямком є оптимізація кінематичної схеми висування стріли. Використання альтернативних механізмів передачі зусилля (наприклад, гідроланцюгових або канатно-блокових систем з покращеними характеристиками) дозволяє знизити навантаження на гідроциліндр і підвищити загальну ефективність роботи механізму (рис. 3).

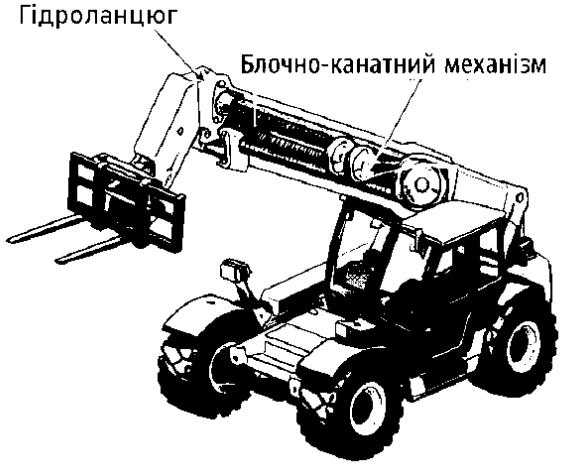


Рисунок 3 – Використання альтернативних механізмів передачі зусилля

Особливої актуальності зазначені напрямки модернізації набувають для використання техніки в підрозділах Державної спеціальної служби транспорту, де важливими є швидкість відновлення працездатності машин, їх надійність та можливість виконання ремонту в польових умовах.

Висновки:

1. Телескопічні навантажувачі є високоефективними універсальними машинами, які можуть широко застосовуватися у діяльності Державної спеціальної служби транспорту. Забезпечують виконання широкого спектра робіт — від навантажувально-розвантажувальних до монтажних і аварійно-відновлювальних.
2. Конструктивні особливості, зокрема внутрішнє розміщення гідроциліндра висування стріли, знижують ремонтопридатність техніки та збільшують час простоїв при виникненні несправностей.
3. Запропоновані напрямки модернізації, такі як винесення гідроциліндра назовні, удосконалення конструкції стріли, підвищення надійності гідросистеми та оптимізація кінематичних схем, дозволяють значно підвищити ефективність експлуатації навантажувачів.

4. Реалізація зазначених заходів сприятиме зниженню експлуатаційних витрат, підвищенню надійності техніки та забезпеченню її ефективного використання в складних умовах роботи підрозділів ДССТ.

Посилання

1. Войтко В.І. Підйомно-транспортні машини: навчальний посібник / В.І. Войтко. – К.: Каравела, 2015. – 320 с.
2. Кузнєцов Ю.М. Машини для навантажувально-розвантажувальних робіт / Ю.М. Кузнєцов. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 256 с.
3. Левченко О.П. Гідравлічні системи мобільних машин / О.П. Левченко. – Дніпро: НГУ, 2018. – 280 с.
4. Телескопічні навантажувачі: огляд та характеристики / TDC.UA: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://tdc.ua/novyny/yak-obraty-teleskopichnyj-navantazhuvach-u-2025-roci-praktychnyj-gid-dlya-pokupcya – Дата звернення: 17.03.2026.
5. Навантажувачі та складська техніка: класифікація і застосування / Logistic Forklift: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://pogruzchik.dp.ua/pogruzchiki/brendy/8 – Дата звернення: 17.03.2026.

ВІЙСЬКОВИЙ ЗБІР ЯК СКЛАДОВА ДОХОДІВ БЮДЖЕТУ

Студентка П.А. Артеменко
Керівник – викладач А.С. Захорольська
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж харчових технологій та підприємництва Дніпровського державного технічного університету»

У сучасних умовах повномасштабної війни фінансова стабільність держави та достатній рівень забезпечення Збройних сил України є одним із ключових чинників національної безпеки [3]. Для виконання оборонних функцій держава потребує значних фінансових ресурсів, тому важливу роль відіграють спеціальні податкові інструменти, серед яких вагоме місце посідає військовий збір [6].

Військовий збір виконує функцію цільового доходу бюджету, спрямованого на утримання, оснащення та розвиток сектору оборони. В умовах воєнного стану він перетворився на стратегічно важливий фінансовий інструмент, що дозволяє забезпечувати невідкладні потреби армії без критичного збільшення бюджетного дефіциту [5].

Військовий збір — це загальнодержавний обов’язковий платіж, сплачуваний фізичними особами з метою фінансування потреб обороноздатності держави. Він був запроваджений у 2014 році як тимчасовий захід у зв’язку зі збройною агресією проти України [1].

- Ставка збору — 5% від об’єкта оподаткування [1].
- Платниками збору є всі фізичні особи — резиденти й нерезиденти, які отримують доходи з джерелом їх походження з України [4].
- Збір утримується з зарплат, винагород за цивільно-правовими договорами, інших оподатковуваних доходів [1].

Таким чином, військовий збір має характер універсального платежу з широкою базою оподаткування, що забезпечує стабільність надходжень навіть за умов економічної нестабільності [5].

Правові норми щодо військового збору містяться у:

- Податковому кодексі України (розділ VIII «Військовий збір») [1];
- Законах України про Державний бюджет відповідного року [2];
- Підзаконних актах Міністерства фінансів та Державної податкової служби [4].

Військовий збір формує надходження спеціального фонду державного бюджету. У роки активної фази війни його значення суттєво зросло.

Фактори, що впливають на обсяги надходжень [6]:

1. Збільшення кількості працюючих у військовій сфері, яким виплачується грошове забезпечення.
2. Зростання середньої заробітної плати.
3. Розширення бази оподаткування за рахунок збільшення обсягів виплат за контрактами, премій та інших доходів.
4. Підвищений рівень мобілізаційних заходів.

Кошти військового збору використовуються для фінансування закупівлі озброєння, матеріально-технічного забезпечення ЗСУ, мобілізаційних витрат та соціальних виплат військовослужбовцям [2].

Військовий збір відіграє ключову роль у системі доходів Державного бюджету України, забезпечуючи стабільне та цільове фінансування оборонної сфери [6]. Попри наявні проблеми, він залишається важливим механізмом підтримки обороноздатності держави та одним із гарантів фінансової стійкості бюджету.

Посилання

1. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 № 2755-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17 (дата звернення: 01.02.2026).
2. Про Державний бюджет України на 2025 рік : Закон України від 19.11.2024 № 4059-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4059-20 (дата звернення: 01.02.2026).
3. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/jj96 (дата звернення: 01.02.2026).
4. Офіційний портал Державної податкової служби України. URL: https://tax.gov.ua/ (дата звернення: 01.02.2026).
5. Економічні огляди та публікації Національного банку України. URL: https://bank.gov.ua/ua/publication (дата звернення: 01.02.2026).
6. Бюджетна статистика : офіційний сайт Міністерства фінансів України. URL: https://mof.gov.ua/uk/budget_statistics (дата звернення: 01.02.2026).

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Здобувач освіти першого /бакалаврського/ рівня (ME09-24-1H)[1] *О.В. Брикнер*
Керівник - ст. викладач[2] *В.І. Гуцалова*
[1] ОПП Металургія, спеціальність 136 (G10)
[2] Кафедра Теорії, технології та автоматизації металургійних процесів (Нікопольський ф-т)
Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна

Сучасна економіка встановлює чіткі вимоги до підвищення рівня конкурентоспроможності підприємств, оскільки необхідно негайно реагувати на зміни в господарській ситуації з метою підтримки стабільного фінансового стану і незмінного поліпшення організації виробництва згідно зі зміною кон'юнктури ринку. В результаті чого відбувається всебічне покращення характеристик конкурентоспроможності підприємства. В умовах мінливої ситуації, ризику і невизначеності підприємства повинні не тільки концентрувати увагу на поточний стан справ, а й розробляти довгострокову стратегію поведінки, яка дозволяє встигати за змінами, які відбуваються в їх оточенні.

У загальному вигляді конкурентоспроможність – це спроможність держави в цілому, галузі, фірми, товару до суперництва у боротьбі за ринки. Конкурентоспроможність можна оцінювати на рівні підприємства, на рівні галузі і в цілому на рівні країни. До показників конкурентоспроможності відносяться: самодостатність економік; місце на ринку, розмір та географія окремих сегментів ринку; ймовірність та термін морального старіння технологій або продуктів; ймовірність розширення ринку; цінові характеристики; стійкість до коливань кон'юнктури, наявність сировини і матеріалів [2].

Багато зарубіжних і вітчизняних вчених досліджували теоретичні аспекти цього питання, зокрема такі як: І. Ансофф, Т.М. Боголюб, А. Дука, Д. Джонсон, І.В. Дочинець, Н.М. Гапак П. Гардинер, Т.І Гончарук, С.М. Ілляшенко, М.Д. Кондратьев, Р. Ротвелл, Й. Шумпетер, Л.І Федулова. Думка авторів зводиться до того, що конкурентоспроможність – це порівняльна, а тому – відносна оцінка властивостей товару.

Основними умовами забезпечення конкурентоспроможності є[9]: застосування наукових підходів до стратегічного управління; забезпечення єдності технологій, економіки і розвитку управління; використання сучасних методів і розробок(планування програмних цілей, теорія прийняття рішень тощо); розгляд взаємозв'язку керуючих функцій будь-якого процесу на всіх етапах життєвого циклу об'єкта; створення системи заходів щодо забезпечення конкурентоспроможності різних об'єктів.

Ефективність функціонування підприємства в умовах ринку передбачає активний пошук і розробку кожним з них власної стратегії для підвищення

конкурентоспроможності. Основними шляхами вирішення проблем, пов'язаних з підвищенням конкурентоспроможності підприємства, є [6]: підвищення якості управління; удосконалення зв'язків із зовнішнім середовищем; впровадження (проведення) стратегічного маркетингу «виходу» і «входу» організації; вдосконалення організації інноваційної діяльності; впровадження нових інформаційних технологій; впровадження нових фінансових і облікових технологій; аналіз ресурсомісткості кожного товару за стадіями його життєвого циклу і впровадження ресурсозберігаючих технологій; підвищення організаційно-технічного рівня виробництва; розвиток логістики; розвиток тактичного маркетингу.

Спеціалісти з управління сформулювали загальні принципи, які надають конкурентні переваги підприємствам-виробникам: націленість всіх та кожного робітника на діяльність, на продовження початої справи; близькість підприємства до клієнта; створення автономії та творчої атмосфери на підприємстві; ріст продуктивності завдяки використанню здібностей людей на їх бажання працювати; демонстрація важливості загальних для підприємства цінностей; вміння твердо стояти на своєму; простота організації, мінімум рівней управління та службового персоналу; вміння бути одночасно жорстким, тримати під контролем найбільш важливі проблеми та передавати підлеглим менш важливі. Як показує світова практика ринкових відносин, взаємопов'язане рішення цих проблем та використання даних принципів гарантує підвищення конкурентоспроможності підприємства.

Так склалося, що підприємство «Інтерпайп Ніко Тьюб» утворилося шляхом злиття двох заводів ЗАТ «Інтерпайп Нікопольський завод безшовних труб» і ЗАТ «Інтерпайп Нікопольська трубна Компанія». Тому історично в акціонерних товариствах, а особливо у великих за розміром, конкурентоспроможність залежала ще й від чіткої координації дій між окремими підрозділами та від вміння вищого керівництва визначити головні шляхи розвитку організації, чітко встановлювати цілі та розподілити відповідальність між підрозділами.

На сучасному етапі підприємство «Інтерпайп Ніко Тьюб» спеціалізується на виробництві сталевих труб та залізничної продукції згідно вітчизняних і зарубіжних стандартів,. Компанія постачає продукцію більш ніж у 50 країн світу через мережу торгових офісів, розміщених на ключових ринках Близького Сходу, Північної Америки і Європи. У 2023 році «Інтерпайп» реалізував 387 тис. т трубної продукції та 95 тис. т залізничної продукції. Щоб успішно конкурувати на ринку і нарощувати обсяги продажів, підприємство повинно і надалі впроваджувати комплекс заходів зі зниження собівартості виробництва продукції і збільшення ефективності продажів. Для зниження витрат на виробництво продукції необхідно розглянути впровадження децентралізованої системи опалення, а також встановлення приладів контролю витрат енергоресурсів; з метою розширення асортименту розглянути освоєння нового розміру труб (влітку минулого року було постачання пробної партії спеціальних товстостінних труб

для австралійського виробника преміального бурового обладнання Hartsen Industries); продовжити модернізацію технології виробництва труб з установкою нових напівпровідникових генераторів для зварювання труб замість існуючих лампових; впроваджувати програму з підвищення продуктивності праці.

Підприємству, в цілях підвищення конкурентоспроможності продукції, необхідно також здійснити комплекс організаційно-технічних заходів зі зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів; підвищення конкурентоспроможності продукції на основних ринках збуту за рахунок розширення сортаменту, підвищення якості продукції; зниження витрат на виробництво та здійснення програм технічного переобладнання (вже запущені масштабні інвестиційні проекти з реконструкції та модернізації обладнання в цехах заводу і нова сучасна потокова лінія для обробки труб в ТПЦ 7). Крім того, наявність промислового інжинірингу, а саме: комп'ютеризація та автоматизація процесів на підприємстві, забезпечення гнучкості виробничого процесу у сфері технологій є вагомим резервом у підвищенні конкурентоспроможності.

Все вищезазначене показує, що підприємство повинно постійно адаптуватися до змін, вивчати нові тенденції, впроваджувати інновації та постійно вдосконалювати свої стратегії і тактики. Саме високий рівень конкурентоспроможності впливає на ефективність господарювання, показники діяльності, фінансовий стан та підтверджує можливість успішного розвитку підприємства в майбутньому.

Висновки

1. Конкурентоспроможність в сучасних умовах не є статичною величиною. Вона залежить від безліч факторів, включаючи як внутрішні можливості і ресурси підприємства, так і зовнішнє середовище.
2. Запропоновані заходи сприятимуть підвищенню здатності підприємства успішно конкурувати на ринку. Це дозволить не тільки виживати в умовах жорсткої конкуренції, а й зайняти лідируючі позиції на ринку, забезпечуючи стабільний розвиток і адаптацію до сучасного ринкового середовища.

Посилання

1. Гуцалова.В.І., Боброва К.В. Конкурентоспроможність як рушійна сила ринкової економіки / Матеріали XI Всеукраїнській конференції молодих вчених «Молоді вчені 2020 – від теорії до практики» Д.: НМетАУ. 2020. – С.92-95.
2. Денисенко М.П., Бреус С. В. Підвищення конкурентоспроможності підприємства як чинник удосконалення процесу управління його економічною безпекою. Вчені записки Університету «КРОК», 2023. №2(70). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://snku.krok.edu.ua/index.php/vcheni-zapiski-universitetu-krok/article/view/605/629
3. Ільченко Т. В. Моделі та механізми формування системи управління конкурентоспроможністю підприємства випуск. Економіка та суспільство, 2023. №58. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3271

4. Конкурентоспроможність підприємства: навчальний посібник / І.А. Дмитрієв, І.М. Кирчата, О.М. Шершенюк – Х.: ФОП Бровін О.В., 2020. 340 с.
5. Кривіцька В. В., Зянько В. В. Механізм управління конкурентоспроможністю підприємства в умовах нестабільності. Ефективна економіка. 2020. № 8. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8118
6. Літвінова Ю.О. Проблеми забезпечення конкурентоспроможності підприємств в сучасних умовах / І.Ф. Кошелупов // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2012. – Випуск 1(14). – С.219-225.
7. Менеджмент. Навчальний посібник / А.М. Балашов, Г.Є. Мошек, А.С. Соломко, Ю.О. Соломко, М.В. Ковальчук, Ю.В. Поканєвич, С.П. Сердюк; заг. редакція проф. Балашова А.М. та проф. Мошека Г.Є. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2022. – 646 с.
8. Фаізова О.Л., Мотякін І.В., Гуцалова В.І. Аналіз міжнародної конкурентоспроможності вітчизняних металургійних підприємств. Економіка. Фінанси. Право. 2024. №6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://efp.in.ua/uk/download/review?id=1388
9. Шульга М. О. Розроблення напрямів підвищення конкурентоспроможності підприємства. Підприємництво та інновації, 2020. №12, С.135-141. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.37320/2415-3583/12.23

ПРИНЦИПИ ДЕКОМПОЗИЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЙОГО ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Аспірант Ю.С. Булєєв
Керівник - доц., докт. екон. наук П.А. Фісуненко
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Цифрова трансформація підприємства дедалі виразніше впливає на продуктивність, швидкість оброблення інформації, якість управлінських рішень, а також на стійкість функціонування, рівень контролю, організаційну гнучкість і здатність протидіяти внутрішнім та зовнішнім загрозам. У сучасних дослідженнях її пов’язують із розвитком цифрової зрілості, організаційної стійкості, безперервності процесів, дотриманням вимог контролю та узгодженістю систем результативності. Водночас сама цифрова трансформація визнається складним, комплексним і багатовимірним процесом, який не зводиться до впровадження окремих технологій або до формальної автоматизації окремих операцій.

Для цілей оцінювання економічної безпеки підприємства особливо проблематичним є використання узагальнених показників цифрової трансформації. У значній частині наукових і прикладних підходів її рівень

визначають через агреговані характеристики на кшталт «цифрової зрілості», «рівня цифровізації», «цифрового розвитку» або через укрупнені індекси, побудовані на наборі загальних індикаторів. Такі рішення є зручними для макрооцінювання, міжкраїнових порівнянь, а також загальної типологізації підприємств, проте, вони спрощують внутрішню структуру цифрових змін і не відображають їх нерівномірного прояву в різних функціональних сферах. Це добре видно і в роботах, де цифровий розвиток підприємств вимірюється через обмежені набори індикаторів, і в оглядах методів вимірювання цифрової трансформації, які прямо фіксують складність адекватного опису цього явища на рівні підприємства [1].

Перший принциповий недолік узагальнених показників полягає в тому, що вони згладжують внутрішню неоднорідність цифрової трансформації. Підприємство може мати відносно високий рівень цифрового розвитку у фінансах і звітності, але водночас демонструвати низький рівень цифрового контролю запасів, моніторингу виробничих відхилень або управління технічним обслуговуванням обладнання. Інтегральний показник у такому разі створює ілюзію збалансованої цифрової трансформації, хоча фактично приховує функціональні зони вразливості. Для оцінювання економічної безпеки це вкрай важливо, оскільки загрози виникають не на рівні абстрактної «цифрової зрілості», а в конкретних процесах, де недостатній контроль, низька прозорість даних або слабка інтеграція систем можуть провокувати втрати, збої, шахрайство чи управлінські помилки.

Другий недолік полягає в обмеженій аналітичній доступності узагальнених показників. Вони надають відповідь на запитання, наскільки підприємство загалом є цифрово розвиненим, але майже не пояснюють, за рахунок яких саме елементів сформовано такий результат і які компоненти потребують першочергового управлінського втручання. Для системи економічної безпеки цього недостатньо, оскільки безпекове оцінювання має крім фіксування стану ще й виявляти джерела ризиків, слабкі ланки та напрями підвищення стійкості. Огляд підходів до вимірювання цифрової трансформації показує, що проблема операціоналізації цього явища залишається відкритою саме через його системний характер, а огляди моделей цифрової зрілості додатково вказують на різнорідність їх конструкцій та обмежену універсальність [2].

Третій недолік пов’язаний із тим, що узагальнені показники часто мають описовий або надмірно агрегований характер, через що їх складно безпосередньо інтегрувати в систему оцінювання економічної безпеки. Для безпекового аналізу важливі не цифрові рішення як такі, а їх вплив на конкретні характеристики функціонування підприємства: надійність обліку, своєчасність виявлення відхилень, контрольованість фінансових потоків, передбачуваність постачання, безперервність виробничих процесів, захищеність інформаційних ресурсів. Коли ж цифрова трансформація подається одним зведеним індикатором, втрачається зв’язок між цифровими змінами та конкретними безпековими ефектами [3], у результаті чого такий

показник стає радше загальною характеристикою модернізації підприємства, ніж інструментом діагностики його економічної безпеки.

Наступний недолік стосується проблеми вимірюваності та подальшого моделювання. Якщо показник формується на надто високому рівні узагальнення, він погано підходить до декомпозиції ризиків, зважування окремих складових і побудови формалізованої моделі. Натомість для розроблення інструментарію оцінювання економічної безпеки необхідні такі індикатори, які можна співвіднести з окремими функціональними сферами, нормувати, порівнювати та в подальшому агрегувати. На цю проблему вказують сучасні дослідження вимірювання цифрової трансформації [2]: підприємницька цифровізація є настільки комплексною, що її точне відтворення одним універсальним показником методично вразливе.

Отже, використання узагальнених показників цифрової трансформації для оцінювання економічної безпеки підприємства (ЕБП) має суттєві методичні обмеження. Такі показники згладжують неоднорідність цифрових змін, не дозволяють локалізувати зони ризику, слабо відображають причинно-наслідковий зв’язок між цифровими рішеннями та безпековими результатами й обмежують можливість побудови формалізованої системи оцінювання. Через це виникає потреба у переході від укрупнених характеристик до багаторівневої системи показників, побудованої за принципом декомпозиції цифрової трансформації на функціонально релевантні аспекти та локальні індикатори. Такий підхід створює значно міцнішу основу для подальшого оцінювання ЕБП.

Цифрова трансформація підприємства впливає в тому числі на його стійкість, контрольованість, здатність своєчасно виявляти відхилення та протидіяти ризикам. Дослідження показують, що цифрові рішення пов’язані з підвищенням операційної стійкості, внутрішнього контролю та загальної здатності підприємства адаптуватися до змін, але водночас сама цифровізація створює нові вразливості, пов’язані з нерівномірністю впровадження, організаційними обмеженнями та складністю оцінювання її реального ефекту [4]. Отже, в контексті економічної безпеки важливим є не сам факт цифрових змін, а можливість аналітично визначити, які саме з них посилюють захищеність і стійкість підприємства, а які, навпаки, формують нові ризики.

З огляду на багатовимірний характер цифрової трансформації, декомпозиція її показників має спиратися на систему чітких методичних принципів замість довільного дроблення індикаторів. Дослідники використовують різні групи індикаторів — вхідні, процесні та результативні, а також різні рівні аналізу й набори вимірів, що прямо свідчить про складність об’єкта та потребу в впорядкованій структурі показників [2]. Окремо підкреслюється, що вибір індикаторів має залежати від дослідницької мети, доступності даних і галузевої специфіки, а, отже, універсальний узагальнений показник не може вважатися достатнім методичним рішенням.

Першим принципом доцільно визначити функціональну релевантність. Його зміст полягає в тому, що цифрова трансформація має оцінюватися через

ті функціональні сфери підприємства, у межах яких цифрові зміни реально відбуваються та впливають на результати діяльності. Такий підхід узгоджується з сучасними моделями цифрової зрілості, де виокремлюються різні виміри: стратегія, організація, процеси, персонал, технології, продукти, клієнти, дані. Отже, система показників має відображати не абстрактний «рівень цифровізації», а конкретні напрями цифрових змін у фінансах, логістиці, виробництві, управлінні персоналом, документообігу та інших сферах [5].

Другим принципом є зв'язок з економічною безпекою. Для цілей цього дослідження до системи показників мають входити не всі можливі ознаки цифрового розвитку, а лише ті, що впливають на стійкість, контрольованість, безперервність процесів, рівень ризиків, втрат і вразливостей. Такий відбір дозволяє відмежувати загальне оцінювання цифрової зрілості від безпеково орієнтованого оцінювання. Цифрові технології одночасно підвищують продуктивність і породжують нові ризики: кіберзагрози, витоки даних, технологічні збої, організаційні дисбаланси. Через це показник є методично доцільним лише тоді, коли його можна пов'язати з конкретним безпековим ефектом або ризиком [6].

Третім принципом виступає ієрархічність. Декомпозиція має передбачати ряд взаємопов'язаних рівнів аналізу, оскільки багаторівнева структура надає змогу поєднати аналітичну глибину з можливістю подальшого узагальнення. Методично доцільною є модель: «напрям цифрової трансформації - аспект - локальний показник». Така логіка узгоджується з сучасними моделями, які відокремлюють організаційний та процесний рівні оцінювання, а також використовують систему вимірів, підвимірів і конкретних індикаторів. Завдяки цьому стає можливим виявлення крім загального рівня цифрового розвитку ще й конкретних зон відставання чи ризику [7].

Четвертий принцип - вимірюваність. Кожен локальний показник має бути доступним до подальшого оцінювання: кількісного, шкального або експертно формалізованого. Без цього система декомпозиції не може бути основою для побудови моделі оцінювання. У дослідженнях цифрової трансформації неодноразово підкреслюється, що практична цінність моделей зростає тоді, коли вони містять не лише описові характеристики, а чіткі індикатори для порівняння, оцінювання рівнів і подальшого формування дорожніх карт розвитку.

П'ятим принципом є достатність деталізації. Система показників має бути достатньо деталізованою, щоб відобразити реальну структуру цифрових змін, але не настільки розгалуженою, щоб втратити прикладну придатність. Нові моделі цифрової зрілості вказують, що надмірно загальні конструкції не дають практично корисного результату, тоді як надмірна складність породжує труднощі з використанням, інтерпретацією та подальшим оцінюванням [8]. Тому декомпозиція має забезпечувати баланс між глибиною аналізу і зручністю застосування в системі оцінювання економічної безпеки.

Шостим принципом доцільно визнати несуперечність і недублювання. Індикатори різних рівнів не мають повторювати один одного або фіксувати той самий прояв цифрової трансформації під різними назвами, інакше система втрачає логічну чистоту, а результати подальшого узагальнення стають спотвореними. Це означає, що кожен показник має займати власне місце в ієрархії та виконувати окрему аналітичну функцію.

Сьомим принципом є адаптивність. Загальна логіка декомпозиції може бути універсальною, однак, конкретне наповнення системи показників має враховувати галузеві, технологічні та організаційні особливості підприємства. В дослідженнях [2] прямо підкреслюється, що єдиний набір індикаторів важко однаково застосовувати до великої кількості підприємств через відмінності у процесах, бізнес-моделях і цілях цифрової трансформації.

Восьмим принципом має бути агрегованість. Декомпозиція не є самоціллю, а її результатом має стати система локальних показників, яку в подальшому можна узагальнювати на рівні аспектів, напрямів і загальної оцінки. Ця властивість робить декомпозицію методично цінною для побудови цілісної системи оцінювання економічної безпеки підприємства. В сучасних моделях цифрової зрілості [7] така логіка простежується через використання рівнів, підрівнів, субвимірів і шкал зрілості, однак, у контексті економічної безпеки вона потребує цільового спрямування на виявлення ризиків, вразливостей і резервів стійкого розвитку.

Отже, принципи декомпозиції показників цифрової трансформації мають формувати методичний каркас, який забезпечує одночасно змістову повноту, логічну впорядкованість, вимірюваність і доступність до подальшого узагальнення.

Виходячи з наведених принципів, доцільно будувати систему показників цифрової трансформації за ієрархічною моделлю «напрям → аспект → локальний показник». Такий підхід узгоджується з сучасними моделями оцінювання цифрової зрілості, де цифрова трансформація розкладається на окремі виміри, підвиміри та конкретні показники. У межах запропонованої логіки:

– Напрям відображає велику функціональну сферу підприємства, в якій відбуваються цифрові зміни (наприклад, фінанси, логістику, виробництво, управління персоналом або документообіг).

– Аспект конкретизує окремий процес чи підсистему в межах такого напряму, наприклад оброблення фінансових операцій, управління запасами або моніторинг виробничих відхилень.

– Локальний показник фіксує вже конкретний вимірюваний прояв цифрової трансформації, який може бути використаний для подальшого аналізу, порівняння й узагальнення.

Наприклад, у напрямі фінансів і бухгалтерії одним з аспектів може бути оброблення фінансових операцій, а локальними показниками - частка автоматизованих операцій, рівень інтеграції облікової системи з банківськими сервісами, частота ручних коригувань, швидкість формування звітності. Їх

значення для економічної безпеки полягає в тому, що саме на цьому рівні проявляються ризики помилок, втрат контролю, спотворення даних або затримки управлінської інформації. У напрямі логістики аспектом може бути управління запасами, а локальними показниками - точність цифрового обліку залишків, своєчасність оновлення даних, рівень інтеграції складського обліку із закупівлями та постачанням. У напрямі виробництва аспектом може бути моніторинг процесу виробництва, а локальними показниками - частка обладнання, підключеного до цифрового контролю, швидкість виявлення відхилень, наявність автоматизованої фіксації простоїв і збоїв. Таким чином, декомпозиція зберігає єдину логіку побудови системи, але дозволяє адаптувати її зміст до різних функціональних сфер підприємства.

Запропонований підхід надає змогу поєднати деталізацію і подальше узагальнення. Локальні показники можуть бути зведені до оцінки окремого аспекту, аспекти - до оцінки напряму, а напрями - до інтегрованої характеристики цифрової трансформації, орієнтованої на потреби оцінювання економічної безпеки. Завдяки цьому цифрова трансформація постає вже не як формальна ознака модернізації підприємства, а як структурований об’єкт аналізу, в якому можна виявляти зони ризику, вразливості, резерви підвищення стійкості та напрями подальшого вдосконалення системи управління. Такий підхід створює методичне підґрунтя для наступного етапу дослідження - побудови моделі оцінювання економічної безпеки підприємства в умовах цифрової трансформації з урахуванням галузевої специфіки.

Висновки:

Отже, для оцінювання економічної безпеки підприємства використання узагальнених показників цифрової трансформації має суттєві методичні обмеження, оскільки вони не відображають внутрішньої неоднорідності цифрових змін, згладжують відмінності між функціональними сферами та ускладнюють виявлення конкретних зон ризику. Сучасні підходи до оцінювання цифрової зрілості переважно підтверджують багатовимірний характер цифрової трансформації, виокремлюючи низку напрямів, підвимірів і локальних індикаторів, що додатково свідчить про недостатність спрощених інтегральних оцінок для безпекового аналізу.

У роботі обґрунтовано, що методично доцільним є підхід до декомпозиції показників цифрової трансформації на основі принципів функціональної релевантності, зв’язку з економічною безпекою, ієрархічності, вимірюваності, достатності деталізації, несуперечності, адаптивності та агрегованості. Їх застосування дозволяє перейти від формального опису цифрових змін до побудови структурованої системи показників, доступної для аналітичного оцінювання впливу цифрової трансформації на стійкість, контрольованість і захищеність діяльності підприємства.

Запропонована ієрархічна схема «напрям → аспект → локальний показник» створює підґрунтя для подальшого формування моделі оцінювання

економічної безпеки підприємства в умовах цифрової трансформації. Її перевага полягає в можливості поєднання деталізації та подальшого узагальнення: локальні показники можуть бути згруповані за аспектами, аспекти - за напрямами, а напрями - інтегровані в цілісну систему оцінювання.

Посилання

1. Brodny J., Tutak M. Analyzing the Level of Digitalization among the Enterprises of the European Union Member States and Their Impact on Economic Growth. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2022. Vol. 8, issue 2. Art. 70. DOI: https://doi.org/10.3390/joitmc8020070

2. Zou L., Li W., Wu H., Liu J., Gao P. Measuring Corporate Digital Transformation: Methodology, Indicators and Applications. Sustainability. 2024. Vol. 16, issue 10. Art. 4087. DOI: https://doi.org/10.3390/su1610408

3. Cosa M., Torelli R. Digital Transformation and Flexible Performance Management: A Systematic Literature Review of the Evolution of Performance Measurement Systems. Global Journal of Flexible Systems Management. 2024. Vol. 25, issue 3. P. 445-466. DOI: https://doi.org/10.1007/s40171-024-00409-9

4. Yin Q., Wang Y., Song D., Lai F., Collins B., Guo H. The impact of digitalization on operational risk: An organizational information processing perspective. International Journal of Production Economics. 2024. Vol. 276. Art. 109369. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109369

5. van Tonder C., Bossink B., Schachtebeck C., Nieuwenhuizen C. Key Dimensions That Measure The Digital Maturity Levels Of Small And Medium-Sized Enterprises (SMEs). Journal of Technology Management and Innovation. 2024. Vol. 19, issue 1. P. 110-130. DOI: https://doi.org/10.4067/S0718-27242024000100110

6. Роздопченюк В. М. Методичні підходи до оцінювання економічної безпеки підприємств у цифровій економіці. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2025. № 2. С. 77-87. DOI: https://doi.org/10.37128/2411-4413-2025-2-5

7. Tubis A. A. Digital Maturity Assessment Model for the Organizational and Process Dimensions. Sustainability. 2023. Vol. 15, issue 20. Art. 15122. DOI: https://doi.org/10.3390/su152015122

8. Njah S., Danjou C., Armellini F., Beaudry C., Mosconi E. A digital maturity model for assessing SMEs in the manufacturing sector. Digital Engineering. 2026. Vol. 9. Art. 100084. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dte.2025.100084

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ДЕРЖАВНІЙ СПЕЦІАЛЬНІЙ СЛУЖБІ ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ВИКОНАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Студент (курсант ПМ 2312) Т.П. Гнатенко
Керівник – старший викладач М.В. Приймак
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

В умовах виконання спеціальних завдань з технічного обслуговування основних зразків автомобільної техніки Державної спеціальної служби транспорту стикаються з серйозними викликами своєчасного та якісного технічного обслуговування автомобільної техніки в умовах інтенсивного використання озброєння і військової техніки, перебоями у перевезеннях особового складу, важливих вантажів, евакуації техніки. Це створює високі ризики швидкого та якісного технічного обслуговування для підтримання боєздатність і зменшення ризику поломок під час виконання спеціальних завдань. Таким чином, проблема полягає у ступеню захищеності використання новітніх комплексів технічного обслуговування автомобільної техніки, таких як мобільна майстерня Locker в умовах виконання спеціальних завдань.

Проблематикою захисту особового складу під час технічного обслуговування в умовах виконання спеціальних завдань є: вразливість особового складу, обладнання та самого транспортного засобу (майстерня Locker), з точки зори сьогодення неброньовані майстерні є пріоритетними цілями, а відсутність засобів радіоелектронної боротьби робить підрозділи беззахисними перед скидами та FPV-дронами в радіусі виконання спеціальних завдань. Сам процес технічного обслуговування вимагає зупинки техніки, що робить “місце для технічного обслуговування” легкою мішенню, що створює суперечність між необхідністю якісного обслуговування та потребою у негайному залишенні небезпечної зони.

Обґрунтування рекомендацій: для підвищення захисту під час технічного обслуговування зразків автомобільної техніки, необхідно провести модернізацію автомобіля шляхом встановлення легкої броні та системи (РЕБ), що значно підвищить його функціональні можливості. Легка броня забезпечує додатковий рівень захисту кузова, обладнання та екіпажу від уламків, механічних пошкоджень і зовнішніх впливів. Це дозволяє використовувати автомобіль у складних умовах та підвищує загальний рівень безпеки під час експлуатації.

Також встановлено, що інтеграція системи РЕБ дає можливість автомобілю виконувати функції мобільної платформи для створення радіоперешкод. Завдяки цьому з’являється можливість впливати на роботу радіокерованих пристроїв та безпілотних систем, що значно розширює сферу

застосування даної техніки. Розміщення обладнання на автомобільній платформі забезпечує високу мобільність, швидке переміщення та можливість оперативного використання в різних умовах місцевості. На рис. 1. Загальний вигляд майстерні Locker, на рис. 2. модернізацію майстерні Locker.



Рис.1.



Рис.2.

Висновок: в ході проведеного дослідження було встановлено, що модернізація майстерні Locker шляхом встановлення легкої броні та системи радіоелектронної боротьби є ефективним рішенням. Така модернізація підвищує рівень захисту транспортного засобу та обладнання, а також розширює його функціональні можливості.

Посилання

1. Мобільні майстерні LOCKER: ключ до мобільності та виживання https://militarnyi.com/uk/blogs/mobilni-majsterni-locker-klyuch-do-mobilnosti-ta

СТРАТЕГІЯ ESG ЯК ІНСТРУМЕНТ ТРАНСФОРМАЦІЇ БІЗНЕСУ

Студент М.М. Гнатенко
Керівник – проф., докт. екон. наук Л.В. Соколова
Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, Україна

В сучасних умовах глобальних економічних та соціальних трансформацій актуалізується процес впровадження нових підходів до стратегічного управління бізнесом. Одним із таких підходів є ESG-стратегія, яка поєднує екологічні, соціальні та управлінські аспекти діяльності підприємств.

У теперішній час ключовим чинником формування довгострокової стійкості та конкурентоспроможності сучасного бізнесу є інтеграція ESG-принципів. Сутність такої стратегії полягає у поєднанні екологічно орієнтованого підходу до управління ресурсами, соціальної відповідальності

перед суспільством і працівниками, а також у забезпеченні прозорої та ефективної системи корпоративного управління. У більшості розвинених країн світу дотримання ESG-принципів уже стало звичною практикою, інтегрованою у стратегічне планування компаній. Водночас в Україні процес впровадження цього підходу лише формується та набуває дедалі більшої актуальності в умовах глобальної екологічної, економічної та соціальної трансформації.

Концепція ESG охоплює, як відомо, три ключові компоненти: Environmental (екологічні аспекти), Social (соціальна відповідальність) та Governance (корпоративне управління). Кожен із цих елементів має стратегічне значення для функціонування сучасних підприємств [1, с. 95]:

– екологічні аспекти полягають в управлінні викидами парникових газів, підвищенні енергоефективності, раціональному використанні природних ресурсів та сприянні сталому розвитку;

– соціальні аспекти полягають у дотриманні прав працівників, забезпеченні рівності можливостей, активній взаємодії з місцевими громадами;

– корпоративне управління забезпечує прозорість діяльності, підзвітність керівництва, дотримання етичних норм і стандартів.

Впровадження ESG-принципів у виробничо-комерційну діяльність підприємств допомагає top-менеджерам ефективніше управляти ризиками, підвищувати корпоративну репутацію та зміцнювати довіру інвесторів [2]. Інтеграція ESG у систему стратегічного управління підприємств передбачає: оцінку матеріальності ESG-факторів; визначення найбільш релевантних критеріїв для конкретного сектора; включення у корпоративні цілі та KPI; розробку звітності та забезпечення прозорості; залучення стейкголдерів. Таким чином, через ESG-компоненти розкриваються три основні аспекти сталого розвитку: охорона довкілля, соціальна відповідальність та ефективне корпоративне управління [1, с. 95].

Основною метою реалізації ESG-стратегій на підприємствах щодо охорони довкілля є покращення екологічних показників, зокрема: зниження впливу на довкілля; мінімізація викидів; управління ресурсами; адаптація ринкової діяльності до кліматичних ризиків.

Соціальні цілі ESG передбачають підвищення якості соціального впливу підприємств, включно з рівними трудовими практиками, різноманітністю, інклюзивністю та позитивними стосунками зі співробітниками та громадами. У сфері управління ESG-цілі спрямовані на підвищення прозорості, етичності та відповідальності корпоративного управління, у тому числі через антикорупційні практики та чіткі механізми контролю. Досягнення ESG цілей передбачає інтеграцію сталого розвитку у стратегічні рішення підприємств, у тому числі використання їх ресурсів відповідно до довгострокових екологічних і соціальних стандартів [3, с. 419]. Ефективна інтеграція ESG-принципів потребує взаємодії різних учасників ринку, зокрема підприємств, регуляторів і громадських організацій.

Основними рекомендаціями підприємствам для досягнення цілей ESG, які сформовано за [4, с .8], визначено такі, як:

– інтеграція ESG факторів у фінансовий аналіз та інвестиційні рішення;

– запровадження єдиних стандартів ESG звітності та вимог до розкриття інформації;

– лідерство компанії у впровадженні принципів сталого розвитку;

– розвиток інституційного та проактивного інвестування;

– підвищення рівня обізнаності та професійної підготовки з питань ESG;

– забезпечення об'єктивної інформаційної підтримки та громадського контролю.

Представлений перелік систематизує основні рекомендації для основних учасників ринку, котрі спрямовані на досягнення цілей ESG та охоплюють як стратегічні, так і інституційні аспекти впровадження ESG як інструменту трансформації бізнесу. Важливим елементом є інтеграція ESG-факторів у фінансовий аналіз та інвестиційні рішення. Запровадження єдиних стандартів звітності та вимог до розкриття інформації сприяє прозорості та зміцненню довіри з боку інвесторів. Забезпечення сталого соціально-економічного розвитку підприємств України [5] базується на формуванні та практичної реалізації сукупності зазначених рекомендацій

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що інструментом трансформації сучасного бізнесу виступає ESG-стратегія. Вона охоплює екологічні, соціальні та управлінські аспекти. Інтеграція ESG-принципів у стратегічне управління сприяє зниженню ризиків, підвищенню рівня прозорості та зміцненню довіри інвесторів. Таким чином, ESG-стратегія виступає ефективним механізмом довгострокового розвитку бізнесу та формування сучасного економічного середовища.

Посилання

1. Полінкевич О.М., Тринчук В.В., Кучеренко В.В. Інтеграція принципів ESG у систему стратегічного менеджменту підприємств: виклики та можливості. Економічна наука. Інвестиції: практика та досвід. – 2025. № 14. С. 93-98. URL: https://surl.li/qlvszg.
2. Корчагіна Л. Науково-методичні засади побудови механізму управління ESG-активністю на підприємстві. Економіка та суспільство. 2023. № 52.
URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/ view/2588.
3. Колесник О.О. ESG-стандарти управління в досягненні цілей сталого розвитку. Трансформація практики управління інноваційним розвитком соціально-економічних систем: колективна монографія / під заг. ред. В.В. Храпкіної, К.В. Пічик. Національний університет «Києво- Могилянська академія» / О.О. Колесник.– Київ: Видавничий дім «Києво- Могилянська академія», – 2024. С. 415-431. URL: https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/ bitstreams/95d5b443-869e-4e76-bb5f-27e99aee67d5/content.

4. Будякова О.Ю. Сучасні тенденції визначення принципів ESG у корпоративному сталому розвитку / О.Ю. Будякова, Д.Р. Конченко // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: «Економіка і менеджмент». – 2024, Вип. 60. – С. 4-11.
5. Стратегія сталого розвитку України на період до 2030 року. Сталий розвиток для України. URL:https://sd4ua.org/wp-content/uploads/2016/11/Strategy_Sustainable_Development_UA.pdf.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АНТИКРИЗОВИХ УПРАВЛІНСЬКИХ ІННОВАЦІЙ

Аспірантка – ст. викл. І.В. Грабовська
Керівник – доц., канд. екон. наук О.В. Савченко
Хмельницький національний університет
м. Хмельницький, Україна

В умовах посилення нестабільності економічного середовища, зростання ризиків та невизначеності зовнішніх факторів інноваційні рішення стають одним із ключових інструментів забезпечення стійкості та адаптивності підприємств. Водночас їх застосування у системі антикризового управління потребує не лише впровадження нових управлінських підходів, але й адекватного оцінювання результативності таких рішень. На відміну від традиційних управлінських заходів, інноваційні рішення характеризуються високим рівнем невизначеності результатів, значною варіативністю очікуваних ефектів та відкладеним характером отримання економічних результатів. Тому використання стандартних підходів до оцінювання ефективності управлінських рішень не завжди дозволяє об’єктивно визначити їх вплив на стабілізацію діяльності підприємства в кризових умовах. За таких обставин виникає необхідність формування спеціалізованих підходів і системи показників, що дозволяють комплексно оцінювати ефективність інноваційних рішень у системі антикризового управління з урахуванням динамічних умов зовнішнього середовища, рівня ризику, адаптивності підприємства та здатності до швидкої трансформації управлінських процесів.

Методичні напрацювання з розробки багаторівневої системи показників для оцінки ефективності інноваційних рішень в антикризовому управлінні є науково обґрунтованою відповіддю на цю проблему, що підтверджується сучасними дослідженнями [2; 3; 5; 6]. Зокрема, актуальність створення комплексних інтегральних інструментів оцінки в антикризовому менеджменті підкреслюється в роботах І. В. Кривов’язюка, де детально розглядаються методологія діагностики кризових явищ, інтегральні показники оцінки кризового стану підприємства, фактори ефективності антикризового

управління та необхідність інноваційних підходів до подолання криз. Автор акцентує увагу на тому, що традиційні методи оцінки недостатні в умовах невизначеності, тому потрібні багатокритеріальні системи, які поєднують фінансові, операційні та адаптивні аспекти [3, с. 236]. Актуальні дослідження останніх років підтверджують цю тенденцію: впровадження та оцінка інноваційних рішень в антикризовому управлінні потребує комплексних підходів до зниження наслідків криз, підвищення стійкості підприємств та використання цифрових інструментів для моніторингу ефективності [5].

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розвиток методичних підходів до оцінювання ефективності антикризових управлінських інновацій, спрямованих на підвищення адаптивності підприємств та результативності реалізації управлінських стратегій у періоди кризових трансформацій за умов високої невизначеності середовища господарювання.

У науковій літературі організаційно-управлінські інновації розглядаються як «впровадження новацій у будь-яку сферу діяльності, пов’язану з управлінням підприємством та організацією його діяльності, що дозволяє досягти зростання показників результативності, якості, ефективності, функціонування системи управління підприємства і досягнення цілей, які перед нею ставляться» [4, с. 236]. На відміну від звичайних інновацій, які спрямовані на поступове підвищення конкурентоспроможності та ефективності в умовах відносної стабільності ринкового середовища [5], антикризові управлінські інновації реалізуються в екстремальних умовах, коли пріоритетом стає виживання організації, а не її розвиток.

Чіткі відмінності проявляються за чотирма ключовими параметрами.

По-перше, висока невизначеність (англ. – knightian uncertainty): «ступінь невизначеності, обумовлена кризовими явищами, дуже високий», а «невизначеність – це неповнота або недостовірність інформації про умови реалізації рішення, наявність фактора випадковості чи протиріччя» [2, с. 108]. Звичайні інновації оперують ризиками, які можна кількісно оцінити, тоді як антикризові стикаються з істинною невизначеністю, зумовлену властивостями економічних процесів, що потребує спеціальних стохастичних та якісних методів оцінки.

По-друге, короткий горизонт планування: «Ухвалення рішень в умовах кризи та невизначеності характеризується сильним тиском з боку часових обмежень» і «терміновістю прийняття рішень» [2, с. 107]. Якщо звичайні інновації розраховані на роки стратегічного розвитку, то антикризові вимагають оперативного реагування протягом днів чи тижнів (ургентне антикризове управління).

По-третє, мультикритеріальність: оцінка ефективності має враховувати не лише фінансові показники, а й параметри стійкості (ліквідність, беззбитковість, майнові ризики), ресурсні обмеження та соціально-психологічні фактори [6, с. 63]. Звичайні інновації часто обмежуються одним-

двома критеріями (рентабельність, ROI), тоді як антикризові потребують комплексного підходу та вимірювання.

По-четверте, вплив зовнішніх кризоутворюючих факторів: «Війна – катастрофічне явище з тяжкими наслідками… Антикризове управління підприємств набуло надзвичайно важливого значення, зосереджуючись… не на розвитку, а на виживанні та уникненні банкрутства» [6, с. 60]. Зовнішні негативні фактори (озброєні конфлікти, епідемії, глобальні кризи) радикально змінюють пріоритети, на відміну від внутрішніх факторів, на які спрямовані звичайні інновації.

Одним із найбільш цитованих і авторитетних визначень управлінської інновації є підхід, запропонований Джуліаном Біркіншоу, Гарі Хамелом та Майклом Молом. Автори визначають управлінську інновацію як «винахід та впровадження управлінської практики, процесу, структури чи методики, що є новою для сучасного рівня техніки та призначеною для досягнення цілей організаційних цілей» [8]. Це формулювання підкреслює ключові характеристики: новизну відносно існуючого рівня розвитку управлінських знань і практик, а також орієнтацію на покращення організаційної ефективності. Воно відрізняється від ширших трактувань інновацій, оскільки акцентує саме на змінах у способах виконання управлінської роботи, а не лише на технологічних чи продуктових нововведеннях.

Гарі Хамел у своїх ранніх працях доповнює цю ідею, зазначаючи, що управлінська інновація є «значним відходом від традиційних принципів, процесів і практик управління або від звичних організаційних форм, що суттєво змінює спосіб виконання управлінської роботи» [10]. У книзі «The Future of Management» він розвиває цю думку, підкреслюючи, що справжні управлінські прориви змінюють фундаментальні механізми координації, мотивації та прийняття рішень в організації [11].

Важливо відмітити, що управлінська інновація – це не поступове вдосконалення, а часто радикальна перебудова управлінських систем, яка створює стійку конкурентну перевагу через новизну підходів до організації праці менеджерів. У антикризовому контексті така інновація набуває специфічного характеру: «організаційно-управлінські інновації слід розглядати як ефективний інструмент, застосування якого в системі антикризового управління значною мірою покращує становище підприємства та забезпечує ефективне функціонування організації в умовах невизначеності» [1, с. 216]. Таким чином, антикризові управлінські інновації пов’язані з формуванням нових механізмів прийняття рішень та організаційної взаємодії в умовах кризових загроз.

Сучасні дослідження у сфері організаційної стійкості також трактують інноваційні управлінські підходи як ключовий інструмент подолання криз та забезпечення позитивної адаптації. Стійкі (резилієнтні) організації, завдяки впровадженню інноваційних практик управління, швидко пристосовуються до несподіваних криз і продовжують ефективно функціонувати. Автори дослідження [12] наголошують, що стійкість виникає з процесів, які

створюють або зберігають ресурси (когнітивні, емоційні, реляційні, структурні) в гнучкій, конвертованій формі, дозволяючи організаціям «успішно справлятися з несподіваними викликами та виходити з них посиленими». Вони підкреслюють роль усвідомленого організування (тобто постійної пильності, присутності та чутливості до деталей у динамічному середовищі), компетенцій та розширення моделей поведінки, що безпосередньо пов’язано з інноваційними управлінськими практиками для швидкої адаптації та збереження функціонування. У цьому підході антикризова управлінська інновація виступає механізмом підвищення адаптивності та стійкості організаційних систем.

Інновації в управлінні під час кризових трансформацій є критично важливим елементом сучасного антикризового менеджменту. Класичні моделі стійкості, запропоновані Кетлін М. Сатклiф та Тімоті Дж. Вогуса доповнює концепція Ар'єна Бойна та Мішеля ван Етена, акцентуючи на критичному огляді: інновації в управлінні не є універсальним рішенням, але без них організації ризикують втратити здатність до ефективного реагування та довгострокової адаптації.

Серед ключових висновків авторів впливовій статті «The Resilient Organization: A Critical Appraisal» А. Бойна та М. ван Етена наступні положення: резилієнтні організації демонструють здатність до швидкої адаптації через гнучкі процеси, навчання на помилках та ефективне управління неочікуваними загрозами. Дослідники підкреслюють, що резилієнтність не є пасивним «відновленням», а передбачає активне використання організаційних характеристик і процесів для поглинання негативних впливів, збереження функціонування та виходу на новий рівень ефективності [9]. Бойн і ван Етен спираються на теорію високонадійних організацій та емпіричні кейси глибоких криз, показуючи, що успіх у кризі залежить від інноваційних підходів до координації, швидкого прийняття рішень та організаційного навчання.

У цьому підході антикризова управлінська інновація виступає механізмом, який забезпечує не лише виживання, а й трансформацію організації в умовах кризи. Вона включає впровадження нових координаційних механізмів, прискорене навчання та адаптивне прийняття рішень, що особливо актуально в турбулентному середовищі, коли традиційні управлінські підходи втрачають свою ефективність.

Результати численних досліджень свідчать, що ефективність антикризових управлінських інновацій проявляється саме через зростання комплексної результативності системи управління: від оперативного подолання кризових явищ у короткостроковій перспективі до формування довгострокової організаційної стійкості.

З огляду на зазначене, важливим науково-практичним завданням є визначення системи показників, що дозволяють оцінювати ефективність антикризових інноваційних рішень, враховуючи не лише економічні

результати діяльності, але й адаптивність, швидкість реагування на зміни середовища та рівень зниження кризових ризиків.

В таблиці 1 представлена порівняльна характеристика методик, які частково враховують невизначеність у контексті антикризового управління. Відповідно до наведених в таблиці характеристик, розглянуті методики не забезпечують комплексного оцінювання антикризових управлінських інновацій з динамічним і кількісним урахуванням змін зовнішнього середовища.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз методичних підходів до оцінювання антикризових рішень

Методика	Тип підходу	Основні показники / інструменти	Ступінь врахування невизначеності	Переваги в антикризовому контексті	Ключові обмеження в умовах турбулентності
Система збалансованих показників (BSC)	Комбінований	4 перспективи (фінансова, клієнтська, внутрішніх бізнес-процесів, навчання та зростання); причинно-наслідкові зв'язки	Середній (лише через перспективу навчання)	Стратегічна орієнтація, баланс фінансових/ нефінансових показників	Статичність перспектив, суб'єктивні ваги, відсутність стохастичних моделей
KPI (Ключові показники ефективності)/ OKR (Цілі та ключові результати)	Нефінансовий / комбінований	SMART-показники (прогнозні leading-індикатори та відстаючі/ запізнілі показники – lagging-індикатори)	Низький – середній	Оперативність, каскадування, швидкий моніторинг	Фокус на минулих результатах, маніпулювання системою, ігнорування сценаріїв невизначеності
Реінжиніринг бізнес-процесів (BPR)	Радикальний процесний	Скорочення циклу (40–60 %), зниження витрат (30–70 %)	Низький (детермінований)	Радикальна оптимізація процесів у стислі терміни	Високий ризик провалу (до 70 %), відсутність кількісної оцінки невизначеності
Метод оцінки реальних опціонів (ROV)	Фінансовий / стохастичний	Біноміальна модель, Black-Scholes, опціони (відкладання, розширення, відмова)	Високий (найкращий серед традиційних)	Пряме врахування гнучкості та сценаріїв невизначеності	Складність параметризації управлінських інновацій, ігнорування нефінансових ефектів

Джерело: авторська розробка.

Методики з використанням системи збалансованих показників (BSC) та формування системи ключових показників ефективності (KPI) ефективно працюють у стабільних умовах, але втрачають точність під час кризи через статичність. Зокрема, у KPI/OKR в антикризовому управлінні часто

використовують саме leading-індикатори – випереджальні показники (швидкість прийняття рішень, рівень готовності ресурсів, індекс опору змінам тощо), бо вони дають змогу реагувати завчасно. Але навіть це врахування невизначеності залишається частковим і якісним, без стохастичних моделей чи сценарного моделювання.

Реінжиніринг бізнес-процесів (BPR) часто трактується як антикризовий інструмент (кризовий реінжиніринг), оскільки дозволяє радикально скоротити витрати та терміни, перейти від функціональної до процесної моделі управління, інтегрувати цифрові технології для швидкої адаптації. Реінжиніринг бізнес-процесів ефективний у глибокій кризі, але вимагає сильного лідерства, управління змінами та доповнення стохастичними методами оцінки для врахування невизначеності.

Метод оцінки реальних опціонів (Real Options Valuation, ROV) – це фінансовий інструмент, який застосовує теорію опціонів (з моделі Блека-Шоулза, біноміальної моделі тощо) до оцінки реальних інвестицій та стратегічних рішень, а не лише фінансових деривативів. Метод оцінки реальних опціонів є найближчим до реалій кризи, проте надто складний для нефінансових управлінських інновацій і не охоплює такі складові, як людський та організаційний капітал.

Проведена систематизація свідчить про наявність значних недоліків у традиційних методиках, які ігнорують непередбачуваність криз, недооцінюють нефінансові ефекти (наприклад, збереження кадрового потенціалу чи репутаційні фактори) та не дозволяють оперативно коригувати рішення в реальному часі. У зв’язку з цим доцільно використовувати комплексний підхід, що враховує не лише економічний ефект, а й стратегічні, адаптивні та ризикові аспекти діяльності, і передбачає застосування інтегральних інструментів (наприклад, ACI-index) з чітким кількісним урахуванням невизначеності.

На відміну від стабільного середовища, де ефективність інновацій переважно оцінюється через довгострокові фінансові показники (ROI, NPV, зростання прибутку), в антикризовому контексті пріоритет переходить до мультикритеріальних, динамічних та стохастичних показників, які враховують:

– короткострокове виживання та мінімізацію втрат (ліквідність, беззбитковість, швидкість відновлення ключових процесів);

– адаптивність та резилієнтність (швидкість реагування на зовнішні виклики, гнучкість перерозподілу ресурсів, вихід на новий рівень стійкості та ефективності після кризи;

– стохастичні аспекти (ймовірнісні сценарії, волатильність результатів, коефіцієнти невизначеності);

– комплексну результативність системи управління (зниження опору змінам, зростання операційної ефективності, посилення організаційного навчання).

Розробка спеціалізованої системи показників оцінювання ефективності антикризових управлінських інновацій передбачає формування інтегрального індексу ефективності антикризових управлінських інновацій – ACI-index (Anti-Crisis Innovation Index). Такий індекс є комплексним інструментом вимірювання результативності інноваційних управлінських рішень у системі антикризового управління підприємством та базується на інтеграції декількох взаємопов'язаних груп показників.

Зокрема, ACI-index:

– поєднує фінансові, процесні, людські, ризикові та адаптивні блоки показників, що дозволяє комплексно оцінювати результати впровадження інноваційних управлінських рішень;

– враховує високий рівень невизначеності кризового середовища через використання процедур нормалізації показників, визначення вагових коефіцієнтів з урахуванням альтернативних сценаріїв розвитку подій або застосування інструментів нечіткої логіки;

– забезпечує можливість динамічного перерахунку значення індексу у короткостроковому часовому горизонті, що є особливо важливим в умовах швидкої зміни параметрів кризової ситуації;

– дозволяє кількісно фіксувати трансформацію підприємства від стану кризового виживання до етапу відновлення та формування передумов для подальшого стійкого розвитку.

Структура системи складається з п'яти основних блоків з базовими показниками:

1. Фінансовий блок охоплює показники ліквідності, беззбитковості, швидкості відновлення оборотності обігових коштів, частка втрат, компенсованих завдяки антикризовим інноваційним рішенням.

2. Операційно-процесний блок – скорочення циклу процесів, рівень автоматизації, ефективність реінжинірингу, час прийняття рішень.

3. Інноваційно-людський блок – рівень опору змінам, збереження ключового персоналу, індекс організаційного навчання.

4. Блок ризико-невизначеності – коефіцієнт волатильності результатів, ймовірнісні сценарії (метод Монте-Карло або нечіткої логіки), індекс невизначеності.

5. Стратегічно-адаптивний блок – рівень стійкості (резилієнтності), здатність до досягнення нового рівня стійкості та ефективності після подолання кризи, адаптивність до зовнішніх викликів.

Алгоритм розрахунку інтегрального індексу ефективності антикризових управлінських інновацій включає наступні етапи:

1. Збір та формування бази даних показників. На першому етапі здійснюється систематичний збір значень базових показників за всіма блоками інтегрального показника. У кризових умовах доцільним є скорочений період моніторингу, що передбачає оновлення даних щомісячно або навіть щотижнево для оперативного відстеження змін у діяльності підприємства.

2. Нормалізація даних. Оскільки показники мають різні одиниці виміру та масштаб значень, їх необхідно привести до порівнянної форми. Для цього застосовуються методи нормалізації даних, зокрема: min–max нормалізація, що переводить значення показників у діапазон від 0 до 1; z-score нормалізація, яка базується на стандартизації відносно середнього значення та стандартного відхилення. Цей етап забезпечує можливість інтегрування різнорідних показників у єдину систему оцінювання.

3. Визначення вагових коефіцієнтів показників. Для відображення різної значущості окремих показників у структурі індексу визначаються вагові коефіцієнти. Їх розрахунок може здійснюватися за допомогою комбінованого підходу, який поєднує:

− експертні методи оцінювання (наприклад, метод Делфі або аналіз ієрархій – AHP), що дозволяють врахувати професійні судження фахівців;

− ентропійний аналіз, який визначає ваги показників на основі інформаційної насиченості та варіативності даних.

Комбінація цих підходів дозволяє зменшити суб'єктивність оцінювання.

4. Урахування невизначеності кризового середовища. Оскільки кризові умови характеризуються високим рівнем невизначеності та нестабільності, на цьому етапі здійснюється коригування показників із застосуванням спеціальних аналітичних інструментів. Зокрема можуть використовуватися:

− методи нечіткої логіки для моделювання нечітких або неповних даних;

− ймовірнісні розподіли або сценарний аналіз, що дозволяють оцінити можливі варіанти розвитку подій та їх вплив на результати діяльності підприємства.

Такий підхід забезпечує більш реалістичне відображення результатів в умовах турбулентності середовища.

5. Розрахунок інтегрального значення індексу. На завершальному етапі здійснюється агрегування нормалізованих показників з урахуванням їх вагових коефіцієнтів за допомогою інтегральної формули:

$$ACI = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \tilde{x}_i \cdot \lambda_i \qquad (1.1)$$

де: w_i – вага індикатора,

$\tilde{x}_i$ – нормалізоване значення з корекцією на невизначеність,

λ_i – коефіцієнт адаптивності до рівня кризи (від 0,7 у глибокій кризі до 1,2 у фазі відновлення).

Шкала інтерпретації інтегрального значення індексу: 0–0,3 – критичний стан; 0,3–0,6 – стабілізація; 0,6–0,8 – адаптація; >0,8 – висока резилієнтність. Отримане значення ACI-index характеризує загальний рівень ефективності

антикризових управлінських інновацій та може використовуватися для порівняння динаміки показників у часі або оцінювання альтернативних управлінських рішень.

Висновки:

1. Сутність антикризових рішень полягає в тому, щоб в умовах дефіциту ресурсів і високої невизначеності забезпечити максимальну ефективність функціонування підприємства, зберігаючи його основні конкурентні переваги та потенціал до відновлення [6]. Антикризова управлінська інновація є різновидом управлінської інновації, спрямованої на адаптацію організації до кризових або турбулентних умов середовища.

На основі проведеного аналізу сучасних досліджень антикризову управлінську інновацію доцільно визначити як новий або вдосконалений управлінський підхід, метод чи організаційний механізм, що впроваджується з метою підвищення здатності організації передбачати, пом'якшувати та долати кризові явища, забезпечуючи її адаптивність, стійкість і ефективне функціонування в умовах невизначеності.

2. Зростання складності та динамічності сучасного економічного середовища, у якому кризові явища набувають системного і трансграничного характеру, зумовлює підвищену увагу до проблеми ефективності антикризових управлінських інновацій. У цих умовах особливого значення набуває розроблення підходів до оцінювання результативності інноваційних рішень у системі антикризового управління, що спрямоване на підвищення адаптивності підприємств та ефективності реалізації управлінських стратегій у періоди кризових трансформацій.

3. За результатами порівняльного аналізу методичних підходів до оцінювання антикризових рішень виявлено значні недоліки традиційних методик, які полягають лише у частковому врахуванні невизначеності зовнішнього середовища для суб'єктів господарювання.

4. На основі комплексного підходу, що включає не тільки економічний ефект, а й стратегічні, адаптивні та ризикові аспекти діяльності запропоновано застосування інтегрального індексу ефективності антикризових управлінських інновацій (ACI-index). Розглянута інтегральна система оцінки поєднує мультикритеріальність, динамічність та пряме врахування невизначеності, логічно продовжуючи лінію досліджень шляхом створення єдиного кількісного інструменту для оцінки антикризових управлінських інновацій в реальному часі кризи.

5. Застосування представленого методичного підходу дає змогу усунути методологічні обмеження традиційних методик оцінювання ефективності управлінських рішень та забезпечує більш адекватне відображення результатів інноваційних перетворень у реаліях динамічних змін середовища господарювання підприємств. У таких умовах ефективність інноваційних рішень визначається не стільки абсолютним приростом окремих економічних показників, скільки здатністю системи управління підтримувати стабільність функціонування підприємства, забезпечувати його адаптацію та посилювати потенціал розвитку в умовах глибокої невизначеності та зовнішніх впливів.

Посилання

1. Грабовська І.В. Особливості використання організаційно-управлінських інновацій у системі антикризового управління підприємством / І.В. Грабовська // Український журнал прикладної економіки та техніки. – 2023. – Т. 8. – № 2. – Режим доступу: https://surl.li/kzwbtw.
2. Грабовська І.В. Управління підприємством в умовах невизначеності та кризи / І.В. Грабовська // Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences. – 2024. – № 336(6). – С. 105–111. – Режим доступу: https://surl.li/pqguek.
3. Кривов'язюк І.В. Антикризове управління підприємством : навч. посіб. – 3-тє вид., доповн. і переробл. – К. : Видавничий дім «Кондор», 2020. – 396 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/ioadla.
4. Павленко Т.А. Місце організаційно-управлінських інновацій у забезпеченні конкурентоспроможності компанії / Т.А. Павленко, М.О. Кравченко // Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи : зб. тез доп. ІІ Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 22 квітня 2021 р.). – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2021. – С. 236–237.
5. Попик Н., Палей Д., Кондра Є. Впровадження та оцінка інноваційних рішень в антикризовому управлінні / Н. Попик, Д. Палей, Є. Кондра // Економіка та суспільство. – 2025. – № 71. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-119.
6. Середа А.В. Особливості діагностики кризових станів підприємства в мирний час та в умовах війни / А.В. Середа // Економіка і управління. – 2024. – Вип. 3. – Режим доступу: https://surl.li/vvhuia.
7. Шелест І.О. Моделювання економічної ефективності антикризових рішень підприємства : дипломна робота бакалавра : спец. 051 «Економіка». – Київ, 2025. – 86 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://surl.li/xowhth.
8. Birkinshaw J., Hamel G., Mol M.J. Management innovation // Academy of Management Review. – 2008. – Vol. 33. – No. 4. – P. 825–845. – [Electronic resource]. – Available at: https://surl.li/skkdqh.
9. Boin A., van Eeten M.J.G. The resilient organization: a critical appraisal // Public Management Review. – 2013. – Vol. 15. – No. 3. – P. 429–445. – [Electronic resource]. – Available at: https://surl.li/zjbwka.
10. Hamel G. The why, what, and how of management innovation // Harvard Business Review. – 2006. – Vol. 84. – No. 2. – P. 72–84. – Available at: https://surl.li/ughjpm.
11. Hamel G., Breen B. The Future of Management. – Boston : Harvard Business School Press, 2007. – Available at: https://surli.cc/flhmxp.
12. Vogus T.J., Sutcliffe K.M. Organizational resilience: Towards a theory and research agenda. – 2007. – P. 3418–3422. – [Electronic resource]. – Available at: https://surl.li/etszyy.

ДЕЯКІ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ СТЕНДУ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РУЧНОГО ГАЛЬМА АВТОМОБІЛЯ (на базі моделі ЛАНОС)

Студент АГ2511 Д.М. Гриценко
Керівник - доц., канд. техн. наук О.П. Посмітюха
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Безпека дорожнього руху значною мірою залежить від технічного стану гальмівних систем автомобіля. Актуальність теми пов'язана з необхідністю забезпечення безпеки експлуатації легкових автомобілів, де справність та ефективність ручного гальма відіграють ключову роль. Ручне гальмо використовується не лише для утримання автомобіля на стоянці, але й як допоміжний засіб у критичних ситуаціях. Недостатня ефективність цього вузла може призвести до аварійних випадків, особливо при експлуатації автомобіля на ухилах чи під час технічних маневрів. Тому створення спеціалізованого стенду для перевірки ефективності ручного гальма автомобіля Ланос є актуальним завданням у сфері діагностики та технічного обслуговування.

Метою роботи є розробка стенду, який дозволяє моделювати реальні умови роботи ручного гальма та об'єктивно оцінювати його технічний стан. Основні завдання:

- визначення сили натискання та моменту гальмування;
- оцінка коефіцієнта утримання автомобіля на ухилі;
- моделювання різних експлуатаційних умов;
- автоматизація процесу вимірювання та аналізу результатів.

У процесі першого етапу дослідження було проведено огляд українських наукових публікацій та інтернет-статей, присвячених діагностиці гальмівних систем. Зокрема, у працях вітчизняних авторів (Кравченко, 2018; Сидоренко, 2020) розглянуто методи оцінки ефективності стоянкових гальм та їх вплив на безпеку руху. У матеріалах профільних технічних університетів України (НТУ «ХПІ», ДНУ, НАУ) наведено приклади створення навчально-лабораторних стендів для дослідження гальмівних систем легкових автомобілів. Інтернет-джерела (автомобільні портали, технічні блоги) підтверджують актуальність проблеми та демонструють практичні підходи до перевірки ручного гальма у сервісних центрах. Це свідчить про необхідність створення універсального стенду, який поєднує наукову точність та практичну зручність.

У роботі представлено огляд майбутнього проекту стенду, який дозволить моделювати реальні умови роботи ручного гальма та оцінювати його технічний стан. Конструкція стенду передбачає використання вимірювальних датчиків для визначення сили натискання, моменту гальмування та коефіцієнта утримання автомобіля на ухилі. Для автомобіля

Ланос, що має широке поширення в Україні, створення такого стенду є особливо важливим, адже він дозволяє швидко та об’єктивно оцінити працездатність вузла без необхідності проведення тривалих дорожніх випробувань.

Особливу увагу приділено вибору матеріалів та конструктивних рішень для забезпечення довговічності та точності вимірювань. Стенд оснащено системою регулювання навантаження, що дозволяє моделювати різні експлуатаційні умови — від рівної поверхні до крутих ухилів. Використання електронних сенсорів та програмного забезпечення забезпечує автоматичну реєстрацію результатів, їх аналіз та формування висновків щодо технічного стану гальмівної системи.

Практичне значення проекту полягає у створенні універсального діагностичного засобу, який може бути використаний у сервісних центрах, навчальних закладах та на підприємствах технічного обслуговування автомобілів. Стенд дозволяє підвищити якість діагностики, скоротити час перевірки та забезпечити об’єктивність оцінки ефективності ручного гальма. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню рівня безпеки дорожнього руху та зниженню ризику аварійних ситуацій.

Розроблений стенд перевірки ефективності ручного гальма автомобіля Ланос може бути використаний у сервісних центрах для швидкої діагностики, у навчальних закладах як навчально-методичний засіб, а також на підприємствах технічного обслуговування автомобілів. Використання стенду дозволяє підвищити якість діагностики, скоротити час перевірки та забезпечити об’єктивність оцінки ефективності ручного гальма. Це сприяє підвищенню рівня безпеки дорожнього руху та зниженню ризику аварійних ситуацій. В майбутньому планується розгляд можливості використання стенду для діагностування інших марок автомобілів, з можливістю дообладнання його іншим набором датчиків та сенсорів.

Посилання

1. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). *Mechanical Demining Equipment Catalogue*. Geneva, 2020.
2. International Mine Action Standards (IMAS). *Mechanical Demining – Guidelines and Best Practices*. UNMAS, 2019.
3. Habib, M. K. *Humanitarian Demining: Innovative Solutions and the Challenges of Technology Transfer*. International Journal of Advanced Robotic Systems, 2013.
4. Кравченко О. В. *Діагностика гальмівних систем легкових автомобілів*. Вісник НТУ «ХПІ», 2018.
5. Сидоренко П. М. *Методи оцінки ефективності стоянкових гальм*. Автомобільний транспорт, 2020.

СУТНІСТЬ ТА ЗНАЧЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ СТРАТЕГІЙ ДЛЯ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Аспірант П.С. Дарморoз
Науковий керівник к.е.н., доцент Т.В. Полішко
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

В умовах економічної нестабільності промислові підприємства стикаються не лише зі скороченням попиту чи дефіцитом ресурсів, а й з прискоренням технологічних змін, посиленням конкуренції та зростанням вимог до екологічної й організаційної стійкості. Саме тому інноваційні стратегії доцільно розглядати не як окремий напрям модернізації, а як системний інструмент розвитку підприємства, що поєднує технологічні, продуктові, організаційні та управлінські зміни.

Сутність інноваційної стратегії полягає у визначенні довгострокового напряму оновлення підприємства на основі нових знань, технологій, процесів і моделей створення вартості. На відміну від локальних інноваційних рішень, стратегія задає узгоджену логіку змін: які компетенції потрібно розвивати, які ринки освоювати, які процеси оновлювати та якими ресурсами забезпечувати трансформацію. Її практичне значення особливо зростає у промисловості, де інвестиційні цикли є тривалими, а помилки у виборі напряму розвитку мають високу вартість.

Економічна нестабільність змінює саму роль інноваційних стратегій. Якщо у стабільних умовах вони здебільшого орієнтовані на зростання прибутковості та розширення ринків, то в кризовому середовищі на перший план виходять функції адаптації, зниження вразливості та забезпечення безперервності діяльності. Інноваційна стратегія дає підприємству змогу диверсифікувати продуктову структуру, скоротити ресурсомісткість виробництва, підвищити гнучкість операцій та зменшити залежність від окремих постачальників чи технологічних ланцюгів.

За даними Eurostat, у 2020-2022 роках близько 51 % підприємств у ЄС були інноваційно активними, а 47 % фактично впровадили інновації. Водночас у 2023 році в обробній промисловості ЄС функціонувало понад 2,2 млн підприємств, на яких працювали більш як 30 млн осіб. Це свідчить про те, що інноваційна активність є не точковим явищем, а ключовою характеристикою сучасної промислової системи. [1; 2]

Для промислових підприємств доцільно виокремлювати кілька базових типів інноваційних стратегій: технологічні, продуктові, організаційні та ринкові. Кожна з них має власну логіку, однак у практиці розвитку підприємства вони реалізуються у взаємозв’язку. Саме комбінування цих підходів забезпечує стратегічну гнучкість та здатність підприємства реагувати на зміни зовнішнього середовища.

Таблиця 1 – Основні типи інноваційних стратегій промислових підприємств

Тип стратегії	Зміст	Практичне значення в умовах нестабільності
Технологічна	Оновлення обладнання, автоматизація, енергоощадні рішення	Скорочення витрат, підвищення продуктивності та зниження виробничих ризиків
Продуктова	Створення нових видів продукції або адаптація наявної до нових вимог ринку	Підвищення ринкової стійкості та розширення каналів збуту
Організаційна	Удосконалення системи управління, кооперації та внутрішніх бізнес-процесів	Прискорення прийняття рішень і підвищення адаптивності підприємства
Ринкова	Освоєння нових сегментів, клієнтських ніш та експортних напрямів	Зменшення залежності від окремих ринків і диверсифікація доходів

Джерело: [3; 4]

У сучасній практиці ефективні інноваційні стратегії дедалі частіше формуються не ізольовано в межах одного підприємства, а у взаємодії з університетами, дослідницькими центрами, фінансовими установами та інституціями підтримки бізнесу. Такий підхід дає змогу прискорити комерціалізацію нових рішень, залучати зовнішні знання й ресурси та формувати більш стійку інноваційну екосистему.

Особливе значення інноваційних стратегій полягає у їх впливі на стійкість підприємства. Наприклад, стратегія ресурсоефективності дозволяє знизити виробничі витрати в умовах зростання цін на енергоносії; стратегія продуктової диверсифікації зменшує залежність від вузького ринку збуту; організаційні інновації скорочують час прийняття рішень і підвищують адаптивність до зовнішніх змін.

Для України ця проблематика є особливо актуальною. В умовах війни, порушення логістики, втрати частини виробничих потужностей і високої невизначеності традиційні моделі розвитку промисловості виявляються недостатніми. Пріоритету набувають стратегії, що поєднують модернізацію виробництва, кооперацію з наукою, енергоощадність, експортну адаптацію та поступову інтеграцію до європейського промислового простору.

Висновки:

1. Інноваційні стратегії є системним інструментом розвитку промислових підприємств, який забезпечує узгоджене оновлення технологій, продуктів, організації та ринкової поведінки.

2. В умовах економічної нестабільності їх значення зростає, оскільки вони сприяють підвищенню гнучкості, стійкості та конкурентоспроможності підприємства.

3. Для українських промислових підприємств формування інноваційних стратегій має стати важливою складовою антикризового управління та післявоєнного відновлення.

Посилання

1. Eurostat. Innovation profiles of enterprises – results. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Innovation_profiles_of_enterprises_-_results (дата звернення: 10.03.2026).
2. European Commission. European Innovation Scoreboard 2024. URL: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en (дата звернення: 13.03.2026).
3. OECD. Main Science and Technology Indicators: Highlights. URL: https://www.oecd.org/sti/msti-highlights.pdf (дата звернення: 13.03.2026).
4. United Nations Industrial Development Organization. Industrial Development Report 2024. URL: https://www.unido.org/idr2024 (дата звернення: 16.03.2026).

СИСТЕМАТИЧНІ ТА НЕСИСТЕМАТИЧНІ ЕКОНОМІЧНІ РИЗИКИ

К.е.н., доцент Я.А. Дроботя,
к.е.н., доцент, доцент кафедри[1] О.О. Дорошенко,
здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії С.А. Кравченко
[1] Кафедра фінансів, економічних досліджень і туризму
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Ризик та розвиток економіки, суспільства, підприємництва – постійні партнери. Навіть більше, без ризику не існує жодного розвитку в межах економіки, суспільства, підприємництва. Ризик є постійним супутником всього, що відбувається в світі і це не лише економіка. Проте, об’єктом нашого дослідження є саме економічний ризик і його вплив на підприємництво, тож зосередимо увагу саме на даному напрямку.

Акцентуючи на ризику варто звернути увагу на його систематичну та несистематичну складову. Систематична складова економічних ризиків суб’єкта господарювання не залежить від самого суб’єкта і він повинен лише пристосовуватись до цієї складової. Несистематична - навпаки повністю залежить від конкретних рішень суб’єкту. Такий розподіл ризику дозволить вчасно виявити вузькі місця в управлінні несистематичними ризиками і

постійно тримати руку на пульсі пристосовуючись до зовнішніх змін економічного середовища.

Тож, окреслимо, які економічні ризики є систематичними:

- відсотковий;
- валютний;
- ціновий;
- податковий.

Дана група ризиків залежить від того, що відбувається в економіці в конкретний період часу і впливає однаково на всіх економічних суб'єктів. Правильний і обґрунтований вибір фінансового рішення в межах конкретного суб'єкту може знизити вплив даного ризику і навпаки, за неправильного фінансового рішення суб'єкту.

Варто акцентувати, що ризики, котрі є систематичними формуються на основі здійснення впливу діяльності і кон'юнктури в межах конкретного фінансового ринку, а також розвитку його видів, сегментів. Акцентуючи увагу на систематичних фінансових ризиках підприємство повинно тримати руку на пульсі звертаючи увагу на кон'юнктуру фінансового ринку і методах здійснення її оцінки.

Підприємство приймаючи власні фінансові рішення повинно знати ступінь активності та коливання, що здійснюються в межах фінансового ринку (окремих його видів, сегментів). Тож ефективне фінансове рішення з мінімізацією ринку – це не лише знання внутрішньої ситуації в межах суб'єкту, а й знання всього середовища функціонування суб'єкту. Дослідження кон'юнктури фінансового ринку конкретним суб'єктом – запорука його ефективних фінансових рішень.

Несистематичні фінансові ризики властиві конкретному суб'єкту:

- ризик фінансової стійкості;
- ризик неплатоспроможності;
- структурний ризик;
- депозитний ризик;
- інвестиційний ризик;
- інноваційний ризик;
- кредитний ризик;
- ризик крадіжки;
- тощо.

Ця група ризиків значно варіює в межах конкретного суб'єкту і залежить від рішень цього суб'єкту.

Систематичні ризики залежать від:

- конкретних управлінських рішень та дій в межах суб'єкту господарювання;
- освіти та кваліфікації персоналу підприємства загалом та менеджерів і управлінців вищої ланки зокрема;
- управлінських методів та їх поєднання в межах суб'єкту;
- структурованості капіталу та активів конкретного суб'єкту;

- виду діяльності суб'єкту;
- формування взаємовідносин із постачальниками, споживачами та здатності до швидкої заміни постачальників і споживачів;
- якості продукції;
- тощо.

Висновки. Отже, систематичні та несистематичні ризики – постійні супутники діяльності будь-якого економічного суб'єкту, а ефективне їх дослідження це запорука успіху та зниження даних ризиків для суб'єкту.

Посилання

1. Куліш Г. П., Родніченко І. В. Вплив фінансових ризиків на результати діяльності підприємства. *Причорноморські економічні студії.* 2018. Вип. 25. С. 98–103.
2. Пожар Є. П. Аналіз фінансових ризиків та методи їх нейтралізації на підприємстві. *Інфраструктура ринку.* 2020. Вип. 43. С. 387–391.
3. Томілін, О., Краснікова, О., Гечбаия, Б., Зоря, С., Дроботя, Я., & Синиця, Ю. (2023). Управління ризиками в аграрному секторі: фінансовий аспект. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 4(51), 147–162. https://doi.org/10.55643/fcaptp.4.51.2023.4096.
4. Томілін О. О., Тютюнник Ю. М., Бражник Л.В., Дроботя Я. А. Фінансово-економічний словник – довідник / за наук. ред. проф. О. О. Томіліна / Полтава: ПДАУ. 2023. 108 с.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ФУНКЦІЙ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ ТА АНАЛІЗУ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Викладач А.С. Захорольська
Відокремлений структурний підрозділ
«Фаховий коледж харчових технологій та підприємництва Дніпровського державного технічного університету»

У сучасних умовах розвитку економіки ефективне управління підприємством неможливе без якісної інформаційної бази, яку формують бухгалтерський облік та аналіз господарської діяльності. Вони є взаємопов'язаними елементами системи управління, що забезпечують прийняття обґрунтованих управлінських рішень [2].

Бухгалтерський облік виконує низку важливих функцій, серед яких інформаційна, контрольна, аналітична та управлінська [1]. Інформаційна функція полягає у формуванні достовірних даних про фінансово-господарську діяльність підприємства [6]. Контрольна функція забезпечує дотримання фінансової дисципліни, раціональне використання ресурсів та

збереження майна [7]. Аналітична функція створює передумови для проведення економічного аналізу, а управлінська — сприяє плануванню та прогнозуванню діяльності підприємства [1, 2].

Аналіз господарської діяльності, у свою чергу, базується на обліковій інформації та виконує оцінювальну, діагностичну і прогностичну функції [3]. Він дозволяє виявити відхилення фактичних показників від планових, визначити причини таких відхилень, оцінити ефективність використання ресурсів та фінансовий стан підприємства [4].

Взаємозв'язок бухгалтерського обліку та аналізу господарської діяльності проявляється насамперед у тому, що облік забезпечує аналіз необхідною інформацією, а результати аналізу використовуються для вдосконалення облікової політики та управління підприємством [5]. Якість аналітичних висновків безпосередньо залежить від повноти, достовірності та своєчасності облікових даних [6]. Водночас результати аналізу дозволяють оцінити ефективність організації обліку, виявити недоліки в системі облікової інформації та запропонувати шляхи її вдосконалення.

Характеристика	**Бухгалтерський облік**	**Аналіз господарської діяльності**
Основна мета	Суцільне та безперервне відображення господарських операцій.	Оцінка результатів, виявлення чинників впливу та резервів росту.
Об'єкт дослідження	Господарські засоби та їх джерела у грошовому вимірі.	Економічні процеси, результати діяльності та їх ефективність.
Часовий вектор	Фіксація фактів, що вже відбулися (минулий час).	Оцінка минулого, діагностика теперішнього та прогноз майбутнього.
Методи	Подвійний запис, рахунки, баланс, інвентаризація.	Порівняння, елімінування, факторний аналіз, математичне моделювання.
Результат	Фінансова та статистична звітність.	Аналітичний звіт, висновки, рекомендації для керівництва.

Таким чином, бухгалтерський облік і аналіз господарської діяльності формують єдину інформаційно-аналітичну систему управління, що сприяє підвищенню ефективності функціонування підприємства та його конкурентоспроможності [2, 3].

Отже, бухгалтерський облік і аналіз господарської діяльності утворюють єдину інформаційно-аналітичну систему управління підприємством. Їх тісний взаємозв'язок сприяє підвищенню ефективності

діяльності, забезпеченню фінансової стабільності та конкурентоспроможності суб'єкта господарювання.

Посилання

1. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 № 2755-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17 (дата звернення: 01.02.2026).
2. Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні : Закон України від 16.07.1999 № 996-XIV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/996-14 (дата звернення: 01.02.2026).
3. Національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку 1 «Загальні вимоги до фінансової звітності» : наказ Міністерства фінансів України від 07.02.2013 № 73. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0336-13 (дата звернення: 01.02.2026).
4. Бутинець Ф. Ф. Бухгалтерський облік : навч. посіб. Житомир : ПП «Рута», 2020. 640 с.
5. Голов С. Ф. Бухгалтерський облік в Україні: теорія і практика : підручник. Київ : Лібра, 2019. 576 с.
6. Кіндрацька Г. І., Білик М. С., Загородній А. Г. Економічний аналіз : підручник. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2021. 512 с.
7. Кузьмін О. Є., Мельник Л. Г. Аналіз господарської діяльності підприємства : навч. посіб. Київ : Знання, 2018. 336 с.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОБОТИ КОМАНДИРА МОСТОВОГО ПІДРОЗДІЛУ ПІД ЧАС ОЦІНЮВАННЯ ЗАГРОЗ ЗА ПРОЦЕДУРОЮ TLP (TROOPS LEADING PROCEDURE)

Курсант О.В. Земницький
Керівник - доцент А.О. Булгаков
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Умовах повномасштабної збройної агресії РФ проти України мостові переправи стали об'єктами критичного значення та є пріоритетними цілями для ураження. Для командира мостового підрозділу ключовим вектором планування стає не лише виконання інженерного завдання, а забезпечення живучості критичних спроможностей за двома основними напрямками:

1. Забезпечення живучесті підрозділу
2. Забезпечення стійкості мостової споруди

Troops Leading Procedures(TLP) – динамічний процес який використовується командирами підрозділів з метою аналізу місії, розробки плану та підготовки до виконання бойового завдання.

На сьогодні процедури TLP є базовим алгоритмом роботи для всіх команд під час планування та підготовки до бою.

Процедура **METT-TC** є критично важливим етапом планування за алгоритмом **TLP (Troop Leading Procedures)**. Вона дозволяє командиру структурувати збір інформації та прийняти обґрунтоване рішення.Метою цього етапу є детальний аналіз ключових чинників, що впливають на виконання бойового завдання. Кожна літера абревіатури розкриває окремий аспект планування:

M-MISSION (Завдання) ; E-ENEMY (Ворог) ; T-Terrain and Weather (Місцевість та погода) ; T-Troops and Support Available (Власні війська та засоби підтримки) ; T-Time Available (Час);

C-**Civil Considerations (Цивільні фактори).**

Виконання завдання базуватиметься на комплексній оцінки сил противника та системному аналізі фактора **«E»** (Enemy) за процедурою METT-TC, що дозволить об’єктивно оцінити загрози та спроможності ворога у визначеному районі.

Здійснення оцінки загроз відбувається за рахунок постійного аналізу та систематизації оперативної інформації яка надходить від старшого начальника та суміжних сил.

Під час такої оцінки особлива увага звертається на зміну оперативної обстановки на лінії бойового зіткнення. Здійснюється оцінка потенційних сил та засобів ураження противника , припущень про подальші дії супротивника спираючись на вище зазначену інформацію.

Під час аналізу виявляються загрози виявлення противником міст дислокації особового складу , техніки та локації на яких виконується завдання в результаті здійснення розвідки противником із застосуванням БПЛА, що може призвести до активного застосування супротивником наявних у нього засобів вогневого ураження з метою недопущення виконання поставленого завдання.

При цьому існує залежність оцінювання відповідних загроз командиром від відстані району виконання мостового підрозділу бойового зіткнення (таблиця 1.).

Аналізуючи інформацію , яка була отримана від старшого начальника та суміжних підрозділів з’ясовується можливість застосування противником по зоні дислокації підрозділу та локації виконання поставленого завдання наступних засобів вогневого ураження та ударних БПЛА.

В той же час можна встановити залежність оцінювання загроз нанесення ударів противника по силам і засобам підрозділу під час виконання завдань від району місце знаходження виконання завдань (таблиця 2.).

Таблиця 1 - Засоби для здійснення розвідки

Найменування засобів ураження противника	Максимальна дальність	Відстань району виконання завдань від лінії бойового зіткнення			
		до 10км	10-20км	20-40км	>40
ZALA	До 60 км	+	+	+	+
SUPERCAM	До 40 км	+	+	+	-
Молнія	До 30 км	+	+	+	-
Mavic 3	До 8 км	+	-	-	-
Mavic 3 Thermal	До 30 км	+	+	+	-
Орлан 10 / Орлан 30	До 600 км	+	+	+	+

Таблиця 2 - Засоби вогневого ураження

Найменування засобів ураження противника	Максимальна дальність	Відстань району виконання завдань від лінії бойового зіткнення			
		до 10км	10-20км	20-40км	>40
Ударні БПЛА “Ланцет 1,3; Скальпель ; Молнія”	До 40км	+	+	+	-
Ударні БПЛА Герань 1-2	До 900км	+	+	+	+
FVP Дрони “BT40; ZALA 421; Гастелло”	До 10км	+	-	-	-
Міномети M224 60мм ; КБА-48М 82мм M/41D 120мм	До 10км	+	-	-	-
РСЗВ БМ-21 «Град» БМ-27 «Ураган»	До 40км	+	+	+	-
БМ-30 «Смерч»	До 90км	+	+	+	+
«Торнадо-С»	До 120км	+	+	+	+
Балістичні ракети «Іскандер-М» ; С-300 / С-400 ; KN-23	До 500 км	+	+	+	+

Висновки:

За досвідом бойових дій агресії РФ проти України командир повинен знати :

1. Оцінка загроз командиром мостового підрозділу під час планування завдань залежить від безпосереднього місце знаходження виконання спеціального завдання;

2. Знати тактико-технічні характеристики засобів вогневого ураження та найбільш розповсюджених ударних БПЛА
3. Повинен брати до уваги тільки те озброєння противника що несе безпосередню загрозу виконання завдань;
4. Під час оцінювання загроз повинні звертати увагу на технічне озброєння , а не на особовий склад противника.

Посилання

1. Основи військового управління (у тому числі за процедурами Troop Leading Proccess) навч. посіб. / І. Остапенко , А. Булгаков, Укр. держ. ун-т науки і технологій.- Дніпро; Журфонд. 2025.
2. Бойовий статут механізованих і танкових військ Сухопутних військ ЗС України, МО України, затверджений наказом командувача Сухопутних військ Збройних Сил України від 25.05.2016 № 238.

OPTIMIZATION OF EARTH DAM PARAMETERS UNDER CHANGING HYDROLOGICAL REGIME

Student D.M. Kravets
Supervisor: lecturer Ya.S. Nesterov
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI «Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture»
Dnipro, Ukraine

An earth dam always appears convincing: it «speaks silently» through the mass of soil, the geometry of its slopes, and the confident horizontal line of the crest. Its strength lies in the simplicity of its material, while its responsibility lies in the complexity of water. Water does not remember drawings; it arrives shaped by precipitation, relief, soils, land reclamation, and climatic variability. When the hydrological regime changes—shifting the boundaries between normal and extreme conditions—the optimization of earth dam parameters ceases to be a one-time design decision and becomes a task of long-term reliability and controlled risk [4].

In classical engineering logic, the optimization of dam parameters is the search for a balance between safety and economy. The principal geometric and structural parameters of a dam—height, crest width, slope inclination, the presence and type of seepage control elements, as well as the allowance of crest elevation above the design water level—shape its stability and determine the structure's capacity to safely withstand hydrostatic loads, control seepage processes, limit deformations, and resist erosion and wave action. At the same time, these parameters directly affect the volume of earthworks, material requirements, construction costs, and operational expenses. Engineering guidelines for earth and

rockfill dams emphasize that structural reliability begins with properly formed geometry and well-designed seepage control and drainage systems that ensure controlled seepage flow and slope stability [1].

However, in real-world conditions, «optimality» does not exist within static assumptions. A changing hydrological regime implies that the statistics of floods and droughts may lose stationarity: extreme events become less predictable in terms of frequency and hydrograph shape, while low-flow periods become longer and more severe. This directly affects two of the most sensitive components of an earth dam: the passage of floods through spillway structures and the seepage–deformation behavior of the dam body during prolonged high water levels or repeated filling–drawdown cycles. For this reason, modern approaches in water resources engineering increasingly require consideration of uncertainty and scenario-based future hydro-meteorological conditions within a risk-informed planning framework [4].

A key "entry point" of variable hydrology into optimization is the selection of the design flood and the dam's ability to safely pass it. In dam safety practice, approaches for selecting and accommodating the Inflow Design Flood (IDF) are widely applied. The IDF represents the design inflow flood for which spillway capacity and reservoir water levels are evaluated. Federal dam safety guidelines emphasize aligning the magnitude of the Inflow Design Flood with the hazard classification of the structure and the consequences of potential failure, as well as the need for systematic assessment of spillway and outlet works [2].

In the context of variable hydrology, optimization becomes a multi-criteria decision problem. Increasing dam height enhances storage capacity and provides additional protection against overtopping, but simultaneously increases foundation loads, earthwork volumes, and requirements for seepage control and slope stability. Increasing spillway capacity reduces overtopping risk, yet may raise capital costs and require additional protection of the downstream channel and energy dissipation structures. Flattening slopes improves stability and reduces erosion sensitivity, but increases land take and embankment volume. Thus, the optimum emerges not from a single formula, but from a set of trade-offs in which safety remains the dominant constraint.

Additional complexity arises because changes in the hydrological regime involve not only peak magnitudes but also event duration. For earth dams, not only the maximum discharge is critical, but also the duration of high water levels, which governs seepage gradients and the development of pore pressures. Consequently, parameter optimization increasingly includes checks against multiple hydrograph scenarios, accounting for prolonged flood waves, sequences of intense rainfall, and combinations of high water levels with significant wave action. Agency reviews addressing the incorporation of climate change into flood hazard assessment for dams emphasize the need to analyze future changes in precipitation and runoff and to integrate them into hydrological and hydraulic calculations to manage the risk of reservoir overtopping [3].

In practical terms, this means that the optimization of earth dam parameters under variable hydrological conditions should be based on a risk-informed selection of design

loads (floods, water levels, waves) that is not limited to historical records but is tested for sensitivity to uncertainty scenarios [2–4]. At the same time, the robustness of structural solutions becomes critically important, referring to dam body parameters, drainage systems, filters, and protective measures that maintain functionality even when the actual hydrological regime proves more severe than anticipated [1]. Equally important is the adaptability of design solutions, which implies the possibility of phased upgrades of the structure, including crest raising, enhancement of spillway structures, and implementation of additional seepage control measures based on monitoring data and periodic reassessment of design assumptions [4].

Under this perspective, optimization is no longer merely the minimization of cost while meeting standards. It becomes an engineering strategy: how to embed sufficient strength reserves into the geometry and structure of the dam without overburdening the project with excessive costs; how to select crest elevation allowances justified under increasing extreme precipitation; how to align slope stability with real erosion processes; and how to ensure that spillways remain functional under future conditions. It is at the intersection of these considerations that the contemporary meaning of optimization emerges.

The optimization of earth dam parameters under changing hydrological regimes represents a synthesis of classical engineering principles and modern risk-oriented thinking. It involves the simultaneous control of geometry, seepage, stability, and flood conveyance, as well as readiness to revise design decisions as new data accumulate and climatic–hydrological conditions evolve. An earth dam remains a «simple» structure in terms of material, yet its optimum in the twenty-first century is one that accounts not only for soil and water, but also for the changing statistics of nature itself [1–4].

References

1. U.S. Army Corps of Engineers. EM 1110-2-2300: General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-Fill Dams [Електронний ресурс]. Washington, DC: USACE, 2004. Режим доступу: https://www.publications.usace.army.mil/portals/76/publications/engineermanuals/em_1110-2-2300.pdf
2. Federal Emergency Management Agency. Federal Guidelines for Dam Safety: Selecting and Accommodating Inflow Design Floods for Dams [Електронний ресурс]. FEMA, 2004. Режим доступу: https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-04/fema-94.pdf
3. U.S. Bureau of Reclamation. Incorporating Climate Change into the Safety of Dams: Flood Hazard [Електронний ресурс]. Denver : USBR, 2024. Режим доступу: https://usbr.gov/watersmart//climate/docs/TM-ENV-2024-002_CCCS-2022-004_Climate_Change_Safety_of_Dams_Flood_Hazard.pdf
4. U.S. Army Corps of Engineers. ECB No. 2026-1: Incorporating Resilience to Nonstationary Hydrometeorological Conditions in USACE Civil Works Studies, Designs, and Projects [Електронний ресурс]. USACE, 2026. Режим доступу: https://www.wbdg.org/FFC/ARMYCOE/COEECB/ecb_2026_1.pdf

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО МОТИВУВАННЯ ПРАЦІВНИКІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Студент Я.І. Кузьмич
Керівник - Л.В. Матюк
Відокремлений структурний підрозділ "Любешівський технічний фаховий коледж Луцького національного технічного університету", селище Любешів, Україна

В умовах воєнного стану особливо актуальним є питання мотивації працівників, адже війна дуже негативно вплинула на діяльність підприємств, спричинивши економічну нестабільність, порушення виробничих процесів і зміну умов праці. Працівники працюють в стресових умовах та переживають за свою безпеку і безпеку сім'ї. При постійному відчутті невизначеності майбутнього погіршується психологічний та емоційний стан працівника, що призводить до зниження їхньої мотивації та продуктивності.

Мотивація стає тією опорою яка тримає колектив на плаву.

Мотивація персоналу - це комплекс заходів, які заохочують працівників відповідально ставитися до своїх обов'язків і досягати кращих результатів для підприємства.

Таблиця 1 – Види мотивації працівника

ВИДИ МОТИВАЦІЇ ПРАЦІВНИКА		
Матеріальна	Нематеріальна	Соціальна
Заробітна плата, премії, бонуси, пільги, медичне страхування, компенсація проїзду.	Різні відзнаки працівників (грамоти чи подяки), публічна похвала працівника перед колективом, тренінги та навчання.	Підтримка колег, участь в командній роботі, корпоративні заходи, відчуття належності до колективу.

Метою мотивації під час воєнного стану є підтримка психологічного стану працівників, фінансова стабільність, збереження персоналу, продуктивність роботи та створення умов для швидшого пристосування до змін, зниження рівня незадоволеності персоналу.

Роль мотивації у підвищенні продуктивності праці:

1. Мотивація стимулює працівників до кращого, більш ефективнішого виконання роботи
2. Зацікавленість роботою підвищує продуктивність і якість роботи.
3. Допомагає працівникам швидше пристосуватися до змін і працювати в кризових умовах
4. Заохочує професійний ріст
5. Сприяє утриманню працівників на робочих місцях і зменшенню їхнього звільнення.

Особливості мотивації в кризових умовах та під час воєнного стану полягають у швидкому реагуванні на зміни, підтримці працівників, адаптації умов праці та забезпечення стабільності й безпеки.

Війна суттєво вплинула на мотивацію персоналу. Керівник під час воєнного стану відповідає за стабільність підприємства і його працівників, забезпечує своєчасну виплату зарплат, збереження робочих місць та безпечні умови праці. Наявність укриття і можливість залишити роботу під час повітряної тривоги знижує стрес, підвищує відчуття захищеності та підтримує продуктивність.

Коли працівники отримують заробітну плату вчасно, відчувають фінансову стабільність та бачать, що їх цінують, вони працюють ефективніше і відповідальніше. Подяка та увага від керівника, особливо публічна похвала перед колективом, підвищують зацікавленість у роботі та сприяють кращим показникам підприємства.

Під час воєнного стану роботу підприємств ускладнюють повітряні тривоги та відключення світла, тому в ці моменти важлива підтримка колег і керівників підприємства. Зберігати продуктивність допомагає дистанційна або надомна робота. Виконуючи роботу вдома працівник відчуває більшу безпеку, він менше зазнає стресу.

Для забезпечення стабільної роботи підприємства і високої продуктивності персоналу використовуються різноманітні сучасні стратегії мотивації.

Сучасні стратегії мотивації під час воєнного стану:

1. Тимчасові бонуси за виконання завдань у складних умовах
2. Допомога працівникам та їх сім’ям під час війни
3. Дистанційна робота та гнучкий графік для зручності та безпеки працівників.
4. Матеріальна мотивація: зарплата, премії, надбавки.
5. Нематеріальна мотивація: похвала, визнання, навчання, участь у прийнятті рішень.
6. Психологічна підтримка: тренінги, консультації, заходи для підвищення морального духу та командної роботи.
7. Кар’єрна мотивація: можливість професійного розвитку та зростання.
8. Безпечні умови праці: забезпечення захисту та комфортних умов на робочому місці.

9. Заохочення командної роботи: спільні проєкти та завдання, що зміцнюють колективну відповідальність.
10. Прозора комунікація та залучення працівників до оптимізації процесів

Ці стратегії спрямовані на підвищення мотивації працівників, підтримку їхньої продуктивності та психологічного стану в умовах війни.

Економічна роль мотивації працівників полягає у підтримці стабільної роботи підприємства навіть у складних умовах. Вона допомагає зменшити відтік кадрів, економить ресурси на пошук і навчання нових співробітників. Мотивовані працівники швидше адаптуються до змін, підтримують якість продукції та послуг і сприяють фінансовій стабільності підприємства.

Фінансова мотивація допомагає підтримувати продуктивність і лояльність працівників у складних умовах воєнного стану. Своєчасна зарплата, премії та надбавки створюють відчуття стабільності і безпеки. Коли цінують працю ї винагороджують старання – зростає зацікавленість і бажання працювати на досягнення успіху.

Для бухгалтерів фінансова мотивація забезпечує стабільність і дозволяє працювати точно і відповідально. Можливість працювати дистанційно допомагає виконувати завдання без перебоїв.

Разом із фінансовою мотивацією дедалі більше уваги на підприємствах приділяють нематеріальній мотивації. Тому, що такі способи допомагають керівника мотивувати працівників залишатися в колективі та забезпечувати стабільність роботи.

Висновки

1. Система мотивації постійно змінюється та вдосконалюється, з’являються нові способи заохочення працівників.

2. У воєнний час основний акцент робиться на базові потреби, безпеку та підтримку працівників.

3. Мотивація працівників, особливо фінансова, має ключове значення для стабільної роботи підприємства в умовах воєнного стану. Вона підтримує продуктивність і психологічний стан колективу. Своєчасна оплата праці, премії та надбавки, а також додаткові пільги створюють відчуття безпеки, знижують стрес і допомагають легше пристосуватися до змін.

4. Отже, мотивація впливає на продуктивність працівників, результати роботи та успіх підприємства. Тому потрібно і важливо застосовувати різні види мотивації, щоб мотивовані працівники залишалися відданими роботі і допомагали підприємству працювати стабільно у складні часи.

Посилання

1. Бодарецька О. М. Поняття технологій мотивування персоналу підприємств / О. М. Бодарецька, О. Г. Мельник, В. Й. Жежуха // Економіка. Фінанси. Право. - 2015. - № 11. - С. 7-11. [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=ecfipr_2015_11_4]

2. Колот А. М К61 Мотивація персоналу: Підручник - К.: КНЕУ, 2002. - 337с. [http://moodle.nati.org.ua/mod/resource/view.php?id=9389]
3. Череп О.Г., Калюжна Ю.В., Михайліченко Л.В. Особливості управління персоналом в умовах воєнного стану в Україні. Економіка та суспільство. 2023. [https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2214/2136]
4. Чернишова А. В. Мотивація та стимулювання праці в системі управління персоналом підприємства. Молодий вчений. 2016. № 6. С. 140–145. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2016_6_37]

КІЛЬКІСНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТРАТЕГІЙ ЗВЕДЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Аспірант Д.М. Лагутчев
Науковий керівник – доц., канд. техн. наук П.І. Несевря
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Сучасні логістичні комплекси характеризуються високою варіативністю конструктивних схем, рівнем автоматизації та складністю організації будівельних процесів. Традиційні методи вибору технологій зведення, що базуються переважно на досвіді виконавців, не забезпечують достатньої обґрунтованості управлінських рішень у багатокритеріальних умовах. Це зумовлює необхідність розроблення інструментів кількісного аналізу, здатних інтегрувати технічні, організаційні та економічні параметри в єдину систему оцінювання.

У дослідженні запропоновано модель інтегрального оцінювання ефективності організаційно-технологічних стратегій будівництва логістичних центрів. На відміну від поширених підходів, модель орієнтована не на вибір окремої технології, а на оцінку комплексу взаємопов’язаних рішень: конструктивної схеми каркаса, рівня індустріалізації монтажу, організації постачання матеріалів та впровадження енергоефективних систем.

Інтегральний показник ефективності визначається за формуло

$$I = \Sigma\ w_i \cdot P_i$$

де

w_i — ваговий коефіцієнт критерію;

P_i — нормалізоване значення параметра.

Ієрархічна структура моделі включає три групи критеріїв:

- організаційно-технологічні — 0,40
- об’ємно-планувальні — 0,32

- конструктивні — 0,28

Отримані вагові коефіцієнти свідчать про домінуючий вплив організаційно-технологічних рішень на інтегральну ефективність будівництва логістичних комплексів.

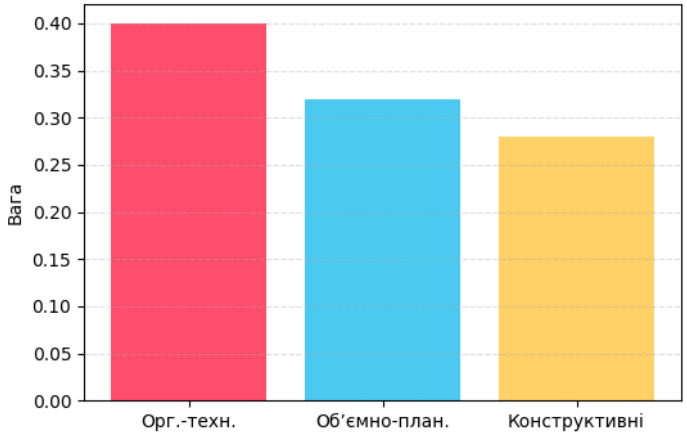


Рис. 1 – Розподіл вагових коефіцієнтів критеріїв

Для апробації методики було виконано оцінювання вибірки логістичних центрів, що відрізняються конструктивними рішеннями та рівнем автоматизації.

Таблиця 1 – Інтегральні показники ефективності логістичних комплексів

Об'єкт	Індекс ефективності	Ранг
Логістичний комплекс «Квітневе»	0,82	1
Логістичний комплекс «Епіцентр Калинівка»	0,78	2
Логістичний комплекс «Щасливе»	0,74	3

Аналіз показав, що найбільший внесок у підвищення інтегрального індексу забезпечують:

- рівень автоматизації складських процесів;
- складність монтажно-демонтажних операцій;
- впровадження енергоефективних рішень.

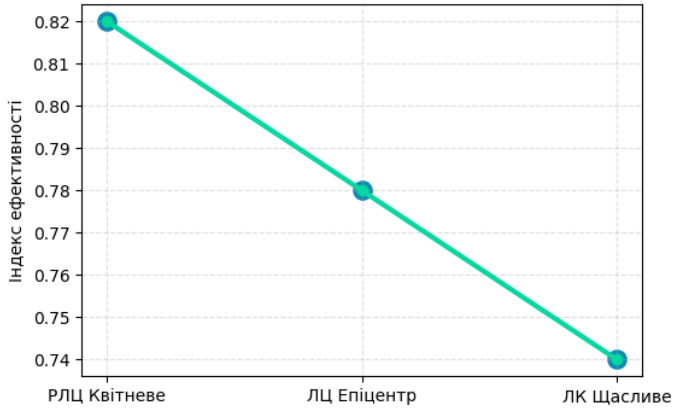


Рис. 2 – Ранжування об'єктів за інтегральним індексом ефективності

Для візуалізації структури впливу ключових параметрів побудовано радар-діаграму профілю факторів.

Параметри моделі:

- Автоматизація — 0.85
- Монтаж — 0.80
- Енергоефективність — 0.78
- Планувальні рішення — 0.75
- Конструктивна схема — 0.70

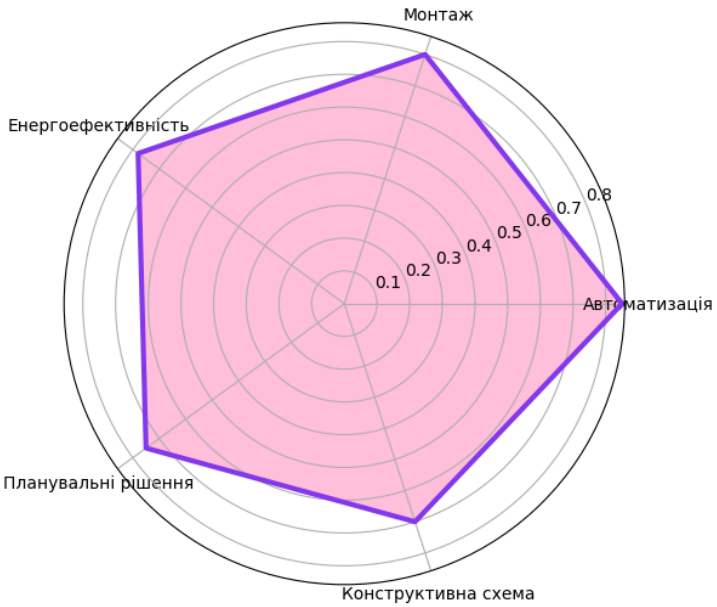


Рис. 3 – Радар-діаграма профілю організаційно-технологічних факторів

Порівняльний аналіз альтернативних стратегій будівництва показав:

- застосування збірних сталевих каркасів із високим ступенем заводської готовності дозволяє скоротити тривалість монтажу на **12–18 %**;
- оптимізація логістики постачання матеріалів зменшує втрати робочого часу до **9 %**;
- інтеграція енергоефективних інженерних систем забезпечує зниження експлуатаційних витрат приблизно на **8–10 %**.

Висновки

1. Запропоновано модель інтегральної оцінки організаційно-технологічних стратегій будівництва логістичних комплексів на основі багатокритеріального аналізу.
2. Встановлено, що організаційно-технологічні фактори формують близько 40 % впливу на загальну ефективність проєкту.
3. Отримані результати можуть бути використані при розробленні цифрових систем підтримки прийняття рішень у девелопменті логістичної інфраструктури.

Посилання

1. Saaty T. L. Decision making for leaders: The analytic hierarchy process for decisions in a complex world. — Pittsburgh: RWS Publications, 1990.
2. Vaidya O. S., Kumar S. Analytic hierarchy process: An overview of applications // European Journal of Operational Research. — 2006. — Vol. 169(1). — P. 1–29.
3. Ishizaka A., Labib A. Review of the main developments in the analytic hierarchy process // Expert Systems with Applications. — 2011. — Vol. 38(11). — P. 14336–14345.
4. Wang Y., Li X., Zhang Y. Site selection of cold chain logistics centers based on AHP // Journal of Physics: Conference Series. — 2021.
5. Zhao J. Research on location selection of cold chain logistics distribution center // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2022.
6. Ivanov D. Industry 5.0: Circular Economy, Resilience and Human-Centricity in Logistics // International Journal of Production Research. — 2023.
7. Ghobakhloo M. et al. Industry 5.0 and Warehousing Performance Management // International Journal of Logistics Research and Applications. — 2025.
8. Козак Ю. Г., Петренко О. В. Застосування методу аналізу ієрархій у виборі технологій логістичного центру // Вісник НУ «Львівська політехніка». — 2023.
9. Петренко О. В., Козак Ю. Г. Організаційно-технологічні аспекти будівництва логістичних центрів // Вісник ПДАБА. — 2023.
10. Грицик В. В. Багатокритеріальна оцінка організаційно-технологічних рішень у будівництві складських комплексів // Будівництво України. — 2024.

ПРОБЛЕМА ТЕМПОРАЛЬНОЇ ДІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ СУДОВОГО ТЛУМАЧЕННЯ

Аспірант Д.В. Ляшко
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

Однією з актуальних проблем національного правозастосування, яка досі не має офіційного вирішення, є відсутність чіткого механізму регулювання умов темпоральної (часової) дії правових позицій Верховного Суду, зокрема, можливості зворотної дії результатів судового тлумачення кримінального закону, що покращують правове становище особи чи пом’якшують її відповідальність. Іншими словами, на офіційному рівні залишається неврегульованим питання, якими є правила дії у часі правових позицій вищого судового органу, якими змінюється підхід до розуміння та застосування норми права. Подібна прогалина залишає низку невирішених питань: чи може нова правова позиція застосовуватися для оцінки вчинків та

подій, що відбулися до її ухвалення, і чи не буде подібне застосування суперечити вимогам юридичної визначеності.

Наведена правова проблема, в своїй основі має доктринальний характер, адже зумовлена перш за все відмовою у офіційному визнанні державою судової практики джерелом права. З огляду на ідею поділу влад, національна правова система заперечує можливість будь-якої судової правотворчості, визнаючи суд виключно органом, який здійснює тлумачення правових норм під час вирішення казуальних спорів. В умовах цієї системи суд лише аналізує волю законодавця, здійснюючи пошук справедливого та оптимального шляху подолання конкретної правової проблеми шляхом системного тлумачення права.

Водночас, як свідчить практичне правозастосування, правові позиції Верховного Суду, у яких міститься узагальнений підхід до розуміння та застосування правової норми у конкретній ситуації та викладаються рекомендації щодо її подальшого застосування під час вирішення подібних спорів, набувають значно важливішого значення, ніж просте тлумачення волі законодавця. Узагальнений характер правових норм, нечіткість їх викладу, недоліки юридичної техніки, зокрема правові прогалини, зумовлюють необхідність застосування засобів судового тлумачення, спроможних розкрити початковий зміст та цілі правового впливу.

Вирішуючи конкретний спір про право та приймаючи рішення про можливість застосування теоретичної правової норми до практичної життєвої ситуації Суд здійснює розширене тлумачення норми, тим самим наповнюючи її додатковим змістом, який може бути ширшим ніж сама норма. Таке тлумачення вимагає глибокого розуміння правової системи в цілому, механізму її дії, аналізу початково закладених законодавцем цілей правового впливу, в поєднанні з необхідністю гарантування правових принципів та усвідомленням їх переваги у ситуаціях правових колізій. Подібна діяльність суду поступово набуває ознак м’якої правотворчості, оперативно пристосовуючи сталі правові норми до динаміки суспільних відносин, наповнюючи абстрактні правові норми чітким практичним змістом.

Як зазначає З. А. Загиней-Заболотенко вирішити питання про зворотну дію результатів судового тлумачення кримінального закону можна на підставі теорії «легітимних очікувань», яка широко застосовується, зокрема, й судом ЄС, відповідно до якої у разі, якщо стала судова практика давала особі підставу обґрунтовано вважати, що закон буде тлумачитися певним способом, а сам результат тлумачення явно закону не суперечив, то новий результат судового тлумачення, який «невигідний» для обвинуваченого, не має зворотної дії. І, навпаки, у разі передбачуваності конкретного результату тлумачення, виходячи з загальних тенденцій судової практики, відповідному результати необхідно надавати зворотну дію в часі [1, с. 691].

Офіційне заперечення судової правотворчості зумовлює існування правового вакууму у сфері регулювання порядку та умов дії актів судового тлумачення.

Скажімо, на противагу чітким правилам темпоральної дії закону (застосування правової норми виключно на майбутнє; можливість зворотної дії норми, що пом'якшує відповідальність) умови дії правових позицій Верховного Суду у часі залишаються неврегульованими ні на рівні законодавства, ні на рівні узагальнюючої судової практики Верховного Суду.

За загальним правилом, зумовленим вимогами юридичної визначеності, правові норми діють виключно на майбутнє. Тобто застосовуються до правовідносин, які виникли або ж змінилися після набрання ними законної сили та не раніше їх офіційного оприлюднення. Як наслідок, будь-яка особа, на яку поширюватиметься чинність правової норми, отримує реальну змогу бути обізнаною про її існування, про правила та вимоги, які нею встановлені, правові наслідки її порушення.

Зумовлені ідеєю верховенства права вимоги «прямої темпоральної дії» закону покликані забезпечити передбачуваність правового регулювання, надати можливість розуміти межі правомірної поведінки та очікувати належний захист задекларованих прав. Єдиним винятком з цього правила є задекларована у ст.58 Конституції України можливість зворотної дії у часі, в частині, що покращує правове становище особи, скасовує карність вчиненого діяння, пом'якшує відповідальність.

У свою чергу, з огляду на офіційне заперечення можливості судової правотворчості, темпоральні умови дії правових позицій Верховного Суду (зокрема тих, що покращують становище особи чи скасовують відповідальність) ніяк не врегульовані.

З однієї сторони, подібний правовий вакуум, залишає можливість для суду, що вирішує спір щодо відносин, які виникли чи розвивалися в період зміни правових позицій, самостійно обрати ту з позицій, яка максимально відповідала б його розумінню ідеї справедливості. З іншого, відсутність чіткості у правилах застосування правових позицій створює певну невизначеність щодо способу правового впливу, неможливість розумно передбачити наслідки дій та ймовірний результат спору. Така нечіткість також може зумовити перегляд судового рішення та його скасування.

З міркувань ідеї юридичної визначеності ця ситуація цікава тим, що з одного боку визнання судової правотворчості є елементом невизначеності правозастосування (адже її результати важко передбачити). З іншого боку, офіційне заперечення судової правотворчості (яка фактично існує) позбавляє можливості законодавчо врегулювати її межі, тим самим забезпечивши її послідовність. Тож маємо виключну дилему правозастосування зумовлену поєднанням позитивістської та природньоправової теорій праворозуміння.

Висновки:

1. Офіційне заперечення судової правотворчості зумовлює існування правового вакууму щодо темпоральної дії актів тлумачення. Вирішення цієї проблеми вимагає визнання правових позицій Верховного Суду

інструментом «м'якої правотворчості», що потребує встановлення чітких правил їх дії в часі.

2. З метою гарантування юридичної визначеності та передбачуваності, нові правові позиції, які посилюють відповідальність або іншим чином погіршують становище особи, повинні діяти виключно на майбутнє.
3. За аналогією до положень статті 58 Конституції України, зворотна дія результатів судового тлумачення є допустимою лише як виняток: у випадках, коли зміна правової позиції скасовує карність діяння або пом'якшує відповідальність особи.

Посилання

1. Загиней-Заболотенко З. А., Панченко Н. М. Можливість зворотної дії результатів судового тлумачення кримінального закону в контексті його правової визначеності. *Аналітично-порівняльне правознавство*. 2024. №5. С. 688-693, URL: https://doi.org/10.24144/2788-6018.2024.05.106

ГРОШОВІ КОШТИ В СИСТЕМІ ОБЛІКУ

Студентка М.М. Матвєєва
Керівник – викладач А.С. Захорольська
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж харчових технологій та підприємництва Дніпровського державного технічного університету»

Грошові кошти посідають центральне місце в системі бухгалтерського обліку підприємства, адже саме вони забезпечують безперервність господарської діяльності, можливість своєчасно виконувати зобов'язання та здійснювати інвестиції [1, 8]. Ефективне управління грошовими потоками є ключовою умовою фінансової стабільності та розвитку будь-якої організації [9].

До грошових коштів належать усі активи, що мають форму грошей або можуть бути негайно використані для розрахунків. Згідно з національними стандартами, їх поділяють на [3]:

1. **Готівкові кошти** — гроші в касі підприємства.
2. **Безготівкові кошти** — кошти на поточних, депозитних та інших рахунках у банках.
3. **Еквіваленти грошових коштів** — короткострокові високоліквідні інвестиції, які легко конвертуються в певну суму грошей і мають незначний ризик зміни вартості [3, 7].

Такий поділ забезпечує більш точний контроль за рухом коштів і дає можливість коректно визначати фінансовий стан підприємства [2]. Завдання обліку грошових коштів покликані забезпечити [6]:

- контроль за збереженням і цільовим використанням коштів;
- своєчасне та правильне документування грошових операцій;
- ведення аналітичного та синтетичного обліку за видами коштів і місцями їх зберігання;
- забезпечення достовірної фінансової звітності;
- аналіз грошових потоків з метою планування, оцінки платоспроможності та ліквідності підприємства.

Оскільки грошові кошти є найбільш ліквідними активами, вони потребують підвищеної уваги з боку менеджменту та бухгалтерії. Готівка в касі обліковується на рахунку 30 «Каса» [5]. Усі операції оформлюються прибутковими та видатковими касовими ордерами і реєструються в касовій книзі. Основними принципами ведення касових операцій є:

- дотримання ліміту залишку готівки;
- цільове використання коштів;
- запровадження внутрішнього контролю (інвентаризації, перевірки касових документів);
- своєчасне оприбуткування та списання готівки.

Такі вимоги мінімізують ризики зловживань та забезпечують упорядкованість касових операцій [9]. Безготівкові кошти відображаються на рахунках 31 «Рахунки в банках» та 33 «Інші кошти» [5]. Рух коштів на банківських рахунках підтверджується банківськими виписками, які є основними документами для бухгалтерського обліку.

До типових операцій належать [7]:

- надходження виручки;
- перерахування заробітної плати, податків, оплат постачальникам;
- отримання та повернення кредитів;
- операції з валютою.

Еквіваленти грошових коштів охоплюють короткострокові фінансові інструменти (депозити до 3 місяців, казначейські векселі тощо). Їх облік забезпечує формування повної та об’єктивної картини ліквідних активів підприємства, що використовується під час складання Звіту про рух грошових коштів [3].

Інформація про грошові кошти відображається у:

- Балансі, як найбільш ліквідна група активів [2];
- Звіті про рух грошових коштів, який показує реалізацію фінансової політики підприємства та здатність генерувати і використовувати грошові потоки [3].

Управління грошовими потоками дозволяє підвищити фінансову стійкість, уникати касових розривів і забезпечувати стабільність операційної діяльності [6, 8]. Грошові кошти в системі бухгалтерського обліку — це ключовий елемент, що визначає платоспроможність і фінансове здоров’я підприємства

[1]. Їх облік має бути чітким, прозорим і своєчасним. Від ефективного управління грошовими потоками залежить можливість підприємства відповідати за своїми зобов'язаннями, планувати розвиток та підтримувати стабільну діяльність.

Посилання

1. Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні : Закон України від 16.07.1999 № 996-XIV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/996-14 (дата звернення: 01.02.2026).
2. Національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку 1 «Загальні вимоги до фінансової звітності» : наказ Міністерства фінансів України від 07.02.2013 № 73 (зі змінами та доп.). *Примітка: НП(С)БО 2 та 4, згадані вами, наразі об'єднані в НП(С)БО 1.*
3. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 9 «Запаси» : наказ Міністерства фінансів України від 20.10.1999 № 246.
4. План рахунків бухгалтерського обліку активів, капіталу, зобов'язань і господарських операцій підприємств і організацій : наказ Міністерства фінансів України від 30.11.1999 № 291.
5. Бутинець Ф. Ф. Бухгалтерський фінансовий облік : підручник. Житомир : ПП «Рута», 2021. 912 с.
6. Грабова Н. М., Калінська Т. В. Фінансовий облік : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 624 с.
7. Кужельний М. В., Лінник О. В. Теорія бухгалтерського обліку : підручник. Київ : КНЕУ, 2019. 311 с.
8. Сопко В. В. Бухгалтерський облік: теорія і практика : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2022. 546 с.
9. Бухгалтерський облік і аудит : офіційний сайт Міністерства фінансів України. URL: https://mof.gov.ua/uk/buhgalterskij-oblik-ta-audit (дата звернення: 01.02.2026).

ПЕРЕШКОДИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ МОТИВАЦІЙНИХ СТРАТЕГІЙ У ТРАНСФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Аспірант І року навчання ОНП «Менеджмент» Я.І. Мисак
Керівник – проф., д-р екон. наук О.А. Сороківська
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

У сучасному робочому середовищі організації функціонують у трансформаційному просторі, який визначається прискореними технологічними змінами, гібридними моделями роботи, недостатніми

ресурсами та соціальною нестабільністю. Ці процеси суттєво змінюють характер праці, очікування співробітників, функціонування систем управління персоналом. У таких умовах професійні ролі переформатовуються, безпека робочих місць знижується, а межі між роботою та особистим життям стираються [1]. Співробітники все більше цінують автономію, професійний розвиток та значущу роботу, тоді як організації наголошують на гнучкості, інноваціях та показниках ефективності. Мотивація, яка традиційно вважається системою стимулів, спрямованих на підвищення продуктивності праці та відданості організації, тепер переглядається в більш широкому та динамічному контексті. Організації по всьому світу все більше визнають важливість підвищення зацікавленості співробітників як важливої складової успішного надання послуг. Дослідження показують, що мотивовані співробітники значно підвищують продуктивність, ефективність та загальний успіх організації, а ефективні мотиваційні стратегії мають вирішальне значення для підвищення індивідуальної продуктивності. Щоб ефективно орієнтуватися в цьому мінливому середовищі, необхідно розуміти та застосовувати мотиваційні техніки, які формують стійку робочу силу, здатну вирішувати як поточні, так і майбутні завдання. Однак, багато організацій стикаються з постійними перешкодами у розробці та впровадженні системи мотиваційного впливу, що знижує продуктивність праці та стійкість організації.

Метою цього дослідження є виявлення та систематизація ключових перешкод до формування ефективних підходів мотиваційної підтримки персоналу в умовах системних змін, та визначення їх управлінських та економічних наслідків.

Дослідження базується на теоретичному аналізі літератури з управління та організаційної поведінки, а також на синтезі емпіричних висновків, пов'язаних із залученням робочої сили та управлінням людським капіталом. Методи включають порівняльний аналіз, структурно-функціональне моделювання та концептуальне узагальнення.

Результати демонструють, що основні перешкоди для формування дієвих стратегій мотивації працівників виникають на трьох взаємопов'язаних рівнях: структурному, організаційному та індивідуальному. Структурні перешкоди зумовлені інституційною нестабільністю, швидкими технологічними змінами та невідповідністю між вимогами ринку праці та внутрішньою політикою управління людськими ресурсами. До сьогодні багато систем управління персоналом залишаються орієнтованими на стандартизовані та бюрократичні моделі, які, як доводять дослідження, погано підходять для сучасних умов. Домінування стандартизованих систем оцінювання ефективності роботи часто базується на кількісних показниках, які не відображають якісні аспекти роботи, такі як креативність, командна робота та вирішення проблем. Це призводить до спотворення мотивації: співробітники зосереджуються на формальних цілях, нехтуючи більш широкими організаційними завданнями. У контексті трансформації, коли

інновації та адаптивність мають вирішальне значення, таке спотворення стає особливо шкідливим. На структурному рівні, цифровізація, хоча і потенційно підвищує мотивацію завдяки прозорості та гнучкості, створює також і нові виклики. Автоматизація процесів управління персоналом може знеособити взаємодію між менеджерами та співробітниками. Таке послаблення емоційних зв'язків та байдужість в управлінні призводить до зниження залученості персоналу, токсичної атмосфери та втрати прибутку. Емпатія вважається критичною компетенцією для ефективного лідерства та побудови довіри для посилення індивідуальної мотивації [2]. Таким чином, технологічна модернізація без відповідної управлінської адаптації становить додатковий бар'єр для результативних моделей стимулювання працівників.

Серед організаційних перешкод для впровадження дієвих механізмів мотивації персоналу є обмежена інтеграція між стратегічним управлінням та управлінням людськими ресурсами, недостатня аналітична підтримка. Формування мотиваційних стратегій вимагає надійних даних про задоволеність, вмотивованість та професійні потреби співробітників. Однак системи управління персоналом часто покладаються на обмежені показники, зосереджуючись переважно на продуктивності та фінансових результатах [3]. Критичним бар'єром також є стиль керівництва. Авторитарні або транзакційні методи управління обмежують участь співробітників у прийнятті рішень і знижують відчуття відповідальності за результати діяльності організації. У трансформаційному просторі, де переважає невизначеність, такі моделі керівництва посилюють стрес і послаблюють довіру [4]. Як наслідок, мотиваційні стратегії стають реактивними, а не проактивними, спрямованими на короткострокову відповідність, а не на довгострокову залученість працівників.

На індивідуальному рівні мотиваційні стратегії стикаються з перешкодами, пов'язаними з психологічною адаптацією до змін, професійним вигоранням та руйнуванням довіри до управлінських рішень [5]. Постійні трансформації викликають емоційне виснаження, професійну невпевненість і страх перед звільненням. У таких умовах співробітники можуть демонструвати оборонну поведінку, уникаючи ініціативи та інновацій. Стандартні мотиваційні інструменти, такі як премії або офіційне визнання, недостатні для компенсації відчуття нестабільності. Крім того, відмінності в цінностях і очікуваннях співробітників різних поколінь ускладнюють розробку єдиних мотиваційних стратегій. Молодші співробітники, як правило, надають пріоритет розвитку та гнучкості, тоді як старші колеги можуть наполягати на стабільності та соціальних гарантіях. Ігнорування цієї неоднорідності створює додаткові перешкоди для формування стратегій мотивації.

Дослідження показує, що мотивацію слід розглядати не лише як психологічне явище, а й як економічний ресурс. З економічної точки зору, неефективні мотиваційні стратегії породжують приховані витрати, пов'язані з плинністю кадрів, зниженням ефективності праці та нижчим інноваційним потенціалом. Для подолання перешкод у формуванні стратегій стимулювання персоналу необхідний системний підхід. Мова йде про інтеграцію

мотиваційного менеджменту у стратегічне управління та їх підкріплення постійним аудитом мотивації та аналізом показника рентабельності інвестицій (ROI) у персонал. Мотиваційні аудити виявляють неефективність інструментів стимулювання, залученості співробітників та узгодженості між індивідуальними та організаційними цілями, формуючи емпіричну основу для коригування стратегій мотивації. ROI у персонал вимірює фінансову ефективність таких коригувань, оцінюючи зростання продуктивності, зниження витрат та покращення утримання персоналу та продуктивності. У трансформаційних середовищах, взаємодія між мотиваційним аудитом та показником рентабельності інвестицій (ROI) у персонал відіграє вирішальну роль у перетворенні управління людськими ресурсами на адаптивну управлінську функцію, орієнтовану на прибуток.

Висновки. Перешкоди для формування ефективних підходів до мотиваційної підтримки персоналу у трансформаційному середовищі мають системний характер і вимагають комплексних управлінських дій. Виявлення цих бар'єрів є необхідною передумовою для поліпшення управління мотивацією та зміцнення організаційної стійкості. Подолання цих бар'єрів вимагає стратегічного узгодження політики мотивації з цілями розвитку організації, впровадження адаптивних моделей керівництва та використання аналітичних інструментів для моніторингу залученості співробітників. Перехід від транзакційних до трансформаційних моделей мотивації є необхідною умовою для підвищення конкурентоспроможності організації та забезпечення стійких економічних показників в умовах постійних змін.

Посилання

1. Трансформація економічного середовища в умовах ентропії: кол. мон. за заг. ред. д.е.н., проф. Прохорової В. В. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2024. – 260 с.
2. Zak, P., Nowack, K. (2020). Empathy Enhancing Antidotes for Interpersonally Toxic Leaders. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research*, 72(2), 119–133, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.1037/cpb0000164
3. Jerab, D. (2024) The Impact of Communication on Organizational Performance: A Comprehensive Analysis, *SSRN Electronic Journal* , [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4809789
4. Томах, В., Дорошенко, Т., & Тимошенко, Ю. (2024). Стилі лідерства та їх вплив на управління підприємством. *Економіка та суспільство*, (60). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-149
5. Коваль, Н., Колосова, К. (2024). Управлінська діяльність з попередження синдрому професійного вигорання в сучасних умовах. *Економіка і суспільство,* (66). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-49

USING THE CASE STUDY METHOD TO ENHANCE THE EFFECTIVENESS OF MENTORING PROCESSES

Postgraduate K. Mitkiewicz
Supervisor DoSc., Assoc. Prof. K. Doroshkevych
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Mentoring processes are inherently linked to the application of personalized learning technologies, within which an experienced specialist (mentor) transfers professional knowledge and practical experience to a less experienced colleague (mentee). This model has been successfully integrated into enterprise human resource management systems, where it contributes to enhancing personnel effectiveness through the development of communicative and professional competencies, the mitigation of employees' psychological challenges, and the strengthening of the intellectual components of human capital [1]. Moreover, mentoring serves as an effective motivational instrument that stimulates employees to pursue both their individual professional objectives and the strategic goals of the organization [2].

An essential component of effective mentoring within an enterprise is the transfer of competencies from the mentor to the mentee and the subsequent assimilation of these competencies. This process unfolds across various stages of mentoring and is supported with different strategic actions, including structured programs, peer mentoring, teaching circles, technology‑enhanced mentoring, and specialized workshops [3]. The implementation of these and other strategies requires the availability of tools for analysing managerial situations and making informed management decisions, as well as instruments for fostering innovation, cultivating a culture of continuous learning, and developing strategic thinking. To effectively achieve the objectives of the mentoring process, the application of the case study method is recommended.

A case study is an advanced teaching tool that uses real‑world examples to connect theoretical concepts with actual situations. It provides rich empirical material for in‑depth traditional research, supports the investigation of causal relationships, and helps examine the linkages underlying broader survey findings [4]. The history of the case study method, its pedagogical foundations, and its orientation toward developing analytical thinking and the ability to work with legal precedents, strengthening decision‑making skills under uncertainty in business, and integrating scientific knowledge into clinical practice in medicine are comprehensively examined in Garvin's work "Making the Case: Professional Education for the World of Practice" [5]. The author emphasizes the central role of the case study method in cultivating key competencies such as critical thinking, collaboration, argumentation, and action in ambiguous or unpredictable conditions.

At the same time, the use of case studies in mentoring demonstrates several distinctive features. Unlike training cases, which typically model a generalized or abstract situation, mentoring cases are tailored to the specific needs of mentoring

pairs and aligned with the strategic objectives of the enterprise. While traditional training cases focus primarily on analytical tasks, mentoring-oriented cases place greater emphasis on personal actions and decision-making processes relevant to real managerial practice. Thus, the expected outcomes of applying the case study method in mentoring are not merely the acquisition of theoretical frameworks, but the development and application of practical skills for operating effectively in conditions of uncertainty.

Case studies enhance the effectiveness of mentoring by providing a structured foundation for discussion, allowing mentors and mentees to move beyond abstract recommendations and focus on concrete behavioural models and practical solutions. Case analysis fosters open dialogue between the mentor and the mentee, while simultaneously integrating the study of managerial approaches and their associated consequences. Working with a case also makes it possible to identify elements of the mentee's thinking, competencies, or behavioural patterns that may remain unnoticed in everyday professional practice but become evident through the examination of alternatives and solution pathways.

Furthermore, the case method within mentoring reflects the principle of learning by doing, the mentee does not simply receive recommendations but actively applies them in the context of discovered real-world situations. This experiential engagement facilitates deeper assimilation of knowledge and contributes to the formation of stable professional skills. Consequently, case studies can be viewed as effective developmental tools in mentoring, as they transform the process from a set of general directives into a personalized, practice-oriented learning experience.

By working with realistic or customized scenarios, the mentee transitions from passive listening to active developing of managerial decisions, which significantly increases engagement and learning outcomes. Case analysis also activates mechanisms of deep reflection. As mentee must not only select a course of action but also justify it, compare alternatives, and evaluate potential risks and consequences, this makes the learning process more conscious and analytically based.

Thus, case study gradually fosters professional autonomy, since the mentee learns to navigate ambiguous situations and make independent decisions based on personal analytical reasoning rather than relying solely on the mentor's authority.

Посилання

1. Босовська М. В., Бовш Л. А. Менторинг у HR-менеджменті готелю. *Університетські наукові записки*. 2021. № 3(81). С. 76-86.
2. Сакун Л. М., Вєдєніна Ю. Ю., Ващенко Д. В. Застосування менторингу для стимулювання працівників підприємств. *Економічний форум*. 2020. № 3. С. 84-88.
3. Babatope V. O. Mentoring Strategies for Teaching and Pedagogy in Academia: Enhancing Instructional Excellence. *Strategic Mentoring in Higher Education: Best Practices for Academic Success*. 2025. PP. 153-168).
4. Naumes W., & Naumes M. J. The art and craft of case writing. Routledge. 2014. 336 p.
5. Garvin D. A. Making the case. *Harvard magazine*. 2003. № 106(1). PP. 56-65.

ВПЛИВ BANI-ФАКТОРІВ НА ВАРТІСТЬ ТА ТЕРМІНИ ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ ПРОЄКТІВ

Аспірант спеціальності 073 «Менеджмент» М.М. Мойсеєнко
Керівник - доктор технічних наук, професор О.О. Ільїн
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

Епоха лінійного менеджменту завершилася, зіткнувшись із викликами BANI-світу (Brittle - крихкість, Anxious - тривожність, Nonlinear - нелінійність, Incomprehensible - незбагненність). Застарілі підходи виявляються вразливими перед обличчям хронічної нестабільності та операційної інерції учасників ринку. Сьогодні крихкість логістики та незбагненність ринкових сигналів стали щоденним контекстом кожного будівельного майданчика.

Наше дослідження чітко фіксує: крихкість логістичних ланцюгів сьогодні – це не просто операційна затримка, а прямий наслідок неконтрольованого зростання собівартості ресурсів. Найбільш руйнівною виявляється ринкова тривожність. Вона буквально мінімізує ліквідність через аномальне розширення трансакційних витрат, де кожна спроба учасників перестрахуватися лише глибше заморожує реалізацію. Але основна аналітична дилема полягає у нелінійності процесів. Складність прогнозування графіків зумовлена моментом, коли раціональні економічні індикатори резонують із колективними психологічними ефектами ринку, провокуючи хаотичні каскадні зсуви. За таких обставин будь-який лінійно-фіксований план втрачає релевантність ще на етапі затвердження.

На відміну від застарілих VUCA-методів (Volatility - мінливість, Uncertainty - невизначеність, Complexity - складність, Ambiguity - неоднозначність), де ми намагалися скласти вичерпний список ризиків, BANI-парадигма вимагає резервування на відновлення системи після «крихкого» збою. Це принциповий перехід до бюджетування за сценаріями нелінійних катастроф. Такий підхід дозволить проєкту встояти та перезапуститися після неминучого шоку. Це вже не просто фінансовий план, а стратегія виживання активу в епоху глибокої незбагненності.

Ключові слова: BANI-середовище, девелоперські проєкти, управління ризиками, резильєнтність, ризик-менеджмент, трансакційні витрати, адаптивне управління.

Постановка проблеми. Традиційні методології управління з детерміністським плануванням втрачають релевантність, коли зовнішні шоки стають не аномалією, а нормою. Очікування на відносну передбачуваність, що формувалась десятиліттями, трансформуються в ілюзію.

Футуролог Джаме Кашіо вперше представив фреймворк BANI (Brittle - крихкість, Anxious - тривожність, Nonlinear - нелінійність, Incomprehensible - незбагненність) [1] як відповідь на застарілу модель VUCA (Volatility - мінливість, Uncertainty - невизначеність, Complexity - складність, Ambiguity -

неоднозначність). Злам моделі VUCA на користь BANI ознаменував перехід від епохи «складних прогнозів» до реальності, де системна крихкість та незбагненність роблять тривожність ключовим чинником прийняття рішень. Якщо раніше ми боролися з мінливістю, то тепер маємо справу з хаосом, який активно відкидає будь-яку структуру. У світі BANI організаційна стійкість часто виявляється удаваною, а за фасадом стабільності ховається гранична крихкість [2]. Це стан, де нелінійність процесів перетворює незначну помилку в постачанні на катастрофічний обвал бюджету. Ми вже не просто адаптуємося – ми намагаємося вижити в умовах, де тривожність стейкхолдерів стає таким же вагомим чинником, як і ціни на будівельні матеріли [3].

Для системного аналізу трансформаційних процесів доцільно розглядати девелопмент як відкриту систему, що характеризується безперервним енергообміном з агресивним зовнішнім середовищем. Високий ступінь вразливості, зумовлений чинниками BANI, диктує необхідність пошуку стратегічних рішень у площині адаптивної резильєнтності, а не в жорсткості. За таких умов впровадження штучного інтелекту (AI) трансформується у фундаментальну потребу для забезпечення життєздатності системи, виходячи за межі простої цифровізації процесів [4]. AI тут виступає не просто інструментом автоматизації, а протидією проти незбагненності, пропонуючи варіанти рішень там, де людська когнітивна здатність пасує перед масивами нелінійних даних [5].

Окремого аналізу потребує фінансова складова, яку ми звикли розглядати через призму прямих витрат. Проте, якщо залучити інструментарій економіки трансакційних витрат [6], картинка стає значно похмурішою. У BANI-реальності, де панує тотальна недовіра та очікування гіршого, витрати на адміністрування, контроль та юридичне страхування контрактів перестають бути супутніми витратами, а стають домінантою. Трансакційні витрати сьогодні буквально нівелюють маржинальність, оскільки хронічна тривожність ринку змушує перестраховуватися на кожному кроці [7]. Таким чином, сучасний кошторис девелопера – це вже не лише бетон і скло, а й ціна за хаос, яку ми платимо через роздуті адміністративні бюджети та складні юридичні конструкції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний науковий дискурс навколо девелопменту все частіше зміщується від статичного адміністрування до пошуку інструментів виживання в умовах тотальної нелінійності. Фундаментальний злам у сприйнятті реальності ініціював Cascio J. [1], чия концепція BANI стала методологічним базисом для осмислення хаосу, що прийшов на зміну відносній прогнозованості VUCA-світу. Питання лідерства та операційного менеджменту в цьому новому контурі досліджує Charette C.-J. [2], наголошуючи на неспроможності ієрархічних структур протистояти системній тривожності, тоді як Tshetshe Z. [3] акцентує увагу на важливості психологічної адаптації суб’єктів у BANI-реальності. Вагомий

внесок у розвиток теорії адаптивності інноваційних проєктів у цьому контексті зробили вітчизняні науковці під керівництвом Бушуєва С. [4].

Особливий інтерес становлять галузеві дослідження, що описують вплив макроекономічних шоків на фізичні параметри будівництва. Зокрема, Wong J. [8] фіксує руйнівний вплив інфляції та дефіциту ресурсів на девелопмент, а системний аналіз чинників перевитрат у глобальній індустрії, проведений Abdelalim A. M. та колегами [9], підтверджує критичну потребу в перегляді моделей резервування. Питання сталого розвитку та інтеграції AI-інструментів для подолання незбагненності середовища висвітлені у працях Бушуєва С. та інших [5], що вказує на перехід до технологічно-орієнтованого резильєнтного управління.

Економічний базис нашого дослідження спирається на теорію трансакційних витрат, чинники яких у будівництві та їх поведінка в умовах невизначеності детально класифіковані у фундаментальних працях Li H., Arditi D., Guo L. та інших [6, 7]. Своєю чергою, особливості управління будівельними підприємствами в умовах постконфліктної економіки та необхідність впровадження концепції адаптивного менеджменту ґрунтовно досліджуються в роботах Якушева О., Білана Є. [10], а також Халіної В. і Колбасинського Ю. [11].

Практичний інструментарій адаптивного управління проєктами та специфічні стратегії для непередбачуваних часів представлені у прикладних дослідженнях Das M. [12] та Gordon-Bennett C. [13]. Питання фінансового інжинірингу, зокрема ковзного прогнозування та динамічного моделювання витрат, що є критичними для будівельних компаній, розкриті у гайдах Withrow S. [14] та Row J. [15].

Таким чином, попри значний масив досліджень, питання інтегрованого бюджетування на основі життєстійкості у девелопменті залишається недостатньо висвітленим, що й детермінує логіку нашої подальшої роботи.

Формулювання мети дослідження. Метою статті є обґрунтування та розробка методики бюджетування на основі життєстійкості як інструменту забезпечення фінансової життєздатності девелоперських проєктів у нелінійному середовищі BANI.

Виклад основного матеріалу. Крихкість системи проявляється у її нездатності до адаптивної стійкості, що миттєво конвертується у прямі збитки. Ключові елементи, такі як товарно-транспортні потоки та кадрове забезпечення, вже нездатні витримувати значні зовнішні навантаження без руйнування [2]. Коли логістичні сполучення розриваються через військові конфлікти чи інфляційні стрибки [8], ми отримуємо не просто логістичний простій, а суттєве підвищення вартості проєкту.

Спираючись на аналіз перевитрат [9], стає зрозуміло: традиційні помилки в плануванні сьогодні бліднуть на фоні ресурсного голоду. Особливо гостро це виглядає у кадровому питанні. В умовах постконфліктного відновлення дефіцит кваліфікованих рук [10] перестає бути проблемою HR-департаменту – він стає прямим драйвером зростання вартості

людино-години, що паралізує продуктивність. Для пом'якшення фінансового впливу крихкості необхідний відхід від лінійного постачання. Сьогоднішній порятунок – у створенні стратегічних матеріальних буферів та динамічному перерозподілі ресурсів, де AI-системи виступають не доповненням, а єдиним варіантом вчасно помітити майбутній дефіцит або стрибки цін [5].

У парадигмі BANI тривожність – це не психологічний дискомфорт, а цілком відчутний фінансовий тягар, що проявляється через аномальне зростання трансакційних витрат. Ми звикли вважати такі витрати незначними, але в умовах повної втрати контролю [2] вони стають вагомими і вимагають включення у базові моделі прогнозування.

Згідно з економікою трансакційних витрат [6], кожна ітерація пошуку інформації, переговори, укладання контрактів, їх адміністрування та вирішення відхилень вимиває ліквідність. Чим вища турбулентність, тим більше девелопер інвестує в посилення контролю: юридичних консультантів, складні структури управління та постійні переговори. Тривожність провокує контрагентів до самозахисту від непередбачуваних ризиків. Кожна зміна в проєкті, навіть незначна, у стані ринкової нестабільності спричиняє інтенсифікацію повторних погоджень та адміністративних витрат [7]. Це створює затримки в реалізації проєкту та заморожує капітал. Механізми деструкції планових показників під тиском зовнішньої турбулентності детально структуровані у таблиці 1.

Мінімізація трансакційних витрат сьогодні лежить не стільки в площині технічних заходів, скільки в площині структури управління. Справедливий розподіл ризиків – це не про етику, а про економію [7]. Чим прозоріші правила гри, тим менше ресурсів ми спалюємо на моніторинг та взаємний контроль у цьому тривожному, непередбачуваному світі.

Таблиця 1 - Аналіз впливу BANI-факторів на структуру витрат девелоперського проєкту

BANI фактор	Механізм впливу	Тип витрат	Ключовий наслідок
Крихкість (Brittle)	Руйнування ланцюгів постачання, дефіцит кадрів	Прямі витрати	Зростання вартості матеріалів/ робочої сили
Тривожність (Anxious)	Ринкова невизначеність, регуляторні ризики, захисна поведінка	Трансакційні витрати	Збільшення адміністративних, юридичних витрат та витрат на моніторинг
Нелінійність (Nonlinear)	Хаотичне переплетення факторів, ефект "метелика"	Буферні витрати	Непропорційне споживання резервних фондів, перевищення бюджету
Незбагненність (Incomprehensible)	Непрозорість, складність інтерпретації даних	Витрати на адаптацію/ технології	Інвестиції в AI, сценарне моделювання, підвищення організаційної резильєнтності

Джерело: систематизовано автором

Парадокс сучасності полягає в тому, що надлишок даних не додає нам ясності, а лише поглиблює стан незбагненності у BANI-середовищі. Зникає сенс у детальному плануванні, якщо система принципово нелінійна. Перегляд класичних парадигм на користь Адаптивного управління проєктами (Adaptive Project Management – APM) виглядає як єдиний шлях до операційного функціонування [13].

Адаптивність будівельного підприємства сьогодні тримається на «динамічних можливостях» – здатності постійно моніторити горизонт ризиків та миттєво інтегрувати нові технології [11]. У цьому розрізі резильєнтність проєкту стає важливішою за будь-яку теоретичну ефективність [4]. Методологічне розмежування традиційних та адаптивних стратегій управління ризиками подано у формі порівняльної характеристики у таблиці 2.

Таблиця 2 - Порівняння традиційного та адаптивного підходів до управління ризиками

Параметр Управління	**Традиційний Підхід (VUCA)**	**Адаптивний Підхід (BANI)**
Філософія Планування	Детермінізм, жорсткий план	Ітеративність, гнучкість, реагування на зворотний зв'язок
Прогнозування Вартістю	Фіксований бюджет, історичний контекст	Ковзне прогнозування (Rolling Forecasts), EVM, сценарне моделювання
Реакція на Ризик	Реактивне коригування	Проактивна ідентифікація поведінкових патернів, безперервне навчання
Технологічна База	ERP/Планування на основі таблиць	AI-Powered Forecasting, Динамічні дашборди, BIM/Digital Twins

Джерело: систематизовано автором

В умовах ринкових стрибків та хронічної крихкості ресурсів статичні моделі втрачають актуальність ще до моменту їх підписання. Успішне управління вимагає переходу до динамічних інструментів:

- Ковзне прогнозування (Rolling Forecasts): Замість статичних точок ми будуємо динамічні діапазони, які реагують на ринок [14]. Це безперервний перегляд умов постачальників та цін на фрахт, що дозволяє підтримувати стабільний грошовий потік [15].
- Управління освоєним обсягом: Щоб перейти від реактивного до проактивного управління вартістю, фінансові моделі повинні інтегрувати три ключові показники: обсяг виконаних робіт, графік робіт і фактичні витрати [14]. Це надає більш точний та повний фінансовий огляд, допомагаючи передбачати проблеми та запобігати їм.
- Сценарне моделювання: Боротьба з незбагненністю вимагає здатності програвати сценарії нелінійних катастроф ще до того, як вони відбудуться [12]. Це дозволяє команді розглядати проектні альтернативи, які можуть виникнути при непередбачуваному

переплетінні ризиків, тим самим підвищуючи інформованість та якість рішень.

Ще один виклик BANI – неможливість осягнути логіку подій людським розумом – вирішується лише через делегування аналітики машинам. Штучний інтелект (AI), а саме прогностична аналітика та машинне навчання на основі великих даних, у девелопменті сьогодні виконує функцію когнітивного інструменту, що структурує хаос [5].

AI-Powered Forecasting дозволяє нам бачити зміщення завдань та дисбаланс навантаження задовго до того, як вони стануть критичними [12]. Це фактично перетворює незбагненність на набір керованих даних. Втім, технологічна адаптація не спрацює без фінансового фундаменту – диверсифікації портфеля та агресивного страхування ризиків [16].

Класичний метод оцінювання вартості життєвого циклу сьогодні перетворюється на небезпечний анахронізм, оскільки він за своєю природою спирається на ілюзію лінійності. У світі, де панує системна крихкість, стандартні резерви на непередбачувані витрати виявляються недостатніми. Вони розраховані на «відомі ризики», але абсолютно безпорадні перед системними збоями.

Стає марним розраховувати вартість життєвого циклу об’єкта, якщо сама бізнес-модель ризикує зазнати системного краху при першому ж зіткненні з нелінійною дестабілізацією. Саме тут виникає потреба у бюджетуванні на основі життєстійкості, яке на відміну від лінійного підходу, фокусується не на економії, а на вартості виживання – здатності девелоперського продукту зберігати свою функціональність навіть після критичного деструктивного впливу. Це радикальний перегляд самої філософії витрат. Трансформація парадигми управління витратами від статичної оптимізації до забезпечення стратегічної життєздатності унаочнена в таблиці 3.

Таблиця 3 - Порівняльна характеристика підходів

Характеристика	**Метод оцінювання вартості життєвого циклу (VUCA-підхід)**	**Бюджетування на основі життєстійкості (BANI-підхід)**
Природа резервів	На конкретні ідентифіковані ризики	На відновлення системи після «крихкого» збою
Структура бюджету	Статична	Динамічна
Мета	Оптимізація витрат та дотримання графіку	Забезпечення життєздатності та адаптивності
Реакція на збій	Пошук винних та спроба повернутися до плану	Адаптація до нової реальності та зміна сценарію

Джерело: систематизовано автором

Бюджетування на основі життєстійкості полягає у відмові від жорсткого розподілу коштів за статтями на етапі ініціації. Замість цього ми пропонуємо формування резерву життєстійкості – динамічного фонду, який інвестується у три фундаментальні вектори:

1. Надлишковість: Дублювання критичних вузлів, альтернативні джерела енергії, декілька постачальників для одного сегмента.
2. Модульність: Можливість миттєво змінити конструктивні рішення або призначення площ без зупинки всього циклу – це механізм адаптації до нелінійних ринкових запитів.
3. Вартість перемикання: Ми маємо заздалегідь закладати фінансовий ресурс для екстреного переходу на альтернативні ланцюги постачання у разі їх раптового руйнування.

У BANI-парадигмі точкові прогнози вартості – це шлях до банкрутства. Ми пропонуємо замінити їх «матрицею виживання», де замість одного бюджету моделюються пороги граничної вразливості. У межах бюджетування на основі життєстійкості для кожного катастрофічного сценарію – від раптового ембарго до гіперінфляції – розраховуються два ключові маркери:

- Поріг крихкості: Це точка в якій поточна модель фінансування остаточно руйнується.
- Вартість відновлення: Обсяг капіталу, необхідний для перезапуску проєкту в абсолютно нових умовах.

На відміну від VUCA, де ми намагалися зменшити невизначеність, через бюджетування на основі життєстійкості ми приймаємо неминучість збою. Ми більше не боремося з хаосом, а закладаємо вартість гнучкості як фундамент безпеки активу. Це перехід від реактивної компенсації наслідків до проактивного конструювання систем, які здатні вистояти.

Висновки:

Таким чином, BANI-середовище здійснює жорсткий, багатовекторний вплив на вартість та терміни девелоперських проєктів, вимагаючи не просто коригування, а повної зміни парадигми управління.

Вплив BANI-чинників ніколи не буває ізольованим. Це ланцюгова реакція. Фізична крихкість логістики миттєво конвертується у прямі перевитрати, але справжня небезпека ховається глибше. Цей стан породжує ринкову тривожність, яка буквально експоненційно збільшує трансакційні витрати через потребу в посиленому контролі та юридичному забезпеченні.

Традиційні лінійні підходи виявилися недієздатними. Успіх сьогодні прямо залежить від впровадження адаптивного управління, де жорсткий план поступається місцем інтелектуальному опрацюванню хаосу. Варто зауважити, що AI-Powered Forecasting стає не просто технологічним трендом, а інструментом, що дозволяє забезпечити прозорість нелінійних ринкових процесів.

Для забезпечення стійкості девелоперських проєктів у BANI-середовищі необхідно реалізувати наступні стратегічні рекомендації:

- Трансакційні витрати потрібно виділити в окрему, критичну статтю бюджету. Зниження цих витрат має бути досягнуто через впровадження механізмів справедливого розподілу ризиків та формування гармонійних відносин між учасниками проєкту. Це пряма економія ресурсів на моніторинг.

- Інвестиції у AI та сценарне планування має стати обов'язковим стандартом для подолання незбагненності. Ці технології трансформують хаотичні вхідні дані на проактивні прогнози, що є основою для гнучких моделей прогнозування (Rolling Forecasts, EVM).
- Створення культури безперервного навчання та постійного моніторингу зовнішнього середовища для забезпечення відповідності проєктів цілям у динамічному середовищі.

Впровадження бюджетування на основі життєстійкості означає фундаментальний перехід від мінімізування витрат до стратегічного інвестування. Відмова від жорсткої прив'язки резервів до конкретних ризиків на користь формування «гнучкого бюджету», орієнтованого на подолання системної крихкості та швидке відновлення після нелінійних шоків. Таке динамічне моделювання витрат за сценаріями нелінійних катастроф дозволяє трансформувати фінансову архітектуру проєкту з вразливої структури на адаптивну систему, що здатна зберігати свою цінність та функціональність навіть в умовах глибокої незбагненності середовища BANI.

Посилання

1. Cascio J. Facing the Age of Chaos. *Medium*. 2020. April 29. URL: https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d (дата звернення: 05.01.2026).
2. Charette C.-J. Management and leadership in a BANI environment. *Technologia*. 2024. URL: https://www.technologia.com/en/blog/articles/management-and-leadership-in-a-bani-environment (дата звернення: 05.01.2026).
3. Tshetshe Z. Recognising Being in the BANI World. *International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)*. 2025. Vol. 7. Iss. 1. DOI: https://doi.org/10.36948/ijfmr.2025.v07i01.34855.
4. Бушуєв С., Івко А., Мудра М., Мурованський Г., Пілюхіна К. Адаптивність в управлінні інноваційними проєктами в середовищі BANI. *Управління розвитком складних систем*. 2023. № 54. С. 5–11. DOI: https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.54.5-11.
5. Bushuyev S., Chumachenko I., Galkin A., Bushuiev D., Dotsenko N. Sustainable Development Projects Implementing in BANI Environment Based on AI Tools. *Sustainability*. 2025. Vol. 17. № 6. Art. 2607. DOI: https://doi.org/10.3390/su17062607.
6. Li H., Arditi D., Wang Z. Factors That Affect Transaction Costs in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2013. Vol. 139. No. 1. P. 60–68. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000573.
7. Guo L., Li H., Li P., Zhang C. Transaction costs in construction projects under uncertainty. *Kybernetes*. 2016. Vol. 45. No. 6. P. 866–883. DOI: https://doi.org/10.1108/K-10-2014-0206.
8. Wong J. The Effect of Inflation, Supply Chain Disruption, and Labor Shortages on Real Estate Development. *Surf Report*. 2024. URL: https://law.pepperdine.edu/surf-report/posts/effect-inflation-supply-chain-disruption-labor-shortages-real-estate-development-justin-wong.htm (дата звернення: 05.01.2026).

9. Abdelalim A. M., Salem M., Salem M., Al-Adwani M., Tantawy M. An Analysis of Factors Contributing to Cost Overruns in the Global Construction Industry. *Buildings*. 2025. Vol. 15. No. 1. Art. 18. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15010018.
10. Якушев О., Білан Є. Особливості управління діяльністю будівельних підприємств в умовах постконфліктної економіки. *Економіка і організація управління*. 2024. № 2. С. 134–142. DOI: https://doi.org/10.31558/2307-2318.2024.2.12.
11. Халіна В., Колбасинський Ю. Концепція адаптивного управління будівельним підприємством. *Економіка та суспільство*. 2025. № 75. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-75-3.
12. Das M. Adaptive Project Management: Tools & Strategies for Unpredictable Times. *Celoxis*. 2025. July 25. URL: https://www.celoxis.com/article/adaptive-project-management (дата звернення: 05.01.2026).
13. Gordon-Bennett C. What is adaptive project management? The complete guide. *Monday.com*. 2025. October 21. URL: https://monday.com/blog/project-management/adaptive-project-management/ (дата звернення: 05.01.2026).
14. Withrow S. The CFO's Guide to Cost Forecasting in Construction. *JMCO*. 2025. July 24. URL: https://www.jmco.com/articles/construction/cfos-guide-to-cost-forecasting/ (дата звернення: 05.01.2026).
15. Row J. Construction Forecasting Guide: Process, Types, and Best Practices. *Mastt*. 2025. June 28. URL: https://www.mastt.com/guide/construction-forecasting (дата звернення: 05.01.2026).
16. Risk Management Strategies for Real Estate Investors. *BI-SAM*. 2025. March 3. URL: https://www.bi-sam.com/risk-management-strategies-for-real-estate-investors/ (дата звернення: 05.01.2026).

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕДУКТОРА ВІДБОРУ ПОТУЖНОСТІ АВТОГУДРОНАТОРА НА ШАСІ АВТОМОБІЛЯ КРАЗ

Студент АГ23160 М.Р. Мусієнко
Керівник - доц., канд. техн. наук О.П. Посмітюха
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Автогудронатори є спеціалізованими дорожніми машинами, призначеними для нанесення бітумних емульсій та гудрону при ремонті та будівництві автомобільних доріг. Їх ефективність значною мірою залежить від надійності та продуктивності трансмісійних систем, зокрема редуктора відбору потужності, який забезпечує передачу енергії від двигуна автомобіля до робочих насосів, що приводять в рух всі виконавчі механізми робочих органів установки.

Шасі автомобіля КрАЗ традиційно використовується як базова платформа для дорожньо-будівельної техніки завдяки високій

вантажопідйомності та міцності конструкції. Проте існуючі конструкції редукторів відбору потужності мають низку недоліків: один вихідний вал ао приєднувальну шестерню, значні втрати енергії, складність обслуговування та недостатню адаптацію до сучасних умов експлуатації.

Аналіз сучасних рішень

Вітчизняні дослідження (Київський національний транспортний університет, Харківський національний автомобільно-дорожній університет) акцентують увагу на необхідності модернізації трансмісійних систем спеціальної техніки для зниження енерговитрат та підвищення довговічності [1, 2].

Міжнародний досвід показує активне використання компактних планетарних редукторів та гідравлічних приводів, що дозволяють зменшити масу та підвищити ефективність системи (наприклад, дослідження у сфері дорожніх машин у Німеччині та США) [3, 4].

У сучасних дорожніх машинах застосовуються модульні редуктори, які забезпечують легку заміну та ремонт у польових умовах.

Метою дослідження є аналіз існуючої схеми й конструкції редуктора та приводу в цілому, розробка альтернативної схеми модернізованого редуктора відбору потужності для автогудронатора на базі КрАЗ [6], що дасть можливість:

- зниження втрат енергії при передачі потужності;
- збільшення можливостей приводу додаткового обладнання;
- підвищення надійності та довговічності;
- зменшення шуму та вібрацій.

Конструктивні особливості модернізації. Заміна зубчастих передач, встановлення додаткового вікна для приводу насоса, автоматизованого вмикання редуктора з допомого пневмоприводу, використання для зубчатих передач сталей, що цементуються дасть можливість збільшити ККД [5].

Використання планетарного механізму для компактності та рівномірного розподілу навантаження.

Застосування шумопоглинаючих матеріалів у корпусі редуктора знижує вплив шуму на оператора, але погіршує теплопередачу. Відмітимо пропозицію встановлення на редуктор примусового охолодження за допомогою додаткового насоса та радіатора, що приведе роботу змащувальних речовин до оптимальних параметрів в умовах максимального контактного навантаження на зуби. Модульність конструкції, що дозволяє швидку заміну вузлів без демонтажу всього агрегату.

Очікувані результати:

- підвищення продуктивності автогудронатора на 3–5%;
- підвищити ККД редуктора на 1.5–2.5%;
- зменшення рівня шуму та вібрацій на 10–12%.;
- подовження ресурсу роботи редуктора на 5–8%;
- підвищити точність дозування бітуму – за рахунок більш стабільної роботи гідроприводу.

Використання регульованих аксіально-поршневих насосів серії 313.3.56, які широко використовуються в дорожньо-будівельній техніці України. Їхні основні переваги полягають у можливості плавного регулювання подачі рідини та стабілізація потоку від навантаження, компактності та ремонтопридатності. Разом із тим, у сучасних реаліях пропонується замінити насоси серії 313.3.56 на іноземні аналоги (Bosch Rexroth, Parker Hannifin, Sauer-Danfoss), які мають: вищий ресурс та довговічність, можливості використання електронних системам керування, кращу шумову характеристику та знижений рівень вібрацій, відповідність міжнародним стандартам екологічності та безпеки.

Модернізація редуктора відбору потужності автогудронатора на шасі КрАЗ є актуальним напрямом розвитку дорожньо-будівельної техніки. Запропоновані конструктивні рішення дозволяють підвищити ефективність роботи машини, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити відповідність сучасним вимогам дорожнього будівництва.

Посилання

1. Кравченко О., Литвиненко В. Модернізація трансмісійних систем спеціальної техніки. Вісник КНТУ, 2022.
2. Гончаренко С. Проблеми підвищення ефективності дорожньо-будівельних машин. Збірник ХНАДУ, 2021.
3. Müller H., Schmidt R. Advances in Power Take-Off Systems for Road Construction Machinery. Journal of Mechanical Engineering, Berlin, 2020.
4. Smith J., Brown T. Planetary Gear Applications in Heavy-Duty Vehicles. SAE Technical Paper, 2019.
5. ISO 4254-1:2018. Safety of machinery – Power take-off (PTO) drive shafts. International Organization for Standardization.
6. KrAZ Holding. Technical Specifications of KrAZ Road Construction Vehicles. Official Documentation, 2023.

НЕДОТОРКАНІСТЬ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ В УМОВАХ ВІЙНИ: КРИМІНАЛЬНО-ПРАВОВА ПРОТИДІЯ НЕЗАКОННОМУ ПЕРЕТИНУ ТА ПЕРЕПРАВЛЕННЮ ОСІБ

Здобувачка вищої освіти К.С. Ніколаєнко
ННІ права та інноваційної освіти
Науковий керівник – професор кафедри кримінально-правових дисциплін, д.ю.н., професор О.А. Гритенко
Дніпровський державний університет внутрішніх справ, м. Дніпро

У зв’язку із запровадженням в Україні правового режиму воєнного стану питання недоторканості державного кордону набуває особливого значення, оскільки безпосередньо пов’язане з національною безпекою,

обороноздатністю держави, стабільністю суспільства, а також збереженням міжнародного правопорядку. У доктрині деякі науковці підкреслюють, що недоторканність державного кордону тісно пов'язана з принципом його непорушності, що передбачає запобігання будь-яких зазіхань на державний кордон та територіальну цілісність держави, а також рішуче недопущення всіх спроб незаконного порушення державного кордону [1, с. 57]. Зазначена позиція є обґрунтованою, адже недоторканість державного кордону є однією з ключових гарантій суверенітету держави. Через дотримання принципу непорушності державного кордону забезпечується безпека громадян та належне функціонування всіх інститутів держави.

Перш ніж перейти до розгляду даного питання, нам слід визначитися із законодавчим визначенням державного кордону та правовим регулюванням. Так, відповідно до законодавства, а саме статті 1 Закону України «Про державний кордон України», державний кордон – це лінія і вертикальна поверхня, що проходить по цій лінії, які визначають межі території України – суші, вод, надр, повітряного простору [2]. Правове регулювання порядку перетину державного кордону регулюється комплексом нормативно-правових актів, серед яких виділяємо Конституцію України як Основний Закон держави, Закон України «Про порядок виїзду з України і в'їзду в Україну громадян України» [3], Закон України «Про прикордонний контроль» [4] та Постанову Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил перетинання державного кордону громадянами України» [5]. До того ж діють обмеження в умовах воєнного стану згідно з Указом Президента України №64/2022 [6]. Проте нашого інтересу передбачають положення Кримінального кодексу України (далі КК України), адже предметом дослідження є питання кримінально-правової протидії незаконному перетину та переправленню осіб.

Актуальність дослідження кримінально-правової протидії незаконному перетину та переправленню осіб після початку повномасштабного вторгнення пояснюється істотним зростанням кількості кримінальних правопорушень, пов'язаних із незаконним перетином державного кордону та організацією переправлення осіб. Станом на початок 2023 року прикордонниками було викрито понад 220 організованих груп, спеціалізація яких була спрямована на переправлення українських чоловіків за кордон, та понад 730 осіб отримали обвинувальні вироки за справами, пов'язаними зі спробами незаконного перетину державного кордону України [7]. Схожа динаміка спостерігається і надалі, що свідчить про стійкий характер таких кримінальних правопорушень та їх подальше поширення в умовах воєнного стану. Так, С. Є. Лисенко акцентує увагу на тому, що вторгнення противника на територію України та анексія її адміністративних одиниць стали стимулом для розробки нових стратегічних підходів до розв'язання проблем, що стосуються недоторканості державного кордону, забезпечення його безпеки та удосконаленням самої системи такого захисту [8, с. 92].

Звертаючись до КК України маємо зазначити, що в межах цього законодавчого акту кримінальна відповідальність за порушення недоторканості державного кордону передбачена у ст. 332. «Незаконне переправлення осіб через державний кордон України»; ст. 332-1. «Порушення порядку в'їзду на тимчасово окуповану територію України та виїзду з неї»; ст. 332-2. «Незаконне перетинання державного кордону України» [9]. Зокрема, статтею 332 КК України встановлено відповідальність за організацію незаконного переправлення осіб через державний кордон. Санкцією зазначеної статті встановлена відповідальність у вигляді позбавлення волі на строк від трьох до п'яти років. Не можемо не погодитись з думкою Є. В. Терлецького щодо суспільної небезпечності кримінального правопорушення, передбаченого статтею 332 КК України. На його думку, вона викликана низкою соціально-економічних та політичних факторів, серед яких науковець виділяє особливе географічне розташування України, міжнародний характер незаконного переправлення осіб через державний кордон, відсутність захисту державного кордону на територіях, окупованих країною-агресором, часткова тимчасова окупація території України, протиправність дій осіб, які намагаються незаконно перетнути кордон, а також наявність спільного кордону з країнами Європейського Союзу [10, с. 97].

Водночас, стаття 332-2 КК України визначає відповідальність за незаконне перетинання державного кордону, поза визначеними пунктами пропуску або в межах таких пунктів, але без належних документів або з документами, що містять недостовірні відомості. Санкцією зазначеної статті встановлена відповідальність у вигляді позбавлення волі на строк до трьох років. Як зазначає В. І. Палько, незаконне перетинання державного кордону характеризується підвищеним рівнем суспільної небезпечності, вчинення якого становить під загрозу безпеку України, особливо в умовах дії правового режиму воєнного стану, та стимулює розповсюдження транснаціональної злочинності [11, с. 50].

Слід звернути увагу, що вищезазначені кримінальні правопорушення мають тенденцію до ускладнення, повторності та організованості, що розглядається як обтяжуючі обставини. Найчастіше незаконний перетин державного кордону та незаконне переправлення осіб через державний кордон здійснюється за попередньою змовою групою осіб, організованими групами, а у деяких випадках з корисливих мотивів і з використанням службового становища службовою особою. Раніше зазначена організованість та повторність даних кримінальних правопорушень породжує додаткові труднощі в роботі органів, які покликані на їх виявлення та розслідування.

В умовах воєнного стану спостерігається збільшення частоти вчинення кримінальних правопорушень, пов'язаних з незаконним перетином державного кордону та переправленням осіб через державний кордон, що підтверджується повідомленнями Державної прикордонної служби України. Так упродовж 2025 року правоохоронним органами розпочато близько 1.5 тисячі кримінальних проваджень, пов'язаних з організацією незаконного переправлення осіб через державний кордон. Водночас припинено діяльність

520 протиправних груп, а про підозру повідомлено приблизно 1.6 тисячі осіб, з яких 281 уже засуджено обвинувальним вироком [12]. Дане явище значно підвищує навантаження на правоохоронні органи та судову систему. У результаті підвищення такого навантаження ускладняється швидкий та ефективний розгляд кримінальних проваджень і може породжувати зниження практичної ефективності кримінальної відповідальності за вчинені дії.

Отже, у контексті функціонування правового режиму воєнного стану питання охорони державного кордону України набуває особливого значення, оскільки виступає однією з основних гарантій забезпечення суверенітету, територіальної цілісності та національної безпеки країни. Нормативно-правове регулювання у цій сфері має інтегрований характер, охоплюючи положення Конституції України, спеціалізованих законів, а також статті Кримінального кодексу України, які передбачають кримінальну відповідальність за такі правопорушення, як незаконне переправлення осіб через державний кордон або його перетинання. Серед відповідних норм виділяються статті 332, 332-1 та 332-2 КК України. Аналіз поточного стану криміногенної ситуації вказує на стійкий ріст кількості кримінальних правопорушень, пов’язаних із незаконним перетином державного кордону та організацією переправлення осіб, що стало особливо помітним після початку повномасштабної військової агресії проти України. Ускладнення способів здійснення таких правопорушень, поширення організованих схем, їх повторюваність та корисливі мотиви підвищують рівень суспільної небезпеки подібних дій, створюючи додаткові виклики перед правоохоронними органами та судовою системою. За умов воєнного стану кримінально-правовий захист державного кордону України слід розглядати як один із ключових напрямів державної політики у сфері національної безпеки. Цей аспект вимагає подальшого поглибленого наукового аналізу, удосконалення законодавчої бази та підвищення практичної ефективності правозастосування.

Посилання

1. Servatyuk V., Yablonskyi I. Theoretical and methodological approaches to understanding the state border and its protection. *The scientific journal of the national academy of national guard "honor and law"*. 2023. Vol. 1, no. 84. P. 55–62. URL: https://doi.org/10.33405/2078-7480/2023/1/84/276814.
2. Про державний кордон України : Закон України від 04.11.1991 № 1777-XII : станом на 23 верес. 2023 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-12#Text (дата звернення: 27.02.2026).
3. Про порядок виїзду з України і в'їзду в Україну громадян України : Закон України від 21.01.1994 № 3857-XII : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3857-12#Text (дата звернення: 02.03.2026).

4. Про прикордонний контроль : Закон України від 05.11.2009 № 1710-VI : станом на 23 берез. 2023 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1710-17#Text (дата звернення: 02.03.2026).
5. Про затвердження Правил перетинання державного кордону громадянами України : Постанова Каб. Міністрів України від 27.01.1995 № 57 : станом на 1 січ. 2026 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/57-95-п#Text (дата звернення: 02.03.2026).
6. Про введення воєнного стану в Україні : Указ Президента України від 24.02.2022 № 64/2022 : станом на 28 січ. 2026 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/64/2022#Text (дата звернення: 02.03.2026).
7. Прикордонники викрили понад 220 протиправних груп, які спеціалізувалися на трансфері українських чоловіків за кордон. Міністерство внутрішніх справ України : веб-сайт. URL: https://mvs.gov.ua/news/prikordonniki-vikrili-ponad-220-protipravnix-grup-iaki-specializuvalisia-na-transferi-ukrayinskix-colovikiv-za-kordon.
8. Лисенко С. Є. Стан наукової розробки проблеми розслідування незаконного переміщення осіб через державний кордон України в умовах дії воєнного стану. *Актуальні проблеми держави і права*. 2025. № 106. С. 92–100. URL: https://doi.org/10.32782/apdp.v106.2025.12.
9. Кримінальний кодекс України : Кодекс України від 05.04.2001 № 2341-III : станом на 17 лип. 2025 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text (дата звернення: 26.02.2026).
10. Терлецький Є. В. Проблеми притягнення до кримінальної відповідальності за незаконне переправлення осіб через державний кордон України. *Прикарпатський юридичний вісник.* 2025. №. 3. С. 96-104
11. Палько В. І. (2025). Юридична відповідальність фізичних осіб за незаконне перетинання державного кордону: сучасний стан та проблеми застосування. *Правова держава*, (59), 49–58. https://doi.org/10.18524/2411-2054.2025.59.340302
12. Підсумки 2025 року: на кордоні оформлено понад 37 млн осіб та 8,2 млн транспортних засобів. *Державна прикордонна служба України*. URL: https://dpsu.gov.ua/uk/news/49813-pidsumki-2025-roku-na-kordoni-oformleno-ponad-37-mln-osib-ta-8-2-mln-transportnih-zasobiv .

АНАЛІЗ ПОВНОВАЖЕНЬ ОРГАНІВ ПУБЛІЧНОЇ ВЛАДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАГЛЯДУ В СФЕРІ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Аспірант Д.С. Нікулеско
Керівник – д. держ. упр., доц. С.А. Вавренюк
Національний університет цивільного захисту України
м. Черкаси, Україна

Проведення ефективної та цілеспрямованої діяльності в нашій державі з організації та координації заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, забезпечення екологічної безпеки залежить від ефективності прийняття державних цільових, міждержавних та місцевих програм. Складовою державної політики в сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки держави є ефективне функціонування системи екологічного нагляду.

В умовах сучасних викликів та загроз, а також зростання антропогенного навантаження на природні ресурси й посилення екологічних ризиків, діяльність органів публічної влади набуває особливого значення, що повинна бути направлена на організацію державного контролю, реалізацію природоохоронних заходів й дотримання законодавства в даній сфері.

До основних нормативно-правових документів, котрі складають основу функціонування системи екологічного нагляду відносяться Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»[2] та Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року»[1], що регламентують загальні принципи державного управління в сфері охорони довкілля, визначають повноваження органів публічної влади та напрями екологічної політики.

В Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» зазначені організаційні, правові й економічні засади забезпечення охорони довкілля, екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів. У відповідності з цим законодавчим актом до системи управління в цій сфері відносяться органи державної влади, органи місцевого самоврядування, на які покладено функцію реалізації екологічної політики, здійснення державного контролю, координування природоохоронної діяльності та виконання програм.

Кабінет Міністрів України займає центральне місце в системі публічного управління в сфері охорони довкілля. В його повноваження входить забезпечити реалізацію державної політики в цьому напрямі, розроблення й затвердження державних екологічних програм, встановлення порядку використання природних ресурсів та організація діяльності ЦОВВ в природоохоронній галузі. Окрім цього, КМУ координує діяльність органів

виконавчої влади в напрямі реалізації державної екологічної політики й виконання міжнародних зобов'язань нашої держави в сфері охорони природного навколишнього середовища.

При формуванні й реалізації державної екологічної політики одну із провідних ролей відіграє Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. До функцій даного міністерства відносяться:

- розробка нормативно-правових актів;
- державний моніторинг довкілля;
- координація органів виконавчої влади в сфері природоохоронної діяльності;
- формування державних програм в напрямі раціонального використання природних ресурсів.

Даний орган здійснює державну політику в сфері охорони водних ресурсів, управління цими ресурсами, атмосферного повітря, збереження біорізноманіття, поводження з відходами.

Державний екологічний контроль займає окреме місце в системі екологічного нагляду, котрий здійснюється відповідними уповноваженими органами. Орган, що реалізує контрольну функцію в даній сфері є Державна екологічна інспекція України. Її функції полягають в забезпеченні дотримання вимог законодавства в сфері навколишнього природного середовища суб'єктами господарювання, в проведенні перевірок та фіксації порушень екологічних норм та заходи реагування на такі порушення. Безпосередньо дана інспекція проводить перевірки, як планові так і позапланові, складає протоколи про адміністративні порушення, визначає розміри шкоди, якої завдано довкіллю й здійснює інші контрольні заходи.

Реалізацію державної політики в сфері охорони довкілля також здійснюють місцеві державні адміністрації, котрі відносяться до системи екологічного нагляду. На них покладені функції виконання державних й регіональних програм в напрямі природоохоронної діяльності, контроль за використанням природних ресурсів, координація діяльності підприємств, організацій, установ в сфері довкілля. Дані органи виконавчої влади розробляють та реалізовують заходи по запобіганню негативного впливу господарської діяльності на стан довкілля. Також забезпечують екологічний нагляд, реалізують повноваження щодо управління природними ресурсами на місцевому рівні, організовують заходи з охорони навколишнього природного середовища й контролюють виконання цих заходів. Органи місцевого самоврядування залучають громадськість до вирішення питань в даній галузі та інформують населення про стан довкілля.

Напрями розвитку державної політики в сфері охорони довкілля зазначаються в Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». Даний законодавчий документ визначає пріоритети державної політики в сфері охорони навколишнього природного середовища, а саме удосконалення системи державного управління, розвиток системи моніторингу довкілля,

впровадження інноваційних підходів до управління природними ресурсами та вдосконалення державного екологічного контролю.

Цей документ передбачає розвиток інституційної спроможності органів публічної влади, шляхи удосконалення екологічного моніторингу, впровадження інформаційних технологій в сферу екологічного управління й інформування громадськості. Стратегія визначає механізми за допомогою яких можна підвищити ефективність державного екологічного нагляду, а саме:

- вдосконаленням контролю;
- система екологічного аудиту;
- посилення відповідальності за порушення в цій сфері.

Отже, проаналізувавши діючу нормативно-правову базу, можна підсумувати, що повноваження органів публічної влади в сфері екологічного нагляду мають багаторівневу структуру. Така система забезпечує взаємодію між інституціями публічного управління. Однак на практиці реалізація екологічної політики стикається з рядом проблемних питань, котрі пов’язані з дублюванням повноважень окремих органів, недостатня координація їх діяльності, обмежені можливості контролю за дотриманням природоохоронного законодавства.

Якщо визначати актуальні напрями вдосконалення системи екологічного нагляду, то можна виділити такі:

- підвищення ефективності взаємодії між органами державної влади та органами місцевого самоврядування;
- вдосконалення системи екологічного моніторингу;
- уточнення процедур державного екологічного контролю;
- розширення повноважень громадськості при прийнятті управлінських рішень в сфері охорони довкілля.

Завдяки реалізації даних напрямів можна сформувати ефективну систему управління природоохоронною діяльністю та забезпечити належний рівень екологічної безпеки.

Посилання

1. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28.02.2019 №2697-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text
2. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 №1264-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЛОГІСТИЦІ

Студентка А.О. Обець, студент М.О. Яцук
Керівник - викладач Н.Б. Шаргородська
Керівник – завідувач відділення[1] *С.К. Горбачова*
[1]Відділення технології та організації виробництва і теплотехніки
ВСП «Вінницький фаховий коледж НУХТ», м. Вінниця, Україна

У сучасних умовах глобалізації та швидкого розвитку технологій логістика відіграє ключову роль у діяльності підприємств. Ефективне управління постачанням, транспортуванням, зберіганням і розподілом товарів є основою конкурентоспроможності компаній. Одним із найпотужніших інструментів оптимізації логістичних процесів сьогодні є штучний інтелект (ШІ). Штучний інтелект - це сукупність технологій, які дозволяють комп'ютерним системам виконувати завдання, що потребують людського інтелекту: аналізувати дані, прогнозувати, приймати рішення, навчатися на основі досвіду. У логістиці ШІ використовується для автоматизації процесів, зменшення витрат, підвищення швидкості обслуговування та мінімізації ризиків.

Розглянемо основні напрями використання ШІ в логістиці:

- прогнозування попиту, однією з ключових задач логістики є правильне прогнозування попиту на продукцію. Традиційні методи прогнозування часто не враховують велику кількість факторів: сезонність, економічні зміни, поведінку споживачів, погодні умови тощо. Алгоритми машинного навчання дозволяють: аналізувати великі обсяги історичних даних, враховувати десятки й сотні змінних, формувати точні прогнози попиту. Завдяки цьому компанії зменшують надлишкові запаси, уникають дефіциту товарів і оптимізують складські витрати;

- оптимізація маршрутів транспортування, ШІ активно застосовується для побудови оптимальних маршрутів доставки. Алгоритми враховують: дорожню ситуацію, погодні умови, час доставки, витрати пального, завантаженість транспорту. Наприклад, такі компанії як Amazon та DHL використовують системи на основі ШІ для автоматичного планування маршрутів, це дозволяє скоротити витрати на паливо, зменшити час доставки та підвищити задоволеність клієнтів;

- управління складом, на сучасних складах застосовуються роботизовані системи, що працюють під керуванням алгоритмів штучного інтелекту, вони виконують такі функції: автоматичне сортування товарів, переміщення вантажів, інвентаризація, контроль залишків. Роботи здатні працювати без перерви, зменшуючи людські помилки та прискорюючи обробку замовлень, це особливо важливо для великих логістичних центрів;

- управління запасами, ШІ допомагає визначати оптимальний рівень запасів на складах, зокрема система аналізує: швидкість обігу товарів, сезонні коливання, надійність постачальників, затримки у транспортуванні. На основі цього формуються автоматичні рекомендації щодо замовлення нових партій

товару, це зменшує заморожування коштів у надлишкових запасах та знижує ризик простоїв;

- автономний транспорт, перспективним напрямом є використання автономних транспортних засобів, такі компанії, як Tesla та Waymo, розробляють системи автономного керування транспортом. У логістиці автономні вантажівки можуть: працювати без водія, рухатися з мінімальними затримками, зменшувати кількість аварій, скорочувати витрати на персонал. Хоча технологія ще активно розвивається, вона має значний потенціал для трансформації транспортної логістики.

Використання штучного інтелекту в логістиці надає підприємствам суттєві переваги, які відчуваються на всіх етапах руху товару — від планування закупівель до доставки кінцевому споживачу. Насамперед, ШІ допомагає значно зменшити витрати компанії. Завдяки аналізу великих масивів даних алгоритми можуть знаходити найефективніші маршрути перевезень, прогнозувати попит і визначати оптимальний рівень запасів. Це означає менші витрати на паливо, скорочення простоїв транспорту, зменшення витрат на зберігання товарів і уникнення перевитрат через надлишкові закупівлі. Ще однією важливою перевагою є підвищення швидкості виконання логістичних операцій. Системи на основі штучного інтелекту здатні обробляти інформацію в режимі реального часу, миттєво реагувати на зміни дорожньої ситуації або коливання попиту. Наприклад, великі логістичні компанії, такі як DHL, використовують аналітичні платформи для оперативного коригування маршрутів доставки. У результаті товари прибувають швидше, а клієнти отримують більш точну інформацію про час доставки.

Штучний інтелект також суттєво зменшує вплив людського фактору, у традиційній логістиці помилки можуть виникати через неправильне планування, неточні розрахунки або неуважність персоналу. Автоматизовані системи працюють за заданими алгоритмами та постійно самонавчаються на основі нових даних, що дозволяє зменшити кількість помилок при комплектуванні замовлень, управлінні запасами чи формуванні графіків перевезень. Це підвищує загальну надійність логістичної системи. Крім того, впровадження ШІ покращує якість обслуговування клієнтів. Системи прогнозування дозволяють уникати ситуацій, коли товару немає на складі, а оптимізація маршрутів скорочує час доставки.

Компанії можуть надавати клієнтам точні прогнози щодо прибуття замовлення та швидко реагувати на зміни або скарги. Наприклад, такі компанії як Amazon активно використовують алгоритми машинного навчання для передбачення потреб покупців і пришвидшення обробки замовлень, що формує високий рівень довіри та лояльності споживачів. Важливою перевагою є також можливість прийняття більш обґрунтованих управлінських рішень. Штучний інтелект аналізує величезні обсяги даних, які людина фізично не може швидко опрацювати. На основі цього керівництво отримує точні аналітичні звіти, прогнози та рекомендації, це допомагає планувати розвиток логістичної мережі, відкривати нові склади в найбільш вигідних регіонах та оптимізувати структуру постачання.

Отже, використання штучного інтелекту в логістиці не лише підвищує ефективність окремих процесів, а й комплексно трансформує всю систему управління постачанням. Завдяки зниженню витрат, підвищенню швидкості роботи, зменшенню помилок і покращенню сервісу компанії отримують суттєву конкурентну перевагу на сучасному ринку.

Попри значні переваги, використання штучного інтелекту в логістиці має і певні недоліки. Насамперед це високі витрати на впровадження. Закупівля сучасного програмного забезпечення, автоматизованого обладнання, серверів та навчання персоналу потребує значних інвестицій, які не всі підприємства можуть собі дозволити. Ще однією проблемою є складність інтеграції ШІ з уже існуючими логістичними системами. Багато компаній працюють на застарілому програмному забезпеченні, яке важко поєднати з новими технологіями, це може спричиняти технічні збої або потребувати повної модернізації інфраструктури. Також важливим фактором є залежність від якості даних, якщо система отримує неточні або неповні дані, вона може формувати помилкові прогнози та рішення. У такому випадку автоматизація не покращує, а навпаки - ускладнює управління процесами. Крім того, впровадження ШІ може призводити до скорочення робочих місць, оскільки частину функцій виконують автоматизовані системи, це створює соціальні виклики та потребує перекваліфікації працівників.

Тому, хоча штучний інтелект відкриває великі можливості для розвитку логістики, його впровадження потребує значних ресурсів, якісної підготовки та зваженого підходу.

Висновки

Штучний інтелект стає невід’ємною частиною сучасної логістики, його використання дозволяє підвищити ефективність управління, знизити витрати, пришвидшити доставку та покращити якість обслуговування клієнтів. Незважаючи на певні труднощі впровадження, переваги застосування ШІ значно переважають недоліки. У найближчі роки очікується подальша автоматизація логістичних процесів і розширення сфер застосування штучного інтелекту.

Таким чином, використання ШІ є стратегічним напрямом розвитку логістики та важливим чинником підвищення конкурентоспроможності підприємств у сучасній економіці.

Посилання

1. Мороз С., Шуневич М. *Використання штучного інтелекту в логістичній галузі./*Development Service Industry Management, 2024. – с.269–275.
2. Петлін К. *Технології штучного інтелекту в транспортно-логістичній системі України./*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, 2025.
3. Вознюк І. Р., Заварицький С. О. *Використання методів штучного інтелекту в оптимізації логістичних процесів /*Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні, 2024.

ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ МОТИВАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Аспірант Г.С. Остроус
Науковий керівник - д. е. н., доцент, професор[1] *С.Ю. Савін*
[1]Кафедра менеджменту, маркетингу і туризму
Херсонський національний технічний університет,
м. Хмельницький, Україна

Формування ефективної системи мотивації персоналу в умовах економічної нестабільності є важливим завданням управління, реалізація якого визначає здатність підприємства адаптуватися до змін економічного середовища та забезпечувати належний рівень продуктивності виробництва. У періоди рецесії менеджери компаній часто стикаються зі скороченням фінансових можливостей, змінами на ринку праці, підвищенням рівня невизначеності та зростанням психологічного навантаження на працівників. Подібна кон'юнктура викликає необхідність створення чітких принципів системи заохочення, яка одночасно здатна сприяти збереженню кадрового потенціалу та забезпечувати досягнення стратегічних цілей підприємства.

Оптимізація бюджету та надання тимчасової переваги нематеріальним методам заохочення персоналу є необхідним кроком для уникнення фінансових труднощів фірми під час ринкового дисбалансу. Дані методи насамперед пов’язані із задоволенням таких потреб працівників як: можливість професійного зростання та самореалізації, робота у сприятливих виробничих умовах, отримання соціального визнання, право на коригування робочого графіку, можливість підтримки оптимального балансу між роботою та особистим життям тощо. Одним з найважливіших аспектів у даному переліку є визнання досягнень працівника, оскільки похвала, нагорода або щира подяка за виконану роботу з боку керівництва засвідчує цінність результатів праці певного співробітника та формує в нього мотивацію до виконання майбутніх завдань, утворюючи довгострокову установку на ініціативність, лояльність та інноваційність. Варто також відзначити, що сприяння проактивній поведінці персоналу є особливо актуальним в умовах переходу до сучасної моделі праці, де результативність діяльності більше залежить не від виконання стандартизованих процедур, а від здатності фахівців генерувати нові ідеї та виявляти критичне мислення.

У періоди економічної нестабільності менеджеру необхідно підтримувати постійний діалог з підлеглими та своєчасно інформувати про нововведення в діяльності підприємства, адже це дозволяє знизити рівень напруження та невизначеності у колективі та підвищити готовність персоналу до співпраці. Не менш суттєвим для налагодження відкритих взаємовідносин працівників з керівництвом є забезпечення прозорості критеріїв оцінки професійної діяльності та збереження об’єктивності управлінських рішень, оскільки дані принципи допомагають робітникам усвідомити пряму

кореляцію їхніх дій з рівнем матеріальної і нематеріальної винагороди та зробити відповідні висновки[1].

Одним з головних завдань управління під час рецесії, яке здатне компенсувати короткочасну відсутність матеріальних заохочень є створення можливостей для професійного розвитку робітників, яке охоплює організацію навчання, тренінгів, семінарів, менторських програм, стажувань тощо. Підвищення кваліфікації працівників здатне не лише покращити їхні компетенції, а й посприяти формуванню відчуття професійної самореалізації та перспективи кар'єрного зросту. Організаційна підтримка освітніх ініціатив формує у співробітників розуміння того, що їх розвиток є цінним для підприємства, що в свою чергу посилює колективну прихильність до виробництва. Значущою складовою нематеріального стимулювання є також створення сприятливого соціально-психологічного середовища, оскільки атмосфера довіри, відкритості та взаємоповаги в колективі сприяє зміцненню соціальних зв'язків, підвищенню залученості персоналу та загальному зниженню стресу.

Задля досягнення високого рівня продуктивності персоналу підприємства ефективна система мотивації повинна враховувати й індивідуальні потреби, життєві пріоритети, ціннісні орієнтації та професійні особливості працівників. У цьому контексті зростає значення гнучких систем компенсацій, які передбачають можливість працівника самостійно обирати найбільш релевантні для себе елементи «винагород». Подібні системи, які здобули назву "кафетерійні моделі", дозволяють адаптувати зміст стимулів до життєвого циклу працівника, рівня його зайнятості, родинного статусу, професійних прагнень, тим самим посилюючи мотиваційний ефект без необхідності додаткового фінансового навантаження на підприємство[2]. Наприклад, для молодих фахівців можуть бути ціннішими можливості навчання та професійного зростання, тоді як працівники старшого віку можуть надавати перевагу розширеним соціальним гарантіям або гнучкому графіку роботи. Практична реалізація даних методів полягає в аналізі «задоволеності» робітників умовами праці за допомогою проведення регулярних опитувань та оцінювання ефективності застосованих мотиваційних заходів.

Висновки: формування ефективної системи мотивації персоналу в умовах економічної нестабільності потребує надання тимчасової переваги нематеріальним методам заохочення персоналу, які насамперед пов'язані із задоволенням таких потреб працівників як: можливість професійного зростання та самореалізації, отримання соціального визнання, робота у покращених виробничих умовах, право коригування робочого графіку і отримання соціальних гарантій. Використання диференційованого підходу до створення індивідуальних мотиваційних стратегій дозволяє забезпечити працівників найбільш релевантними для них «винагородами» і уникнути додаткового фінансового навантаження на підприємство. Задля збереження кадрового потенціалу і продуктивності виробництва керівництво також

повинно підтримувати прозорість критеріїв оцінки праці, забезпечувати об'єктивність управлінських рішень та завчасно інформувати персонал про зміни у виробничих процесах. Завдяки використанню даного підходу менеджер здатен сформувати довірливі відносини з підлеглими та значно знизити рівень напруження та невизначеності у колективі, що суттєво підвищує готовність персоналу до майбутньої співпраці.

Посилання

1. Литвишко Л.О. / Технології мотивації підприємства у сучасних умовах / П.А. Марченко, Л.о. Литвишко // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/668/642
2. В.В. Швед / Теоретико-методологічні основи мотиваційного менеджменту / С.Л. Луценко // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://puet.poltava.ua/index.php/economics/article/view/334/317

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ

Аспірант О.Г. Підодня
Керівник - доц., канд. техн. наук Т.В. Данилова
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Актуальність дослідження

Підприємства будівельної індустрії України формують матеріальну основу будівництва та розвитку інфраструктури. Разом із цим значна частина виробничих потужностей галузі була введена в експлуатацію декілька десятиліть тому та характеризується високою енергоємністю, фізичним і моральним зносом обладнання, а також недостатнім рівнем автоматизації технологічних процесів. У сучасних економічних умовах, які характеризуються зростанням вартості енергоресурсів, підвищенням вимог до екологічної безпеки та необхідністю підвищення конкурентоспроможності продукції, особливої актуальності набуває реконструкція і модернізація підприємств будівельної індустрії.

Традиційні методи техніко-економічного обґрунтування реконструкції здебільшого базуються на оцінці капітальних витрат та строку окупності інвестицій. Такий підхід не дозволяє повною мірою врахувати сучасні фактори розвитку виробництва, зокрема енергоефективність технологічних процесів, використання вторинних енергетичних ресурсів, рівень автоматизації виробництва та інтеграцію нових технологій у існуючі виробничі системи.

Мета дослідження

Метою роботи є удосконалення методів обґрунтування доцільності реконструкції підприємств будівельної індустрії на основі комплексного впливу визначальних факторів, що поєднує технічний аналіз виробничих систем із сучасними економічними методами оцінки інвестиційної ефективності.

Методологія дослідження

У процесі дослідження використано методи системного аналізу, техніко-економічного порівняння, економіко-математичного моделювання та методи оцінки ефективності інвестиційних проектів. Для визначення економічної доцільності реконструкції підприємств застосовано такі показники, як чиста приведена вартість (NPV), внутрішня норма прибутковості (IRR), індекс рентабельності інвестицій (PI) та дисконтований строк окупності (DPP).

Крім економічних показників, до системи оцінки включено технічні параметри функціонування виробничих систем, зокрема питому енергоємність виробництва, продуктивність обладнання, коефіцієнт використання виробничих потужностей, рівень втрат сировини та матеріалів, а також екологічні показники виробництва.

Інтегральний показник ефективності реконструкції

Для комплексної оцінки ефективності реконструкції підприємства пропонується використовувати інтегральний показник ефективності, який враховує як економічні, так і технічні параметри модернізації виробництва:

$$E = w1 \cdot Kecon + w2 \cdot Kenergy + w3 \cdot Kprod + w4 \cdot Kenv$$

де:

E – інтегральний показник ефективності реконструкції;
Kecon – узагальнений економічний показник ефективності інвестицій;
Kenergy – коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва;
Kprod – показник підвищення продуктивності виробничого обладнання;
Kenv – показник екологічної ефективності;
w1–w4 – вагові коефіцієнти, що відображають значущість відповідних факторів.

Запропонований показник дозволяє здійснювати порівняння альтернативних варіантів реконструкції та визначати найбільш ефективні напрями модернізації підприємства.

Висновки

Запропонований підхід до обгрунтування доцільності реконструкції підприємств будівельної індустрії дозволяє комплексно враховувати економічні, технологічні та енергетичні фактори модернізації виробництва. Його застосування сприяє підвищенню рівня обґрунтованості інвестиційних рішень, зниженню енергоємності виробництва та підвищенню конкурентоспроможності підприємств галузі.

Посилання

1. ДСТУ Б А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво.
2. Баженов Ю.М. Економіка будівельного виробництва. Київ: КНУБА, 2018.
3. Бойко М.Д. Економічна ефективність інвестицій у промисловості. Харків: Фактор, 2017.
4. Porter M. Competitive Advantage. New York: Free Press, 2008.
5. International Energy Agency. Energy Efficiency in Industry. Paris, 2021.
6. Blank I.A. Investment Management. Kyiv: Nika-Center, 2016.
7. ДБН А.2.2-3:2014. Проектування. Склад та зміст проектної документації.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСКАВАТОРІВ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

Курсант В.О. Плохотнюк
Керівник – ст. викл. В.Е. Черкудінов
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Одним із ключових напрямів підвищення ефективності виконання інженерно-транспортних робіт є застосування машин безперервної дії, зокрема траншейних екскаваторів. Для підрозділів Державної спеціальної служби транспорту (ДССТ), які виконують завдання з будівництва, відновлення та експлуатації об’єктів транспортної інфраструктури, такі машини мають стратегічне значення, оскільки дозволяють значно скоротити терміни виконання робіт, підвищити їх продуктивність та забезпечити безперервність технологічних процесів [1].

Машини безперервної дії характеризуються тим, що їх робочий орган постійно взаємодіє з ґрунтом, а всі технологічні операції — розробка, транспортування та відвал ґрунту — виконуються одночасно. Це забезпечує значно вищу продуктивність у порівнянні з екскаваторами циклічної дії. Разом із тим, незважаючи на очевидні переваги, використання екскаваторів безперервної дії в умовах виконання завдань ДССТ супроводжується рядом технічних, організаційних та експлуатаційних проблем [2-3].

Першою суттєвою проблемою є обмежена універсальність машин безперервної дії. Такі екскаватори ефективно працюють лише в певному діапазоні ґрунтових умов, як правило, до IV–V категорій, і потребують відносно однорідного середовища. У випадках наявності великих кам’янистих включень, будівельного сміття або неоднорідних шарів ґрунту

ефективність їх роботи значно знижується, а ризик пошкодження робочого органу зростає. Для підрозділів Держспецтрансслужби, які часто працюють у складних польових умовах, це є критичним обмеженням.

Другою важливою проблемою є інтенсивний знос робочих органів, зокрема ріжучих елементів, ланцюгів, скребків та зубів. Робота в абразивних або мерзлих ґрунтах призводить до швидкого зношування деталей, що потребує частих зупинок для технічного обслуговування та заміни елементів (рис. 1). У польових умовах, де можливості для ремонту обмежені, це негативно впливає на загальну ефективність виконання завдань.

Третьою проблемою є складність технічного обслуговування та ремонту. Екскаватори безперервної дії мають складну конструкцію, яка включає редуктори, гідравлічні системи, ланцюгові передачі та транспортуючі механізми. Вихід з ладу одного з цих елементів може призвести до повної зупинки машини. В умовах діяльності Держспецтрансслужби, де часто відсутня стаціонарна ремонтна база, це створює додаткові труднощі.



Рисунок 1 – Інтенсивний знос робочих органів

Четвертим фактором є підвищене енергоспоживання та навантаження на базову машину. Безперервний характер роботи потребує значних потужностей, що призводить до підвищеного зносу двигуна та трансмісії базового трактора або тягача. Це скорочує ресурс техніки та збільшує витрати на її експлуатацію.

П’ятою проблемою є обмежена ефективність при виконанні розосереджених або малих обсягів робіт. Машини безперервної дії найбільш ефективні при великих обсягах земляних робіт і протяжних траншеях. У випадках виконання локальних або аварійних робіт, характерних для ДССТ, їх застосування може бути економічно недоцільним.

З урахуванням зазначених проблем виникає необхідність у пошуку ефективних шляхів їх вирішення. Одним із основних напрямів є модернізація робочих органів. Використання змінних різців із твердосплавними наплавленнями, адаптивних скребкових систем та удосконалених ланцюгових механізмів дозволяє значно підвищити зносостійкість і розширити діапазон застосування техніки [4].

Важливим заходом є також впровадження систем захисту від перевантажень. Використання запобіжних муфт, автоматичних систем контролю навантаження та датчиків перешкод дозволяє запобігти поломкам при зустрічі з твердими включеннями у ґрунті. Це особливо актуально в умовах непередбачуваного середовища виконання робіт.

Ще одним напрямом є удосконалення організації технічного обслуговування. Для підрозділів Держспецтрансслужби доцільно створювати мобільні ремонтні бригади, оснащені необхідним обладнанням і запасними частинами. Це дозволить оперативно усувати несправності без значних простоїв техніки.

Крім того, необхідно приділяти увагу підготовці та підвищенню кваліфікації персоналу. Ефективна експлуатація складної техніки потребує високого рівня підготовки операторів і технічного персоналу. Навчання роботі в різних ґрунтових умовах, своєчасному виявленню несправностей та правильному налаштуванню обладнання сприяє підвищенню надійності роботи машин.

Перспективним напрямом є також впровадження сучасних технологій моніторингу та діагностики. Використання датчиків стану обладнання, систем дистанційного контролю та аналізу технічних параметрів дозволяє прогнозувати можливі відмови та своєчасно проводити профілактичне обслуговування.

Не менш важливим є раціональний вибір техніки залежно від умов виконання робіт. У ряді випадків доцільним є комбіноване використання екскаваторів безперервної та циклічної дії, що дозволяє досягти оптимального співвідношення продуктивності та універсальності.

Висновки:

1. Екскаватори безперервної дії є ефективним засобом інтенсифікації земляних робіт у діяльності ДССТ, оскільки забезпечують високу продуктивність, безперервність технологічного процесу та якісне формування траншей.

2. Виявлено основні проблеми їх експлуатації, зокрема: обмежену універсальність у складних ґрунтових умовах, інтенсивний знос робочих органів, складність технічного обслуговування в польових умовах, підвищене енергоспоживання та зниження ефективності при малих обсягах робіт.

3. Обґрунтовано, що підвищення ефективності застосування екскаваторів безперервної дії можливе за рахунок технічної модернізації, зокрема використання зносостійких матеріалів, удосконалення конструкції робочих органів та впровадження систем захисту від перевантажень.

4. Доведено доцільність удосконалення організації експлуатації техніки шляхом створення мобільних ремонтних підрозділів, оптимізації технічного обслуговування та підвищення рівня підготовки персоналу.

5. Визначено перспективність впровадження сучасних технологій моніторингу та діагностики технічного стану машин, а також раціонального поєднання різних типів землерийної техніки залежно від умов виконання робіт.

Посилання

1. Дмитриченко М.Ф. Траншейні екскаватори з безківшевими роторними робочими органами: перспективи створення та використання / М.Ф. Дмитриченко, В.Д. Мусійко, М.О. Білякович. – // Винахідник і раціоналізатор. – 2015. – №1. – С. 10–13.
2. Слободян Н.М. Експлуатаційний розрахунок багатоківшевого траншейного екскаватора: навчальний посібник / Н.М. Слободян, О.Б. Волошин. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 120 с.
3. Будівельні та колійні машини: навчальний посібник / за ред. О.В. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. – 300 с.
4. Землерийні машини безперервної дії: навчальний посібник / уклад. НТУУ «КПІ». – Київ, 2022. – 200 с.Телескопічні навантажувачі: огляд та характеристики / TDC.UA: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://tdc.ua/novyny/yak-obraty-teleskopichnyj-navantazhuvach-u-2025-roci-praktychnyj-gid-dlya-pokupcya – Дата звернення: 17.03.2026.

МОДЕРНІЗАЦІЯ МИТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЯК ЧИННИК ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ: АКЦЕНТИ НОВОЇ РЕДАКЦІЇ МИТНОГО КОДЕКСУ

Аспірант В.А. Пляцук
Керівник – д. н. держ. упр., проф. І.М. Квеліашвілі
Університет митної справи та фінансів
м. Дніпро, Україна

У сучасних умовах воєнних і поствоєнних трансформацій митна система фактично перетворюється на один із центральних вузлів забезпечення економічної безпеки держави. Через неї держава одночасно забезпечує фіскальну стійкість, захист внутрішнього ринку, контроль за критичними потоками товарів і протидію тіньовим практикам у зовнішній торгівлі. Саме тому перегляд і оновлення Митного кодексу слід розглядати не як суто технічну кодифікацію, а як інституційну реформу, що задає нові правила взаємодії держави й бізнесу та змінює управлінську логіку митної діяльності.

Проєкт нової редакції Митного кодексу України прямо фіксує зміщення акценту від карально-контрольної моделі здійснення митної справи до нагляду за міжнародною торгівлею, який поєднує сприяння добросовісній торгівлі з реалізацією державної митної політики для захисту національних та економічних інтересів і безпеки ланцюгів постачання. Це важливо, бо

інституційна мета митних органів у такій логіці задає стандарти для процедур, сервісів і відповідальності посадових осіб.

Показовим є і те, що проєкт нової редакції Митного кодексу України закладає процедурну визначеність у відносинах між митними органами та особами. Так, передбачається, що адміністративні справи, пов'язані з виконанням митними органами завдань, мають розглядатися за правилами власне Митного кодексу України, а в не врегульованій частині – за Законом України «Про адміністративну процедуру» [1]. Це інституційно підсилює принципи належного врядування через передбачуваність рішень, можливість їх оскарження, зменшення простору для довільного адміністративного розсуду.

Другий блок змін стосується цифрової інфраструктури митниці, яка безпосередньо впливає на економічну безпеку через швидкість, прозорість і керованість процедур. Проєкт закріплює функціонування середовища «єдиного вікна» як каналу взаємодії між економічними операторами, митними та іншими компетентними органами. Важливо, що система задумана не як якась формальність, а як механізм автоматизованої перевірки немитних формальностей, координації та використання даних для прийняття рішень щодо ввезення/вивезення товарів.

Важливим є також запровадження принципу одноразовості подання, що передбачає достатність одноразового передання документів й відомостей інших органів митниці та відсутність потреби їх дублювання на папері (за визначеними винятками), що прямо зменшує адміністративні бар'єри та точки контакту, де традиційно виникають корупційні ризики.

Третій інституційний акцент змін – це ризик-орієнтоване управління як ядро майбутньої митної моделі. У проєкті ризик описано як ймовірність і наслідки події, пов'язаної з переміщенням/використанням товарів, що може перешкоджати правильному застосуванню законодавства, ставити під загрозу фінансові інтереси держави або створювати загрози національним інтересам, життю і здоров'ю людей, довкіллю та правам споживачів [1]. Таким чином, ризик концептуально прив'язано не лише до фіскальних втрат, а й до ширшої рамки економічної та суспільної безпеки.

Водночас норми про митний контроль деталізують інструменти (огляд, відбір зразків, перевірки документів і обліку тощо) та підкреслюють, що контроль має бути достатнім і виправданим для забезпечення дотримання митного та іншого законодавства. Для економічної безпеки це означає перехід від суцільних перевірок до пропорційного контролю, який концентрує ресурси держави на найбільш загрозливих напрямах і одночасно не блокує легальну торгівлю.

Четвертий елемент трансформації полягає у розвитку партнерської моделі комплаєнсу через інститут Авторизованого економічного оператора (АЕО). Проєкт прямо встановлює, що АЕО отримує більш сприятливий режим через меншу кількість оглядів та інших форм фізичного контролю, менше перевірок документів та першочергове виконання митних

формальностей. Це створює економічно відчутну мотивацію до добровільної прозорості та інвестицій бізнесу у власні системи контролю й безпеки. У підсумку держава отримує ефект масштабування довіри, що буде супроводжуватися зниженням транзакційних витрат для сумлінних операторів і вивільненням контролюючих ресурсів для високоризикових сегментів.

Окремого значення набуває інституційне зміцнення доброчесності та підзвітності посадових осіб митних органів. Проєкт вводить стандарт належної обачності, що охоплює вжиття розумних заходів для досягнення законної мети, сумлінність і неупередженість, пропорційність, правомірні очікування, а також прозорість прийняття рішень і підзвітність [1]. Для економічної безпеки це важливо, бо якість інституції визначається не лише нормами, а й тим, наскільки імплементованими є механізми стримувань і противаг у щоденну практику.

Висновки. Узагальнюючи, можна стверджувати, що проєкт нової редакції Митного кодексу формує комплексну модель організації митної діяльності, де економічна безпека досягається не збільшенням та розширенням контролю, а його якісним переосмисленням через цифрові рішення, ризик-орієнтованість, партнерство з добросовісним бізнесом і підвищення стандартів адміністративної процедури та відповідальності.

Посилання

1. Митний кодекс України : проєкт (нова редакція). 393 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mof.gov.ua/uk/news/rozpochato_konsultatsii_shchodo_proiektu_novogo_mitnogo_kodeksu_ukraini-5297.

ПРОЕКТ БОРТОВОГО РЕДУКТОРА ПОРТАЛЬНОГО МОСТУ АВТОМОБІЛЯ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ КЛІРЕНСУ

Студент ПМ2526 О.П. Посмітюха
Керівник - доц., канд. техн. наук К.Ц. Главацький
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Актуальність теми визначається потребою у створенні транспортних засобів підвищеної прохідності, здатних ефективно рухатися по пересіченій місцевості, ґрунтових дорогах, болотистих та кам’янистих ділянках [1, 2]. Одним із ключових параметрів, що визначає прохідність автомобіля, є кліренс – відстань між нижньою точкою кузова або агрегатів і поверхнею дороги. Збільшення кліренсу дозволяє зменшити ризик пошкодження елементів трансмісії та ходової

частини, а також забезпечує можливість подолання перешкод [3]. Одним із найбільш ефективних інженерних рішень у цьому напрямі є застосування портальних мостів із бортовими редукторами [4].

Величина кліренсу автомобіля має прямий вплив на характер взаємодії з протипіхотною міною у момент підриву. Чим більший дорожній просвіт, тим далі від поверхні ґрунту розташовані елементи трансмісії, днище та паливні системи, а отже – зменшується ймовірність їхнього прямого ураження вибуховою хвилею та уламками [5]. При підвищеному кліренсі енергія вибуху частково розсіюється у ґрунті та повітрі, що знижує руйнівний вплив на конструкцію автомобіля [6].

У роботі передбачається виконати проект бортового редуктора портального мосту автомобіля, який забезпечує збільшення кліренсу без суттєвого ускладнення конструкції та зниження надійності. Планується провести аналіз впливу висоти бортового редуктора на стійкість та прохідність автомобіля, а також визначити зміну вартості у порівнянні зі збільшенням розміру коліс [2, 7].

Конструкція редуктора передбачає використання зубчастої передачі, що зміщує вісь обертання колеса вниз відносно осі привідного редуктора. Це дозволяє підняти корпус моста та інші елементи трансмісії вище від поверхні дороги, збільшуючи дорожній просвіт. При цьому зберігається ефективна передача крутного моменту на колеса та забезпечується оптимальний розподіл навантаження [3, 8].

Переваги використання портальних мостів із бортовими редукторами:

а) збільшення кліренсу без необхідності застосування шин надмірного діаметра чи підйому кузова, що позитивно впливає на стійкість автомобіля [4];

б) покращення прохідності – автомобіль здатний долати кам’янисті ділянки, глибокі колії та інші складні перешкоди [2];

в) зниження навантаження на головну передачу завдяки збільшенню передаточного відношення, що підвищує довговічність трансмісії [8];

г) модульність конструкції – портальні мости можуть бути інтегровані у стандартні автомобільні шасі з мінімальними змінами [8];

д) універсальність застосування – від військових та спеціальних машин до позашляхових автомобілів цивільного призначення [1].

Водночас надмірне збільшення кліренсу може призвести до зміни центру мас і погіршення стійкості машини, тому важливо знаходити оптимальний баланс між прохідністю та безпекою [2].

У процесі проектування проведено розрахунки міцності зубчастих передач та моделювання навантажень, що діють на бортовий редуктор при русі по пересіченій місцевості. Результати показали, що використання сталей з поверхневою цементацією та термічною обробкою забезпечує необхідний баланс між міцністю та масою конструкції [7].

Використання портальних мостів у колісних роботизованих комплексах дозволяє створювати мобільні платформи з підвищеною прохідністю та адаптивністю до різних умов експлуатації. Завдяки збільшеному кліренсу

роботизовані комплекси можуть ефективно працювати у складних умовах, що підтверджується сучасними дослідженнями мобільної робототехніки [8].

Таким чином, запропонований проект бортового редуктора портального мосту поєднує сучасні інженерні рішення у сфері трансмісій із практичними вимогами до мобільності та надійності автомобілів підвищеної прохідності. Використання таких мостів є перспективним як для традиційних транспортних засобів, так і для колісних роботизованих комплексів.

Посилання

1. Скляров М.В., Цебрюк І.В., Яковлев О.В. та ін. Математичне моделювання руху автобронетанкової техніки з колісною формулою 4×4 // Вісник машинобудування та транспорту. – 2024. – №1(19). – С. 139–149.
2. Скляров М.В., Бондар Є.В. Аналіз впливу конструктивних факторів на прохідність автобронетанкової техніки // Вісник машинобудування та транспорту. – 2024.
3. Кафедра автомобілів та тракторів НТУ. Конструкція автомобілів: навчальний посібник. – Київ: НТУ, 2018.
4. ДСТУ 3973-2000. Автотранспортні засоби. Терміни та визначення основних понять. – Київ: Держстандарт України.
5. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О. Машини і обладнання для агропромислового виробництва. – Київ: Вища освіта, 2004.
6. Матеріали наукових праць Вінницького національного технічного університету. Проблеми підвищення прохідності транспортних засобів в умовах складної місцевості.
7. Збірник наукових праць НУЦЗ України. Інженерна та аварійно-рятувальна техніка: конструкція та розрахунок.
8. Siegwart R., Nourbakhsh I., Scaramuzza D. *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. – MIT Press, 2011.

РОЗВИТОК БЮДЖЕТНОЇ ГРАМОТНОСТІ СТУДЕНТІВ У СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ФІНАНСОВОЇ СФЕРИ

Викладач фінансово-економічних дисциплін А.Т. Потаніна
Чернівецький фаховий коледж технологій та дизайну
м. Чернівці, Україна

Актуальність теми. Бюджетна політика є одним з основних інструментів реалізації державної фінансової стратегії. На сучасному етапі бюджетна система функціонує в умовах децентралізації, стрімкої цифрової трансформації, необхідності післявоєнної відбудови країни та гострої потреби у прозорому використанні публічних коштів. Для ефективного управління публічними фінансами, реалізації муніципальних та державних фінансових

проєктів необхідні компетентні фахівці нового покоління, які володіють не лише теоретичною базою, а й високим рівнем бюджетної грамотності, добре розуміють бюджетні процеси. У зв'язку з цим, формування бюджетної компетентності студентів економічних спеціальностей стає стратегічним завданням системи фахової передвищої та вищої освіти.

Мета роботи. Метою роботи є обґрунтування необхідності інтеграції прикладних інструментів формування бюджетної грамотності у навчальний процес для підготовки фахівців, здатних ефективно працювати в системі муніципального менеджменту.

Виклад основного матеріалу. Означуючи поняття «бюджетна грамотність», доцільно виділяти два взаємопов'язані аспекти: теоретичні знання про бюджетну систему та практичну бюджетну компетентність. Згідно з сучасними освітніми стандартами підготовки фахівців [5], теоретичний базис охоплює:

- розуміння ієрархічної структури бюджетної системи та засад міжбюджетних відносин, визначених законодавством [1];
- знання принципів формування, затвердження та виконання бюджетів усіх рівнів;
- чітку орієнтацію у класифікації доходів і видатків;
- розуміння міжбюджетних відносин.

Практична бюджетна грамотність базується на компетентнісному підході та включає здатність майбутнього фахівця аналізувати бюджетні показники, розв'язувати складні кейси та ефективно використовувати інструменти бюджетної політики для розвитку територіальних громад. Це повністю відповідає пріоритетам, визначеним у державній стратегії розвитку фінансової грамотності [4]. Саме такі знання формують професійну компетентність фінансиста.

Освітня компонента «бюджетна система» у навчанні студентів економічних спеціальностей створює передумови для підвищення ефективності управління публічними фінансами через високий рівень підготовки фахівців. Для цього навчальний процес має охоплювати такі аспекти:

1. Практичні завдання та кейси – аналіз реальних бюджетів громад (наприклад, бюджет Чернівецької міської територіальної громади) та державного бюджету; робота з відкритими даними; обговорення актуальних проблем бюджетної політики.

2. Цифровізація навчання – використання сучасних онлайн-ресурсів (портали Open Budget [2] та Prozorro [3]) є обов'язковою базою для практичних занять. Це формує навички моніторингу публічних фінансів та розуміння принципів «прозорого бюджету».

3. Міждисциплінарна інтеграція. Інтеграція освітніх компонент економічного напрямку в єдину систему економічного знання з метою формування у студентів цілісного економічного бачення джерел доходів бюджету.

4. Бюджет участі (партисипативне бюджетування) – розробка студентами власних проєктів розвитку інфраструктури (наприклад, оновлення транспортної інфраструктури чи благоустрій території) з проведенням повного фінансового обґрунтування, симуляцією громадських обговорень проєктів та голосуванням за найбільш актуальний для місцевої громади.

5. Психологічний аспект: виховання відповідального платника податків та компетентного управлінця, який усвідомлює наслідки фінансових рішень для громади та держави.

6. Залучення практичних працівників – участь фахівців із місцевих фінансових органів у навчальному процесі дозволяє адаптувати теоретичні знання до реальних вимог муніципального менеджменту.

Такий підхід сприяє розвитку аналітичного мислення; формуванню навичок роботи з фінансовою інформацією; розумінню ролі бюджету у соціально-економічному розвитку регіону та держави. Отже, інтеграція цих методів у навчання формує комплексну бюджетну грамотність, необхідну сучасному фінансисту.

Висновки:

Підготовка фахівців фінансової сфери в сучасних умовах вимагає трансформації освітніх підходів із акцентом на розвиток бюджетної грамотності молоді. Вона є ключовим чинником забезпечення прозорості та ефективності бюджетного процесу і має стратегічне значення для реалізації проєктів післявоєнної відбудови та сталого розвитку муніципального господарства.

Бюджетна грамотність – це не лише робота з цифрами, а й розвиток стратегічного мислення фінансиста. Її формування потребує поєднання теоретичних знань із практично орієнтованими завданнями. Інтеграція цифрових інструментів (Open Budget, Prozorro) та методів партисипативного бюджетування дозволяє студентам засвоїти теоретичні засади бюджетної системи та здобути практичні навички управління публічними фінансами.

Використання кейсів, аналізу реальних бюджетів і інтерактивних методів навчання сприяє глибшому розумінню бюджетних процесів і підвищує якість підготовки майбутніх фахівців фінансової сфери.

Посилання

1. Бюджетний кодекс України: [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17
2. Портал «Бюджет для громадян» (Open Budget): [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://openbudget.gov.ua
3. Система публічних закупівель Prozorro: [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://prozorro.gov.ua
4. Національна стратегія розвитку фінансової грамотності в Україні до 2030 року / Нацбанк України: [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://bank.gov.ua/ua/about/strategy-fin-literacy
5. Іваненко С.М., Коваленко Т.В. Підготовка фінансистів у закладах вищої освіти / С.М. Іваненко, Т.В. Коваленко. – Х.: ХНЕУ, 2020. – 280 с.

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЕРЖАВНОЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ВИКОНАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Студент (курсант ПБ 2412) А.Г. Просянюк
Керівник – старший викладач М.В. Приймак
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Відповідно до статті 17 Конституції України, захист суверенітету та територіальної цілісності держави є найважливішою функцією всього народу. Державна спеціальна служба транспорту (ДССТ), як спеціалізоване військове формування, забезпечує стабільне функціонування транспортної системи в інтересах оборони. Ефективність виконання спеціальних завдань безпосередньо залежить від технічного стану автомобільної техніки. Відповідно до Статуту внутрішньої служби Збройних Сил України (статті 190-195), підтримання зброї та техніки в стані постійної бойової готовності є обов'язком кожного військовослужбовця. Правовою основою технічного обслуговування (ТО) також є Закон України "Про Державну спеціальну службу транспорту" та Накази Міністерства оборони України щодо експлуатації озброєння та військової техніки.

Проблематикою технічного обслуговування під час виконання спеціальних завдань є: невідповідність та/або відсутність нормативів фактичного навантаження, експлуатації, напрацювання та порядку щодо здійснення технічного обслуговування оновлених зразків автомобільної техніки. В умовах бездоріжжя та інтенсивної експлуатації знос вузлів і агрегатів збільшується на 40-60%. Специфіка влаштування іноземної техніки. Техніка, отримана в рамках міжнародної допомоги, вимагає специфічних пально-мастильних матеріалів та запчастин, які не завжди передбачені радянськими нормами постачання. Складністю технічного обслуговування в польових умовах. Застарілі зразки майстерень технічного обслуговування (МТО-АТ на базі ЗіЛ-131). Недостатня кількість оновлених мобільних майстерень Locker та пересувних майстерень-шиномонтаж у районах виконання завдань знижує якість і оперативність технічного обслуговування. Особливо важливим є вплив людського фактора та рівень їхньої підготовки.

Обґрунтування рекомендацій: для підвищення ефективності технічного обслуговування новітніх зразків автомобільної техніки які надійшли на комплектування підрозділів ДССТ під час широкомасштабне вторгнення Росії в Україну:

Впровадити гнучкий графік ТО. Перехід від жорстких календарних термінів до обслуговування на основі фактичних годин роботи та умов навколишнього середовища (пил, вологість).

Адаптуватися до стандартів НАТО та впроваджувати їх в подальшому, особливо це стосується іноземної техніки з залученням відповідних фахівців виробників для забезпечення збереження ресурсів двигуна та трансмісії.

Розглянути варіанти збільшення мобільних майстерень Locker та пересувних майстерень-шиномонтаж для ТО див рис.1, рис.2. Використовувати мобільні майстерні на базі шасі високої прохідності.

Посилити контроль за пально-мастильними матеріалами.



Рис.1.



Рис.2.

Висновок: удосконалення системи ТО в ДССТ є критичною необхідністю. Своєчасне технічне обслуговування не тільки збереже дороговартісну техніку, але й гарантує успішне виконання спеціальних завдань, що безпосередньо впливає на обороноздатність держави.

Посилання

1. Довідник-каталог основних зразків озброєння та військової техніки які застосовувалися протиборчими сторонами під час відсічі широкомасштабного вторгнення рф в Україну (24.02.2022– 30.06.2023) / Міністерство оборони України, Апарат Головнокомандувача Збройних Сил України, Генеральний штаб Збройних Сил України, Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. – 243 с.
2. Мобільні майстерні LOCKER: ключ до мобільності та виживання https://militarnyi.com/uk/blogs/mobilni-majsterni-locker-klyuch-do-mobilnosti-ta vyzhyvannya.

ПРОТИДІЯ КОРУПЦІЇ ТА ЕКОНОМІЧНИМ МАХІНАЦІЯМ ЯК КЛЮЧОВИЙ НАПРЯМ УПРАВЛІННЯ ЕКОНОМІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ДЕРЖАВИ

Магістрант О.О. Сабалдир
Науковий керівник: доцент, канд. юр. наук Г.М. Сепанова
Національна академія внутрішніх справ
м. Київ, Україна

У сучасних умовах воєнного стану в Україні проблема протидії корупції та економічним махінаціям набуває особливої актуальності. Зростання обсягів державних витрат, міжнародної фінансової допомоги та гуманітарних ресурсів створює додаткові ризики для виникнення корупційних схем. Корупція негативно впливає на економічну безпеку держави, підриває довіру до влади та знижує ефективність функціонування державних інституцій. Саме тому важливу роль відіграють правоохоронні органи та антикорупційні інституції.

Корупція визначається як використання службових повноважень з метою отримання неправомірної вигоди. Економічні махінації включають відмивання коштів, ухилення від оподаткування, фіктивне підприємництво та інші незаконні фінансові операції. Правовою основою протидії корупції в Україні є Закон України «Про запобігання корупції», який визначає основні механізми запобігання та виявлення корупційних правопорушень. [1] Важливим інструментом є електронне декларування, яке передбачає обов'язок посадових осіб подавати щорічні декларації про доходи та майно. [2]

Крім того, у 2025 році набув чинності Закон України «Про лобіювання», який спрямований на підвищення прозорості взаємодії влади та бізнесу шляхом створення реєстру прозорості. [3]

Ключову роль у протидії корупції відіграють:

- Національне антикорупційне бюро України (НАБУ);
- Національне агентство з питань запобігання корупції (НАЗК);
- інші правоохоронні органи.

Ефективність протидії можна оцінити за формулою:

$$\sigma = (C_v / C\square) \cdot 100\% \qquad (1.1)$$

де C_v – кількість виявлених корупційних правопорушень;

C□ – загальна кількість економічних правопорушень.

Таблиця 1 – Динаміка корупційних правопорушень

Показник	2023	2024	2025
Загальна кількість	2500	2700	2900
Корупційні правопорушення	900	1100	1300
Частка, %	36	40	45

Аналіз показує зростання кількості виявлених правопорушень, що свідчить про активізацію роботи антикорупційних органів. Водночас це також може бути наслідком ускладнення економічних схем у період воєнного стану. Важливим напрямом підвищення ефективності є цифровізація: електронні закупівлі, фінансовий моніторинг, автоматизовані аналітичні системи.

Попри наявність ефективних інституцій, існують проблеми:

- недосконаліть законодавства;
- недостатній рівень цифровізації;
- вплив воєнного стану на контрольні процедури;
- складність доведення економічних злочинів.

Для підвищення ефективності необхідно:

- вдосконалити законодавство;
- забезпечити прозорість управління;
- розширити використання ІТ-технологій;
- посилити контроль за бюджетними коштами.

Висновки

1. Корупція та економічні махінації є серйозною загрозою економічній безпеці України.
2. В умовах воєнного стану ризики корупції зростають.
3. Ефективна протидія потребує комплексного підходу, цифровізації та вдосконалення законодавства.

Посилання

1. Закон України «Про запобігання корупції».
2. Закон України «Про засади державної антикорупційної політики на 2021–2025 роки».
3. Закон України «Про лобіювання» (2025).
4. "Антикорупційна діяльність" https://nais.gov.ua/p/antikoruptsiyna-diyalnist?utm_source=chatgpt.com
5. "ЗАПОБІГАННЯ КОРУПЦІЇ - УДО України" https://do.gov.ua/zapobiganya_corupciyi/?utm_source=chatgpt.com
6. Закон України «Про лобіювання» https://ch.tax.gov.ua/diialnist/zapobigannya-proyavam-koruptsii-/informatsiyni-materiali/928030.html?utm_source=chatgpt.com

ІНТЕГРАЦІЯ ЛЮДСЬКОГО ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ СУЧАСНИМИ ОРГАНІЗАЦІЯМИ

Аспірант[1] *Р.О. Стець*
Науковий керівник – зав. каф.[1]*, докт. екон. наук, проф. Л.М. Варава*
[1]Кафедра менеджменту і адміністрування
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

Швидка цифровізація та невпинний розвиток інформаційних технологій створюють нові умови для трансформації традиційних управлінських моделей. Сучасні організації все частіше інтегрують штучний інтелект (ШІ) у свої процеси, поєднуючи його з людським досвідом та інтуїцією. Такий підхід дозволяє підвищити точність прийняття рішень, оптимізувати бізнес-процеси та адаптувати організацію до динамічного зовнішнього середовища.

Гібридна модель взаємодії людини та систем штучного інтелекту будується на принципі комплементарності: людина відповідає за стратегічне мислення, етичну оцінку та креативне вирішення проблем, тоді як ШІ забезпечує швидкий аналіз великих масивів даних, виявлення закономірностей та прогнозування ризиків. Такий синергетичний підхід дозволяє поєднувати сильні сторони обох компонентів управлінської системи.

Практичні сфери застосування інтегрованих моделей управління охоплюють стратегічне планування, управління персоналом, фінансове прогнозування та оптимізацію виробничих процесів. Наприклад, алгоритми ШІ здатні аналізувати ефективність працівників [1], формувати персоналізовані програми мотивації та прогнозувати потреби в ресурсах [2]. Менеджери отримують точні аналітичні дані, що дозволяє їм зосередитися на прийнятті ключових рішень і контролі за реалізацією стратегій.

Крім того, інтеграція ШІ сприяє підвищенню адаптивності організацій. У швидкоплинних ринкових умовах здатність миттєво реагувати на зміни стає критичною. Алгоритми машинного навчання можуть виявляти тенденції, які ще не очевидні для людини, пропонуючи альтернативні сценарії дій. Людський фактор, своєю чергою, забезпечує оцінку цих сценаріїв з точки зору етики, соціальних наслідків та довгострокової стратегії [4].

Для наочного порівняння основних напрямів інтеграції можна виділити наступні ключові сфери (табл.1).

Інтеграція ШІ потребує не лише технологічного оснащення, а й формування нової організаційної культури. Підготовка персоналу, визначення зон відповідальності, створення механізмів контролю та оцінки ефективності взаємодії людини з алгоритмами є обов’язковими умовами успішної інтеграції [3].

Таблиця 1 – Основні напрями інтеграції людського та штучного інтелекту в управлінських практиках

Сфера застосування	Роль людини	Роль ШІ	Очікуваний ефект
Стратегічне планування	Формулювання цілей, оцінка ризиків, креативне мислення	Прогнозування тенденцій, аналіз даних, моделювання сценаріїв	Оптимізація рішень, мінімізація ризиків, підвищення точності планування
Управління персоналом	Визначення політики мотивації, оцінка компетенцій, соціальна взаємодія	Аналіз продуктивності, прогнозування потреб у персоналі, автоматизація рутинних завдань	Підвищення ефективності HR-процесів, точніший підбір кадрів
Фінансовий менеджмент	Прийняття стратегічних рішень щодо інвестицій, контроль витрат	Автоматичний аналіз фінансових показників, прогнозування грошових потоків	Зменшення фінансових ризиків, швидке виявлення аномалій
Виробничі процеси	Планування ресурсів, контроль якості, адаптація до змін	Моніторинг параметрів виробництва, оптимізація процесів, передбачення збоїв	Підвищення продуктивності, зменшення простоїв, підвищення якості продукції

Джерело: сформовано авторами на основі [1–4].

Таким чином, поєднання людського та штучного інтелекту стає новою парадигмою сучасного управління. Зазначене забезпечує комплексне, ефективне та адаптивне функціонування організацій, підвищує конкурентоспроможність та відкриває нові можливості для подальших досліджень у сфері інтегрованих управлінських моделей та формує нові напрями подальших наукових досліджень у сфері гібридних управлінських систем.

У межах роботи даного дослідження запропоновано розглядати гібридні системи управління як соціотехнічні управлінські системи, в яких штучний інтелект виконує функцію аналітичного підсилення управлінських рішень, тоді як людина зберігає стратегічну та етичну відповідальність.

Висновки:

1. Інтеграція людського та штучного інтелекту у сучасних управлінських практиках відкриває нову парадигму управління, де технології не замінюють людину, а розширюють її можливості. На думку авторів, ключовим елементом успішної інтеграції є баланс між аналітичними здібностями ШІ та стратегічним, креативним мисленням людини. Алгоритми здатні швидко обробляти великі обсяги інформації та пропонувати прогнози, але саме людина-менеджер приймає рішення з урахуванням етичних, соціальних та організаційних аспектів.

2. Особливо перспективним є використання гібридної моделі взаємодії людини та інструментів штучного інтелекту у стратегічному плануванні та управлінні персоналом, де поєднання даних і прогнозів, надані інструментами ШІ, а також людської інтуїції з персональним досвідом дозволяє приймати більш обґрунтовані та адаптивні рішення. На думку авторів, майбутнє управління лежить у створенні організацій, здатних навчатися та адаптуватися разом з технологіями, де людина і ШІ взаємодіють як рівноправні партнери, формуючи новий рівень ефективності, гнучкості та конкурентоспроможності.

3. У перспективі важливим завданням для науковців і практиків стане не лише вдосконалення технологій, а й розробка теоретико-практичної методології інтеграції ШІ, що враховує людські цінності, соціальний контекст і стратегічні цілі організації. Саме така синергія стане основою адаптивного, відповідального та ефективного менеджменту XXI століття.

Посилання

1. Коць О. О., Стойко М. М., Коць О. Р. Інтеграція штучного інтелекту в стратегію управління персоналом підприємства: пріоритети та переваги в умовах глобалізації ринку праці. *Економіка та суспільство*. 2025. № 78. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-120 (дата звернення: 11.03.2026).
2. Смоляк Ю. Ю., Холодницька А. В. Штучний інтелект в управлінні підприємством: трансформація ролі менеджера в Індустрії 4.0. *Проблеми сучасних трансформацій*. 2024. № 11. DOI: https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-11-04-12 (дата звернення: 11.03.2026).
3. Сазонова Т. О., Вовковінський Ю. В. Механізм інтеграції діджитал-менеджменту у стратегічний розвиток управління персоналом підприємств агропродовольчої сфери. *Економічний простір*. 2025. № 206. С. 148-153. DOI: https://doi.org/10.30838/EP.206.148-153 (дата звернення: 11.03.2026).
4. Клочко О., Шморгун Я. Стан та перспективи розвитку технологій штучного інтелекту у сфері банківської діяльності в Україні. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2023. 4. С. 482–486. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0374/2023-4/117 (дата звернення: 11.03.26).

РОЗПОДІЛ ЦИВІЛЬНО-ПРАВОВОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ МІЖ РОЗРОБНИКОМ І ВЛАСНИКОМ АВТОНОМНОЇ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ: ДОКТРИНАЛЬНІ ПІДХОДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАКОНОДАВЧОГО ВРЕГУЛЮВАННЯ В УКРАЇНІ

Студент спец. 081 «Право», експерт-здобувач НАЗЯВО А.М. Тіхонов
Студентка спец. 081 «Право» С.В. Нестерова
Науковий керівник:
д-р юрид. наук, проф., заслужений юрист України О.Г. Предместніков
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, м. Запоріжжя, Україна

Стрімке впровадження автономних роботизованих систем у промисловість, медицину, логістику та побутову сферу формує принципово нову колізію між технологічним прогресом і правовою статикою. Коли шкода спричинена не прямою волею людини, а результатом роботи складного самонавчального алгоритму — так званої «чорної скриньки» — класичні деліктні норми стикаються з проблемою доказування вини та встановлення причинно-наслідкового зв'язку [8]. Метою цієї статті є комплексний аналіз механізмів розподілу цивільно-правової відповідальності за шкоду, завдану автономними роботизованими системами, з метою визначення оптимальних критеріїв розмежування обов'язків між розробником програмного забезпечення та власником (оператором) пристрою.

Масштаб проблеми важко переоцінити. Актуальність цього дослідження підкріплюється статистичними даними: станом на 2024–2025 роки рівень впровадження генеративного штучного інтелекту в бізнес-процеси організацій зріс з 55 % у 2023 році до 78 % у 2024 році [7]. Така масовість використання неминуче призводить до зростання кількості інцидентів, пов'язаних із завданням майнової та немайнової шкоди, що ставить перед юриспруденцією гостре питання щодо ідентифікації відповідальної особи. У ситуації, коли шкода спричинена не прямою волею людини, а результатом роботи складного, часто непрозорого алгоритму — так званої «чорної скриньки» — класичні деліктні норми стикаються з проблемою доказування вини та встановлення причинно-наслідкового зв'язку [8].

Особливого значення ця проблема набуває в Україні, де чинне законодавство розглядає робота виключно як об'єкт цивільних прав, тобто річ. Такий підхід не враховує складність поведінки сучасних автономних систем, які можуть еволюціонувати в процесі експлуатації через машинне навчання, змінюючи свої алгоритми без безпосереднього втручання розробника чи власника. Правовий вакуум, що утворився, створює ризики як для потерпілих, які можуть залишитися без ефективного відшкодування, так і для інноваційного бізнесу, що опиняється в стані правової непередбачуваності [9].

Наукова дискусія щодо правової природи роботів та штучного інтелекту в період 2021–2026 років змістилася від суто теоретичних припущень до розробки конкретних регуляторних моделей. Ключовим питанням залишається можливість визнання роботів квазісуб'єктами цивільно-правових відносин [10].

Перший підхід — теорія інструменталізму — є найконсервативнішим і, мабуть, найзрозумілішим для практикуючого юриста. Він заперечує будь-яку форму правосуб'єктності для штучного інтелекту. Його прихильники стверджують, що відсутність у машини свідомості, моральної волі та здатності розуміти сенс юридичних обов'язків робить неможливим її визнання суб'єктом права. З цієї позиції будь-яка шкода, завдана роботом, повинна кваліфікуватися як шкода, завдана майном, а відповідальність має нести його власник або оператор за принципами, аналогічними до відповідальності за шкоду, завдану тваринами або механізмами [8]. Логіка приваблива своєю простотою: якщо молоток вдарив по пальцю — відповідає той, хто тримав молоток.

Проблема, однак, у тому, що сучасний автономний робот — це вже не молоток. Другий підхід, запропонований у Резолюції Європейського Парламенту від 16 лютого 2017 року з рекомендаціями Комісії щодо норм цивільного права у сфері робототехніки (2015/2103(INL)), передбачає створення статусу «електронної особи» (electronic person) для найбільш автономних роботів [3]. Слід одразу зазначити правову природу цього документа: Резолюція є актом «м'якого права» (soft law) і, на відміну від директив чи регламентів, не має обов'язкової юридичної сили — вона фіксує політичну позицію Парламенту та окреслює орієнтири для майбутнього нормотворення. Концепція «електронної особи» не означає прирівнювання машини до людини, а радше передбачає створення юридичної фікції — конструкції, якій право вже неодноразово надавало правосуб'єктність там, де цього вимагала господарська доцільність. Пригадаємо юридичну особу: корпорація теж не має рук, ніг і совісті, однак успішно виступає стороною у мільйонах договорів. Статус «електронної особи» дозволив би роботу мати власні права та обов'язки, включаючи обов'язок відшкодовувати шкоду через спеціально створені страхові фонди або капітал, виділений при його реєстрації [15].

Третій, найбільш сучасний підхід визначає штучний інтелект як «електронного агента». У цій моделі акцент робиться на функціональній автономії системи: штучний інтелект розглядається як посередник, що діє від імені та в інтересах принципала — власника або користувача. Відповідно, відповідальність розподіляється за принципами представництва або відповідальності роботодавця за дії працівника (vicarious liability) [11]. Аналогія тут очевидна: якщо найманий кур'єр потрапив в аварію під час доставки, відповідає компанія-роботодавець, а не сам кур'єр. Нарешті, гібридна модель — найбільш реалістична з практичної точки зору — пропонує розподіл відповідальності між усіма учасниками ланцюга створення

та використання системи: розробником, виробником обладнання, інтегратором та оператором, залежно від того, чий внесок у виникнення шкоди є визначальним.

Дослідження показують, що станом на 2025 рік європейський законодавець схиляється до відмови від ідеї «електронної особи» на користь більш прагматичних моделей розподіленої відповідальності, інтегрованих в існуючі деліктні системи [12]. Маятник хитнувся від амбітної концептуальної революції до обережного еволюційного реформування.

Фундаментальною нормою українського деліктного права, що регулює відповідальність за шкоду, завдану складними технічними об'єктами, є стаття 1187 Цивільного кодексу України від 16 січня 2003 року № 435-IV [1]. Ця норма впроваджує концепцію «джерела підвищеної небезпеки», під яким розуміється діяльність, здійснення якої створює підвищену ймовірність завдання шкоди через неможливість повного контролю за нею з боку людини.

Традиційно до таких джерел відносять транспортні засоби, механізми, хімічні речовини. Проте роботизовані системи з елементами автономії демонструють якісно новий рівень неконтрольованості: якщо у випадку з автомобілем неможливість повного контролю зумовлена фізичними законами інерції, то у випадку з автономним роботом вона зумовлена алгоритмічною складністю — здатністю системи до самостійного формування логіки дій у відповідь на зовнішні подразники. Робот у цьому сенсі — не снаряд, що летить за законами балістики, а актор, що імпровізує за правилами, відомими лише йому самому [11].

Частина 2 статті 1187 ЦК України встановлює, що шкода, завдана джерелом підвищеної небезпеки, відшкодовується особою, яка на відповідній правовій підставі — праві власності, іншому речовому праві, договорі підряду, оренди тощо — володіє цим об'єктом [1]. Ця норма встановлює безвинну (сувору) відповідальність: власник робота зобов'язаний відшкодувати збитки потерпілому незалежно від наявності вини, якщо не доведе, що шкода виникла внаслідок непереборної сили або умислу самого потерпілого. Для потерпілого — це благо: не потрібно доводити, що власник «щось зробив не так». Але для самого власника така норма може виявитися пасткою, яку він не передбачав, укладаючи договір оренди «розумного» пристрою.

Застосування цієї норми до автономних систем породжує принаймні два серйозних юридичних виклики, які наочно демонструють її недостатність. По-перше, виникає питання ідентифікації володільця у випадку хмарної робототехніки (Cloud Robotics): якщо фізичний пристрій знаходиться у користувача, але його «мозок» — алгоритми обробки даних — функціонує на серверах розробника, хто є фактичним «володільцем» небезпеки? Уявіть ситуацію: медичний роботизований асистент фізично стоїть у клініці Харкова, але рішення про дозування ліків ухвалює сервер у Сан-Франциско. Сучасна доктрина схиляється до того, що відповідальність має нести той, хто здійснює функціональний контроль над системою та отримує від неї

економічну вигоду [11; 12]. По-друге, роботи є «змішаними джерелами небезпеки»: роботизований маніпулятор у виробничому цеху одночасно є механізмом із фізичною небезпекою та кібернетичною системою, що породжує небезпеку алгоритмічну, — і ці два виміри при оцінці шкоди не можуть бути розглянуті окремо.

Директива Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2024/2853 від 23 жовтня 2024 року про відповідальність за дефектну продукцію офіційно визнала програмне забезпечення, включаючи системи штучного інтелекту, «продуктом» у розумінні деліктного права [5]. Відтак виробник-розробник несе сувору відповідальність за шкоду, завдану дефектністю його продукту. Дефектним продукт вважається тоді, коли він не забезпечує безпеку, на яку споживач має право розраховувати з урахуванням усіх обставин [5]. Тут важливе методологічне застереження: як директива, цей акт підлягає імплементації в національне право держав-членів ЄС протягом двох років від набрання чинності, а отже, станом на 2026 рік він ще не є частиною внутрішнього права всіх держав-членів у повному обсязі. Для України ж, яка не є членом ЄС, дія Директиви є опосередкованою — через механізми асоціації та добровільного зближення законодавства.

У робототехніці дефекти утворюють трирівневу архітектуру, і розуміння кожного рівня принципово важливе для правильної кваліфікації справи. На першому рівні розташовуються конструктивні дефекти (Design Defects) — помилки в архітектурі алгоритму або вибір невідповідної моделі машинного навчання: наприклад, якщо розробник використав упереджений масив даних для навчання медичного робота, що призвело до помилкової діагностики [11]. Це — найбільш небезпечний тип дефекту, бо він тиражується в кожному екземплярі продукту. На другому рівні — виробничі дефекти, що виникли при кодуванні конкретного екземпляра програмного забезпечення або при збірці апаратної частини; вони стосуються окремого «примірника» і не обов'язково відтворюються серійно. Третій рівень охоплює інформаційні дефекти: відсутність належних попереджень про обмеження системи або хибні інструкції щодо її експлуатації [4]. Іноді саме цей, здавалося б, «м'який» дефект спричиняє найбільшу шкоду: оператор діяв впевнено, бо інструкція запевняла, що ризиків немає.

Особливою проблемою є «ризик розвитку» (development risk defense) — правовий щит, за яким охоче ховаються технологічні компанії. Розробники часто аргументують, що на момент випуску робота рівень науково-технічних знань не дозволяв виявити потенційну небезпеку алгоритму. Для автономних систем, що самонавчаються, це породжує ситуацію, де алгоритм може «вийти за межі» передбаченого розробником сценарію. Проте оновлені європейські норми намагаються обмежити використання цього захисту для високоризикових систем штучного інтелекту, наголошуючи на обов'язку розробника здійснювати безперервний моніторинг та оновлення продукту протягом усього його життєвого циклу [12; 4]. Логіка законодавця тут

очевидна: якщо ти знаєш, що твій продукт навчається і змінюється, ти зобов'язаний стежити за тим, чого він навчився.

Слід зазначити, що розробник є лише одним із можливих суб'єктів відповідальності в ланцюгу від ідеї до інциденту. Виробник апаратного забезпечення відповідає за механічні поломки та дефекти сенсорів на підставі загальних норм відповідальності за якість товару. Інтегратор системи, що здійснює налаштування взаємодії між програмними та апаратними компонентами, несе відповідальність за порушення умов договору або в порядку делікту у разі неналежного конфігурування [5]. Отже, перш ніж подавати позов, потерпілий або його адвокат має уважно «розібрати» систему на складові і зрозуміти, де саме виник збій.

Хоча стаття 1187 ЦК України [1] покладає на власника сувору відповідальність як на володільця джерела підвищеної небезпеки, існують численні сценарії, де його відповідальність ґрунтується не на безвинній відповідальності, а на особистій вині через неналежне поводження з технікою.

Власник (оператор) несе відповідальність насамперед у разі порушення регламентів оновлення програмного забезпечення: якщо розробник випустив критичне оновлення безпеки, а власник його не встановив, відповідальність за шкоду, спричинену відповідною вразливістю, повністю лягає на власника [11]. Не менш суттєвою є відповідальність за неналежну експлуатацію (Misuse) — використання робота в умовах, прямо заборонених інструкцією: наприклад, застосування складського робота в зоні присутності людей без передбачених бар'єрів безпеки [4]. Крім того, власник відповідає за недостатній нагляд (Lack of Supervision): коли системи частково автономні та передбачають присутність людини-оператора («human-in-the-loop»), бездіяльність оператора, що проігнорував сигнал попередження, стає безпосередньою причиною шкоди [11]. Нарешті, відповідальність виникає і при неправильному виборі системи (Negligent Selection): компанія, що закуповує автономну систему без необхідних сертифікатів безпеки для роботи в публічному просторі, бере на себе всі пов'язані ризики [11]. Тут діє та ж логіка, що й при виборі некваліфікованого підрядника: обрав ненадійного — відповідай за наслідки.

Доктрина «оператора як губки для відповідальності» (liability sponge) вказує на те, що власник часто є найзручнішою фігурою для пред'явлення претензій, оскільки він знаходиться найближче до потерпілого. Проте ця зручність може обертатися несправедливістю. З розвитком повної автономії (Level 5 за класифікацією SAE International) покладання відповідальності на власника за «недогляд» стає юридично абсурдним там, де технічне втручання людини просто не передбачено архітектурою системи [14]: як можна дорікати людині за те, що вона не виправила ситуацію, якщо система свідомо спроектована так, щоб не допускати людину до управління? Це вимагає перегляду концепції на користь відповідальності розробника або обов'язкових страхових механізмів.

Центральним каменем спотикання у справах про відповідальність штучного інтелекту є концепція передбачуваності (foreseeability). У традиційному праві недбалість визначається як заподіяння шкоди, яку розумна особа могла і повинна була передбачити. Однак автономні системи, здатні до самонавчання, можуть діяти способами, логічними для досягнення поставленої мети, але абсолютно непередбачуваними для людини-спостерігача [4]. Це — не метафора: у реальних випадках системи машинного навчання демонстрували поведінку, яку не очікував ніхто з команди розробників.

Науковці пропонують використовувати математичні моделі для оцінки «розумної передбачуваності». Однією з таких є адаптація формули Лернеда Хенда для автономних систем: вина настає тоді, коли виконується нерівність $B < P \times L$, де B — витрати на запобіжні заходи (вартість додаткових сенсорів або обмеження функцій системи), P — ймовірність заподіяння шкоди, а L — розмір потенційних збитків [13]. Якщо розробник міг запобігти ризику через незначне ускладнення системи (тобто B є низьким), але не зробив цього, він визнається винним у недбалості. Простіше кажучи: якщо додатковий датчик безпеки коштував п'ятсот доларів, а шкода, якої він міг запобігти, — п'ятдесят тисяч, у розробника не було жодного виправдання для його відсутності.

Проте технічна непрозорість алгоритмів робить цей розрахунок надзвичайно складним для судів на практиці. Потерпілий часто не має доступу до вихідного коду або журналів навчання штучного інтелекту, щоб довести, що ризик був передбачуваним [4]. Це — класична інформаційна асиметрія: одна сторона знає все, інша — майже нічого. У первинній редакції пропозиції Єврокомісії щодо Директиви про адаптацію норм позадоговірної цивільної відповідальності до штучного інтелекту (COM(2022) 496 final) [6] пропонувалося запровадити «обов'язок розкриття доказів», згідно з яким суди могли б зобов'язати розробника надати доступ до технічної документації систем високого ризику за наявності достатніх підстав підозрювати дефект. Ця ініціатива, однак, так і не набула чинності у формі окремого акта: у 2024–2025 роках Єврокомісія офіційно відмовилася від розробки AI Liability Directive як самостійної директиви, обравши натомість шлях удосконалення Директиви про дефектну продукцію [5]. Тим не менш ідея процесуального «обов'язку розкриття» зберігає свою методологічну цінність як орієнтир для національних законодавців, що формують власні підходи до регулювання.

Резолюція Європейського Парламенту від 16 лютого 2017 року (2015/2103(INL), OJ C 252, 18.07.2018) заклала ідеологічне підґрунтя, запропонувавши не лише концепцію «електронної особи», а й обов'язкове страхування відповідальності для власників роботів [3]. Страхування дозволяє «соціалізувати» ризики: замість того, щоб один власник збанкрутував через випадкову помилку машини, збитки покриваються з фонду, сформованого всією індустрією. Це та сама логіка, що стоїть за обов'язковим страхуванням цивільної відповідальності автовласників, — просто перенесена в цифрову епоху.

У 2024 році було прийнято Регламент Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2024/1689 від 13 червня 2024 року про встановлення гармонізованих правил щодо штучного інтелекту (Акт про штучний інтелект, OJ L, 2024/1689, 12.07.2024) [4]. На відміну від директив, регламент є актом прямої дії в праві ЄС — найвищою формою вторинного законодавства, яка не потребує окремої імплементації в національне право держав-членів. Для України, яка не є членом ЄС, дія AI Act є опосередкованою — через механізми Угоди про асоціацію та добровільного зближення законодавства, що надає цьому документу значення орієнтира, а не обов'язкового припису. Сам Регламент класифікує системи за ступенем ризику: від систем із неприйнятним ризиком — технологій соціального скорингу та маніпулятивних рішень, що підлягають повній забороні, — до систем із мінімальним ризиком, як-от чат-боти та ігрові застосунки, від яких вимагається лише прозорість щодо їх машинної природи. Системи у сферах охорони здоров'я, транспорту та освіти кваліфіковано як такі, що несуть «високий ризик», і підлягають жорсткій сертифікації та постійному нагляду [4]. Ризик-орієнтований підхід — це значний крок уперед порівняно з єдиним стандартом для всіх: він дозволяє не задушувати регуляторним тягарем нешкідливі застосунки і водночас тримати під контролем справді небезпечні системи.

Показовою є зміна стратегії у 2025 році: Європейська Комісія відступила від спроб повної гармонізації деліктного права через окрему директиву про відповідальність штучного інтелекту на користь посилення норм про відповідальність за дефектну продукцію в рамках оновленої Директиви 2024/2853 [12; 5]. Це свідчить про те, що на нинішньому етапі право вважає за доцільне покладати основний фінансовий тягар на виробників як на «найменш витратних запобігачів шкоди» (least-cost avoiders) — суб'єктів, які мають найбільше технічних можливостей для мінімізації ризиків [12].

Порівняльна картина регіональних підходів унаочнює різноманіття обраних моделей і допомагає зрозуміти, в якому напрямку рухається світова тенденція. Європейський Союз обрав ризик-орієнтовану сувору відповідальність за дефект, закріплену в AI Act 2024 та Директиві 2024/2853 [12; 4]. Сполучені Штати залишаються у полі common law, комбінуючи доктрину недбалості з принципами суворої відповідальності за продукцію, спираючись на галузеві стандарти у сфері безпілотного транспорту. Велика Британія закріпила чітке розмежування відповідальності водія та автоматизованої системи в Automated Vehicles Act 2024 [2], хоча цей закон поки що є більше декларацією про намір, ніж повноцінно чинним регулятором: станом на початок 2026 року в дію введено лише обмежені технічні положення щодо втручання в програмне забезпечення транспортних засобів, тоді як ключові норми про режим «user-in-charge», авторизацію самокерованих суб'єктів та цивільну відповідальність очікують на підзаконну базу — повне впровадження регуляторної рамки заплановано на другу

половину 2027 року. Україна наразі перебуває на етапі м'якого регулювання, адаптуючи рекомендації Міністерства цифрової трансформації до стандартів EU AI Act [12; 4], однак робить це як асоційована держава, а не як держава-член, що принципово відрізняє правові наслідки такого зближення від автоматичного запровадження норм ЄС.

Висновки:

1. Стаття 1187 Цивільного кодексу України є застосовною до випадків завдання шкоди автономними роботизованими системами, проте її застосування породжує суттєві інтерпретаційні труднощі. Концепція «джерела підвищеної небезпеки» в її нинішньому вигляді не охоплює специфіки алгоритмічної непередбачуваності: вона була створена для світу фізичних сил, а не для світу самонавчальних систем. Норма потребує або доктринального переосмислення через судову практику, або законодавчого уточнення щодо критеріїв ідентифікації «володільця» у разі хмарної архітектури систем та розмежування джерел небезпеки у «змішаних» системах.

2. Відповідальність розробника через призму Product Liability є концептуально обґрунтованою і має бути введена в українське право через механізм імплементації стандартів, аналогічних оновленій європейській Директиві про відповідальність за дефектну продукцію. Визнання програмного забезпечення «продуктом» і встановлення суворої відповідальності розробника за конструктивні, виробничі та інформаційні дефекти дозволило б усунути центральну прогалину чинного регулювання. При цьому захист через «ризик розвитку» має бути обмежений для систем, здатних до самонавчання, із покладенням на розробника обов'язку безперервного моніторингу та оновлення протягом усього життєвого циклу продукту.

3. Відповідальність власника (оператора) залишається доречною і необхідною, але її межі мають бути чітко визначені залежно від рівня автономії системи. За умов часткової автономії вина власника може виявлятися через порушення регламентів оновлення, неналежну експлуатацію, недостатній нагляд або необачний вибір системи. Натомість за умов повної автономії покладення відповідальності на власника за «недогляд» є юридично необґрунтованим і потребує заміни страховими механізмами або посиленою відповідальністю розробника.

4. Проблема передбачуваності дій автономних систем є структурною і не може бути вирішена виключно в рамках традиційної доктрини недбалості. Адаптована формула Лернеда Хенда пропонує корисний аналітичний інструментарій, однак її практична цінність обмежена інформаційною асиметрією між потерпілим і розробником. Ефективним засобом подолання цієї асиметрії є запровадження процесуального «обов'язку розкриття доказів» стосовно технічної документації систем підвищеного ризику — ідея, що зберігає свою актуальність попри відкликання первинної ініціативи Європейської Комісії.

5. Міжнародний досвід свідчить про конвергенцію правових систем у напрямку гібридної моделі розподіленої відповідальності, що поєднує сувору відповідальність розробника за дефект продукту з вимогами до власника щодо належної експлуатації та обов'язковим страхуванням. Для України оптимальним шляхом є поетапне зближення з acquis ЄС у цій сфері через: доктринальне переосмислення статті 1187 ЦК України та роз'яснення Верховного Суду щодо її застосування до автономних систем; розробку спеціального законодавчого акта або внесення змін до Закону України «Про захист прав споживачів» у частині дефектної продукції з урахуванням європейських стандартів; запровадження обов'язкового страхування цивільної відповідальності для операторів автономних систем підвищеного ризику за аналогією з обов'язковим страхуванням автоцивільної відповідальності; та встановлення процесуальних норм щодо розкриття технічної документації у справах про шкоду, завдану системами штучного інтелекту.

Посилання

1. Цивільний кодекс України : Кодекс України від 16.01.2003 р. № 435-IV : станом на 10 берез. 2026 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15 (дата звернення: 10.03.2026).
2. Automated Vehicles Act 2024. (2024 c. 15). London : The National Archives, 2024. URL: https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2024/15/contents/enacted (date of access: 10.03.2026).
3. European Parliament. Resolution of 16 February 2017 with Recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics (2015/2103(INL)). Official Journal of the European Union. C 252, 18.07.2018. P. 239–257. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52017IP0051 (date of access: 10.03.2026).
4. Регламент Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2024/1689 від 13 червня 2024 року про встановлення гармонізованих правил щодо штучного інтелекту (Акт про штучний інтелект). Official Journal of the European Union. L, 2024/1689, 12.07.2024. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024R1689 (date of access: 10.03.2026).
5. Directive (EU) 2024/2853 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2024 on Liability for Defective Products. Official Journal of the European Union. L, 2024/2853, 18.11.2024. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024L2853 (date of access: 10.03.2026).
6. European Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on adapting non-contractual civil liability rules to artificial intelligence (AI Liability Directive). Brussels, 28.09.2022, COM(2022) 496 final. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022PC0496 (date of access: 10.03.2026).
7. Maslej N., Fattorini L., Perrault R., Gil Y., Parli V., Kariuki N., Capstick E., Reuel A., Brynjolfsson E., Etchemendy J., Ligett K., Lyons T., Manyika J., Niebles J. C., Shoham Y., Wald R., Walsh T., Hamrah A., Santarlasci L., Lotufo J. B., Rome A., Shi A., Oak S. The AI Index 2025 Annual Report. Stanford Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2025. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.07139.

8. Christson R. Legal Liability in the Age of Artificial Intelligence: Developing Challenges in Law // International Journal of Legal Studies and Social Sciences. 2025. Vol. 3, Issue 6. P. 165–177. URL: https://ijlsss.com/wp-content/uploads/2025/12/18.-Adv.-R.-Christson.pdf (дата звернення: 03.03.2026).
9. Каплиста В. М., Кочина О. С. Актуальні проблеми застосування цивільно-правової відповідальності в Україні. DOI: https://doi.org/10.24144/2788-6018.2026.01.1.35.
10. Колодін Д. О., Байталюк Д. Р. Щодо питання цивільно-правової відповідальності за шкоду, завдану роботизованими механізмами зі штучним інтелектом (роботами). URL: https://dspace.onua.edu.ua/server/api/core/bitstreams/fea15592-5180-487c-bf8c-a0bd991bffa5/content (дата звернення: 03.03.2026).
11. Demir Ş. Legal liability of artificial intelligence (AI) operators: A global analysis. June 2025. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15647905.
12. European Parliament, Policy Department for Citizens' Rights and Constitutional Affairs. Artificial Intelligence and Civil Liability: A European Perspective (PE 776.426). Brussels, July 2025. URL: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2025/776426/IPOL_STU(2025)776426_EN.pdf (date of access: 10.03.2026).
13. Automated Vehicles and Liability: Regulatory Frameworks. World Electric Vehicle Journal. 2024. Vol. 17. No. 1. Art. 32. DOI: https://doi.org/10.3390/wevj17010032.
14. Kraus S., Boggess K., Kim R., Choi BH, Feng L. «Towards Computational Foreseeability». AAAI-2025. DOI: https://doi.org/10.1609/aaai.v39i27.35082 (date of access: 10.03.2026).
15. Hybrid theory of corporate legal personhood and its application to artificial intelligence. SN Social Sciences. 2023. Vol. 3. No. 5. DOI: https://doi.org/10.1007/s43545-023-00667-x.

ЦИФРОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: ERP, CRM, AI ТА МАРКЕТИНГОВІ ПЛАТФОРМИ ТРАНСФОРМАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Студенти Я.О. Тютюнник, Е.В. Удод
Керівник – проф., док. екон. наук Л.В. Соколова
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

В умовах четвертої промислової революції (Industry 4.0) цифровий менеджмент перетворюється на ключову конкурентну перевагу підприємств. Масштабна цифровізація охоплює всі функціональні підсистеми організацій – від оперативного управління ресурсами до стратегічного планування та відносин із клієнтами. Інтеграція ERP-систем, CRM-платформ, інструментів штучного інтелекту (Artificial Intelligence, AI) та платформ управління бізнес-процесами (Business Process Management, BPM) формує якісно нову

архітектуру управління, що відповідає вимогам сталого розвитку і цифрової економіки.

Актуальність дослідження обумовлена прискореним проникненням цифрових технологій у практику вітчизняних і зарубіжних компаній, а також браком системних підходів до оцінки їх синергетичного ефекту. Метою роботи є систематизація ключових інструментів цифрового менеджменту та обґрунтування їх ролі у трансформації бізнес-процесів сучасних підприємств.

ERP-системи як основа інтегрованого управління. ERP-системи (Enterprise Resource Planning, ERP) забезпечують єдиний інформаційний простір підприємства, інтегруючи фінансовий облік, управління ланцюгами постачань, виробниче планування, управління персоналом та інші функціональні модулі. Сучасні хмарні ERP-рішення – SAP S/4HANA, Oracle ERP Cloud, Microsoft Dynamics 365 – забезпечують обробку даних у режимі реального часу та підтримку управлінських рішень на основі актуальної аналітики.

За даними Panorama Consulting Group, впровадження ERP-систем дозволяє скоротити операційні витрати на 15–25%, підвищити точність планування запасів на 20–30% та прискорити цикл закриття фінансового звітного періоду в середньому на 40% [1]. Водночас успіх ERP-проєктів суттєво залежить від якості реінжинірингу бізнес-процесів та залученості топ-менеджменту до процесу впровадження. Статистика свідчить, що понад 50% ERP-проєктів перевищують заплановані бюджет або терміни, що підкреслює важливість ретельного передпроєктного планування [1].

CRM-системи та управління клієнтськими відносинами. CRM-системи (Customer Relationship Management, CRM) еволюціонували від простих баз даних контактів до комплексних платформ управління клієнтським досвідом. Сучасні рішення – Salesforce Sales Cloud, HubSpot CRM, Zoho CRM, Microsoft Dynamics 365 Customer Engagement – інтегрують автоматизацію маркетингу, управління воронкою продажів, клієнтську підтримку та омніканальну комунікацію.

Аналітики Forrester Research зафіксували, що компанії, які впровадили сучасні CRM-системи, досягають зростання обсягів продажів у середньому на 29%, підвищення продуктивності відділів продажів на 34% та покращення точності прогнозування продажів на 42% [2]. CRM-аналітика дозволяє побудувати детальні профілі покупців і персоналізувати маркетингові комунікації, що є критично важливим в умовах зростаючої конкуренції за споживацькі переваги.

Штучний інтелект як каталізатор цифрової трансформації. Штучний інтелект (Artificial Intelligence, AI) та машинне навчання (Machine Learning, ML) кардинально розширюють можливості як ERP-, так і CRM-систем. Основні напрями застосування штучного інтелекту у бізнес-управлінні охоплюють: предиктивну аналітику попиту та ризиків, інтелектуальну автоматизацію рутинних операцій, персоналізацію клієнтського досвіду в масштабі, а також підтримку прийняття рішень на основі великих даних.

Генеративний ШІ (ChatGPT Enterprise, Microsoft Copilot, Google Gemini for Workspace) активно інтегрується в корпоративне програмне забезпечення, відкриваючи нові можливості для автоматичного формування звітів, обробки запитів клієнтів і підготовки аналітичних матеріалів. За оцінкою McKinsey Global Institute, потенційний економічний ефект від впровадження генеративного ШІ у бізнесі складає 2,6–4,4 трлн доларів щорічно в різних галузях світової економіки [3].

Важливою тенденцією є розвиток AI-агентів – автономних систем, здатних самостійно виконувати складні багатоетапні завдання в корпоративному середовищі. Прогнозується, що до 2027 року AI-агенти оброблятимуть до 40% внутрішніх запитів підприємств без участі людини-оператора [3].

BPM-платформи та гіперавтоматизація процесів. Платформи управління бізнес-процесами (Business Process Management, BPM) є сполучною ланкою між стратегічним управлінням та операційною діяльністю. Сучасні BPM-рішення (Appian, Pega Platform, ServiceNow, Camunda) підтримують повний цикл управління процесами: моделювання, виконання, моніторинг та оптимізацію.

Концепція low-code/no-code демократизує автоматизацію, дозволяючи нетехнічним фахівцям самостійно моделювати й удосконалювати бізнес-процеси без залучення програмістів. У поєднанні з роботизованою автоматизацією процесів (Robotic Process Automation, RPA) (представники: UiPath, Automation Anywhere, Blue Pris) формується екосистема «гіперавтоматизації», яку Gartner визначає як один із провідних стратегічних технологічних трендів. За прогнозами, ринок RPA досягне 43,5 млрд доларів до 2029 року [4].

Маркетингові платформи та цифровий маркетинг. Маркетингові платформи (Marketing Technology, або MarTech) посідають дедалі вагоміше місце в архітектурі цифрового менеджменту. Такі рішення, як HubSpot Marketing Hub, Marketo Engage (Adobe), Mailchimp, а також платформи автоматизації реклами Google Marketing Platform та Meta Ads Manager, дозволяють компаніям вибудовувати повний цикл цифрового маркетингу – від залучення потенційних клієнтів до утримання лояльної аудиторії. Ключовими функціями сучасних маркетингових платформ є такі, як: автоматизація email- та контент-маркетингу; управління омніканальними кампаніями; A/B-тестування; аналіз поведінки користувачів; атрибуція конверсій. Інтеграція маркетингових платформ з CRM-системами та AI-інструментами забезпечує персоналізацію комунікацій у масштабі та підвищує ефективність маркетингових інвестицій (Return on Investment, ROI). За даними Statista, глобальний ринок MarTech перевищив 600 млрд доларів у 2024 році та продовжує стрімко зростати завдяки широкому впровадженню AI-генерації контенту та предиктивного таргетингу.

Порівняльний аналіз інструментів цифрового менеджменту наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика ключових інструментів цифрового менеджменту

Інструмент	Основна функція	Провідні платформи	Ключовий ефект
ERP	Інтеграція ресурсів підприємства	SAP S/4HANA, Oracle ERP, MS Dynamics	Зниження опер. витрат на 15–25%
CRM	Управління відносинами з клієнтами	Salesforce, HubSpot, Zoho CRM	Зростання продажів на 29%
AI / ML	Аналітика, автоматизація, прогнозування	MS Copilot, Google Gemini, OpenAI	Економічний ефект 2,6–4,4 трлн $ / рік
BPM / RPA	Автоматизація бізнес-процесів	UiPath, Appian, ServiceNow	Ринок RPA до 43,5 млрд $ до 2029 р.
MarTech	Цифровий маркетинг та автоматизація кампаній	HubSpot, Marketo, Google Marketing Platform	Ринок MarTech понад 600 млрд $ у 2024 р.

Джерело інформації: складено авторами на основі [1-5].

Синергетичний ефект та зв'язок зі сталим розвитком. Інтеграція ERP, CRM, AI, маркетингових платформ та BPM-рішень у єдину цифрову екосистему підприємства генерує синергетичний ефект, що перевищує суму ефектів від кожного інструменту окремо. Ключовим проявом такої інтеграції є концепція цифрового двійника підприємства (Digital Twin) – динамічної цифрової моделі, що відображає реальний стан організації і дозволяє симулювати управлінські сценарії, прогнозувати наслідки рішень та оперативно реагувати на зміни ринкового середовища.

Цифровий менеджмент тісно пов'язаний із принципами сталого розвитку (SDGs ООН). Завдяки оптимізації ланцюгів постачань та управлінню споживанням ресурсів ERP-системи сприяють скороченню виробничих відходів та підвищенню енергоефективності.

AI-аналітика уможливлює точніше прогнозування попиту, мінімізуючи надлишкові запаси та пов'язані з ними екологічні витрати. Дослідження показують, що компанії з розвиненою цифровою зрілістю на 23% ефективніше досягають своїх ESG-показників [5].

Виклики впровадження цифрового менеджменту. Попри очевидні переваги, цифрова трансформація пов'язана з низкою суттєвих викликів.

По-перше, кібербезпека та захист персональних даних є критичним питанням: централізація даних у хмарних ERP і CRM системах збільшує потенційну поверхню атак.

По-друге, значні капітальні витрати на ліцензування, впровадження та навчання персоналу обмежують доступність технологій для малого і середнього бізнесу.

По-третє, дефіцит цифрових компетентностей персоналу залишається одним із головних бар'єрів трансформації – за оцінками Всесвітнього економічного форуму (World Economic Forum, WEF), до 2027 року 44% навичок, затребуваних ринком, зазнають змін унаслідок автоматизації [5].

По-четверте, ризики технологічної залежності від вузького кола постачальників (vendor lock-in) обмежують гнучкість компаній при зміні стратегій.

По-п'яте, організаційний спротив змінам та недостатня підтримка з боку керівництва є нефінансовими факторами, що призводять до зриву цифрових ініціатив. Успішна цифрова трансформація потребує системного підходу, що поєднує технологічну, організаційну та корпоративно-культурну складові.

Висновки:

1. Цифровий менеджмент на основі ERP, CRM, AI, маркетингових платформ та BPM-рішень є визначальним чинником підвищення ефективності, конкурентоспроможності та сталості сучасних підприємств.
2. Синергетична інтеграція цих інструментів формує цифрову екосистему, здатну забезпечити проактивне управління, персоналізований клієнтський досвід та інтелектуальну автоматизацію процесів.
3. Ефективна трансформація потребує комплексного підходу: інвестицій у цифрові компетентності персоналу; надійного захисту даних; узгодженості цифрової стратегії із цілями сталого розвитку компаній.
4. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою методологічних засад оцінки цифрової зрілості вітчизняних бізнес-структур, а також формуванням моделей інтеграції AI-агентів у корпоративні ERP і CRM екосистеми в контексті досягнення Цілей сталого розвитку ООН та України.

Посилання

1. Panorama Consulting Group. 2023 ERP Report / Panorama Consulting Group // Panorama Consulting Group: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.panorama-consulting.com/resource-center/erp-report/.
2. Forrester Research. The Total Economic Impact of Salesforce CRM / Forrester Research. – Cambridge: Forrester, 2023. – 48 p.
3. McKinsey Global Institute. The economic potential of generative AI: The next productivity frontier / McKinsey Global Institute // McKinsey & Company: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-AI.
4. Grand View Research. Robotic Process Automation Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024–2029 / Grand View Research // Grand View Research: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/robotic-process-automation-rpa-market.

5. World Economic Forum. Future of Jobs Report 2023 / World Economic Forum // World Economic Forum: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023.
6. Гаврилюк О. М. Цифрова трансформація підприємств: теорія і практика / О. М. Гаврилюк, В. П. Кириленко. – Київ: Знання, 2023. – 312 с.
7. Gartner. Top Strategic Technology Trends for 2024 / Gartner // Gartner Inc.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2024.

THE ROLE OF INTELLIGENT TRAFFIC LIGHTS IN MODERN URBAN TRAFFIC MANAGEMENT

Student O.H. Ustynov
Supervisor - Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech.) Yu.B. Balashova
Ukrainian State University of Science and Technologies ESI «Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture», Dnipro, Ukraine

Intelligent Traffic Lights (ITLs) represent a fundamental shift from conventional traffic management systems and are a cornerstone of modern Intelligent Transportation Systems (ITS). By dynamically controlling traffic flow, they significantly enhance both efficiency and road safety. Unlike traditional traffic lights, which operate on fixed, pre-timed schedules, ITLs leverage real-time data and sophisticated algorithms to adapt to current conditions [1].

An ITL system functions as a responsive traffic controller. It gathers real-time information about the intersection using a network of sensors, including high-resolution cameras, radar, and inductive loop detectors embedded in the road surface. This data - covering vehicle volume, congestion levels, and pedestrian activity - is then processed by advanced algorithms to determine the optimal timing for each signal phase.

The benefits of this adaptive approach are manifold. During periods of heavy traffic, ITLs can extend green light durations to alleviate congestion, which in turn reduces vehicle idling time and lowers CO_2 emissions. Furthermore, these systems enhance safety for all road users. By detecting the presence of cyclists and pedestrians, ITLs can allocate secure crossing intervals, thereby reducing the risk of accidents.

A critical function of ITLs is their ability to prioritize emergency services. Upon detecting an approaching ambulance or fire truck - through either visual identification or signals from the vehicle itself - the system can temporarily adjust lights to create a clear green path, allowing for swift and unimpeded passage. This capability also contributes to reducing a common cause of collisions: red-light running. By optimizing signal timing to minimize unnecessary waiting, the system

diminishes the incentive for drivers to disobey traffic signals, leading to a potential decrease in related accidents.

This evolution toward data-driven control is further advanced by emerging research in reinforcement learning (RL). For instance, recent studies have demonstrated that adaptive systems utilizing thermal sensors can achieve a 20–38 % reduction in delays compared to fixed-time plans in real-world deployments [2]. Furthermore, novel multi-agent RL frameworks that incorporate dynamic, multi-objective reward functions and built-in safety constraint layers are now addressing the critical gap between traffic efficiency and environmental impact, dramatically reducing both delays and CO_2 emissions while ensuring 100 % compliance with operational safety mandates [2].

The effectiveness and future potential of ITLs are vastly amplified by the integration of 5G and the Internet of Things (IoT). The ultra-low latency of 5G networks enables instantaneous communication between traffic lights and other connected infrastructure. This real-time data exchange allows the system to react to changing traffic patterns almost instantaneously.

In a fully realized system, data is aggregated from multiple sources. Roadside sensors detect vehicle presence, while cameras feed visual data to computer vision algorithms that can classify vehicle types (e.g., car, truck, bicycle) and track their movements. IoT devices, such as connected vehicles or smartphones, can provide additional data on speed and location. This rich stream of information is processed at the edge, allowing for immediate, localized decisions based on current traffic circumstances. For example, if an ITL detects a build-up from a particular direction, it can immediately adjust signal timings to provide a longer green phase for that approach, effectively managing the flow and minimizing delays. In essence, ITLs utilize a holistic, data-driven approach to make intersections smarter, safer, and more efficient [3].

In summary, Intelligent Traffic Lights represent a critical shift toward data-driven urban traffic management. While current systems effectively utilize real-time data to improve flow and safety, this research addresses existing gaps by introducing a novel, safety-first multi-agent RL framework. Validated through real-world deployment and high-fidelity simulations, this approach demonstrates that significant reductions in both congestion and environmental impact can be achieved without compromising safety (Balashov et al., 2025).

References

1. Mohamed Elassy, Mohammed Al-Hattab, Maen Takruri, Sufian Badawi, Intelligent transportation systems for sustainable smart cities, Transportation Engineering, Volume 16, 2024, 100252, ISSN 2666-691X,
2. URL: https://doi.org/10.1016/j.treng.2024.100252 .
3. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666691X24000277)
4. Andrii Balashov, Olena Ponomarova, Yuliia Balashova, Olexandr Tregub, Adaptive traffic signal optimization with thermal sensors and reinforcement learning, Results in Engineering, Volume 29, 2026, 108601, ISSN 2590-1230,

5. URL: https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.108601 .
6. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123025046456)
7. Balashova Yu.B., Balashov A.O. / AI-driven optimization for traffic safety: predicting and preventing collisions at road intersections using machine learning / International periodic scientific journal «Modern engineering and innovative technologies» ISSN 2567-5273, Issue №37, Part 2, February 2025, Karlsruhe, Germany, p. 91-99. URL: https://doi.org/10.30890/2567-5273.2025-37-02-040 .

ІНТЕГРАЛЬНИЙ НЕЙРОМАРКЕТИНГОВИЙ МЕХАНІЗМ ВПЛИВУ НА КУПІВЕЛЬНІ РІШЕННЯ СПОЖИВАЧІВ

Здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти В.В. Харченко
Керівник – проф., док. економ. наук Л.В. Соколова
Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, Україна

У сучасних умовах розвитку ринку важливе місце у діяльності компаній України займає вирішення проблеми забезпечення конкурентоспроможності своїх товарів, що залежить від сформованих споживчих переваг щодо вибору товаровиробника та його брендових товарів. Це обумовило актуальність теми роботи, визначило її мету та перелік питань, які необхідно було розглянути. Метою роботи є вивчення нейромаркетингових механізмів впливу на прийняття купівельних рішень споживачів.

Протягом останнього десятиліття вивчення особливостей нейромаркетингу та проблем його практичного застосування привертало увагу багатьох вітчизняних вчених, а саме таких, як: Верясова Г. М., Євсейцева О. С., Курбан О. В., Курбан С. О., Левицька Д. Р., Ніфатова О. М., Павлюк Т. І., Петруня Ю. В., Сапян А. С., Соколова Л. В., Фігун А. В., Фігун Н. В., Ярош В. І. та ін. У традиційних підходах маркетингові дослідження ґрунтуються переважно на раціональних відповідях респондентів, які отримуються шляхом опитувань, анкетування або проведення фокус-груп. Проте у період розвитку цифрової економіки нейромаркетинг набуває дедалі більшого значення як інструмент дослідження поведінки споживачів та підвищення ефективності маркетингових комунікацій. Численні дослідження свідчать про те, що значна частина купівельних рішень формується не лише на основі логічного аналізу, а й під впливом емоційних, інтуїтивних та підсвідомих реакцій людини. У цьому контексті нейромаркетинг виступає міждисциплінарним напрямом, що поєднує маркетинг, психологію, нейронауку та поведінкову економіку з метою дослідження механізмів формування споживчих рішень на глибшому, нейрофізіологічному рівні [1].

Сутність нейромаркетингу полягає у вивченні реакцій мозку та фізіологічних змін організму людини у відповідь на маркетингові стимули. У межах такого підходу досліджуються процеси сприйняття, уваги, пам'яті, емоційного реагування та мотивації, які виникають під час взаємодії споживача з брендом, рекламними повідомленнями, дизайном упаковки, торговим середовищем або цифровими платформами. На відміну від традиційних методів маркетингових досліджень, нейромаркетинг дозволяє отримувати більш об'єктивні дані, оскільки базується на усвідомлених відповідях людини та аналізі її підсвідомих реакцій. Такі реакції можуть проявлятися у зміні частоти серцевих скорочень, електричної активності мозку, рухах очей, міміці або інших фізіологічних показниках, що дає змогу дослідникам фіксувати реальні емоційні та когнітивні процеси під час прийняття рішень [2].

Актуальність використання нейромаркетингових підходів пояснюється також зростанням конкуренції на сучасних ринках та інформаційним перевантаженням споживачів. Сучасна людина щоденно стикається з великою кількістю рекламних повідомлень, брендів і маркетингових стимулів, що ускладнює процес прийняття рішень і водночас знижує ефективність традиційних рекламних стратегій. У таких умовах компанії прагнуть зрозуміти, які саме фактори дійсно впливають на поведінку споживача та які елементи маркетингових комунікацій здатні привернути увагу, викликати емоційний відгук і стимулювати купівлю. Саме нейромаркетингові дослідження дозволяють виявити ці фактори та адаптувати маркетингові стратегії відповідно до реальних реакцій споживачів [3]. Аналіз фахової літератури за проблемою дослідження дозволяє представити інтегральний нейромаркетинговий механізм впливу на прийняття купівельних рішень як сукупність психофізіологічних складових (емоційної, сенсорної та концентрації уваги). Водночас практична реалізація цього механізму має суворо спиратися на принципи дотримання етичних норм та забезпечення конфіденційності персональних даних учасників досліджень [3].

Одним із ключових локальних, відносно інтегрального, механізмів впливу нейромаркетингу на купівельні рішення споживачів є емоційний механізм. Дослідження у сфері поведінкової економіки та нейропсихології свідчать, що значна частина рішень щодо придбання товарів або послуг формується на основі швидких емоційних оцінок, які виникають раніше за раціональний аналіз інформації. Саме тому компанії активно використовують емоційні образи, історії та символи для формування позитивного ставлення до бренду. Наприклад, у рекламі напоїв часто демонструються сцени дружнього спілкування, свят або сімейного відпочинку, що створює асоціацію продукту з приємними емоціями та соціальною близькістю. Іншим прикладом є рекламні кампанії благодійних або соціально орієнтованих брендів, які апелюють до співчуття, турботи або почуття відповідальності. У результаті споживач починає сприймати бренд не лише як товар, а як джерело позитивного досвіду або емоційної цінності, що підвищує ймовірність здійснення покупки [1]. Емоційний механізм впливу особливо помітний у

сфері брендингу та рекламних комунікацій. Наприклад, компанія Apple у своїх рекламних роликах часто акцентує увагу не стільки на технічних характеристиках пристроїв, скільки на емоціях користувачів – творчості, свободі самовираження або відчутті інноваційності. Подібний підхід використовується і в рекламі спортивних брендів, зокрема Nike, де ключову роль відіграють історії подолання труднощів, сили волі та досягнення мети. Такі сюжети викликають емоційний відгук у споживача і формують позитивне ставлення до бренду ще до того, як людина почне оцінювати функціональні характеристики товару. У результаті покупець може обрати саме той бренд, який асоціюється у нього з сильними позитивними емоціями, навіть якщо альтернативні продукти мають подібні властивості.

Другим важливим локальним механізмом впливу є сенсорний механізм, котрий пов’язаний зі стимулюванням органів чуття людини. У маркетинговій практиці широко використовуються кольори, звуки, запахи та текстури, які здатні впливати на емоційний стан споживача та формувати певні асоціації з брендом. Наприклад, у дизайні упаковки харчових продуктів часто застосовуються теплі кольори – червоний, жовтий або помаранчевий, які асоціюються з енергією, апетитом та активністю. Саме тому багато мереж швидкого харчування використовують подібні кольорові рішення у своєму брендингу. Іншим прикладом є використання повільної або спокійної музики у супермаркетах, що може змушувати покупців рухатися повільніше і довше перебувати у торговельному просторі, що збільшує ймовірність здійснення додаткових покупок [4]. Особливе місце серед сенсорних інструментів займає аромамаркетинг. Дослідження показують, що запахи мають сильний зв’язок із емоційною пам’яттю людини, оскільки вони безпосередньо пов’язані з роботою лімбічної системи мозку, яка відповідає за емоції та формування спогадів. Завдяки цьому певний аромат може створювати позитивні асоціації з брендом, підвищувати комфорт перебування споживача у торговельному середовищі та стимулювати більш тривале перебування в магазині. Це, у свою чергу, може підвищувати ймовірність здійснення покупки.

Третім важливим локальним механізмом впливу є механізм концентрації уваги. У сучасному інформаційному середовищі людина щоденно стикається з великою кількістю рекламних повідомлень, тому здатність бренду привернути увагу споживача стає одним із ключових факторів успіху маркетингових комунікацій. Нейромаркетингові дослідження дозволяють визначити, які саме елементи реклами, упаковки або веб-інтерфейсу найбільше привертають погляд людини. Наприклад, під час аналізу веб-сайтів за допомогою технології відстеження рухів очей дослідники можуть визначити, які зони сторінки користувачі переглядають найчастіше, де вони затримують погляд і які елементи ігнорують. Такі дослідження допомагають оптимізувати структуру сайтів, розміщення рекламних банерів або інформаційних блоків. Аналогічно в роздрібній торгівлі товари, розміщені на рівні очей покупця на полиці магазину,

привертають значно більше уваги, ніж ті, що знаходяться нижче або вище, що також активно використовується у практиці мерчандайзингу [2].

Завдяки таким дослідженням компанії можуть більш ефективно розміщувати ключову інформацію, логотипи або рекламні повідомлення у тих зонах, які найчастіше привертають увагу споживачів. Це дозволяє підвищити ефективність маркетингових комунікацій та зробити рекламні матеріали більш зрозумілими й привабливими для аудиторії.

Проте слід зауважити, що розвиток нейромаркетингу супроводжується певними етичними викликами. Використання технологій, що дозволяють аналізувати підсвідомі реакції людини, викликає дискусії щодо меж допустимого впливу на споживача. Деякі дослідники вважають, що надмірне використання нейромаркетингових інструментів може призводити до маніпулятивного впливу на поведінку людей та стимулювання імпульсивних покупок. Особливо актуальними ці питання стають у цифровому середовищі, де компанії можуть збирати великі обсяги даних про поведінку користувачів.

Крім того, важливим аспектом є забезпечення конфіденційності персональних даних, отриманих під час нейромаркетингових досліджень. Використання біометричних або нейрофізіологічних показників потребує чіткого дотримання етичних норм і законодавчих вимог щодо захисту інформації. У зв’язку з цим багато дослідників наголошують на необхідності формування відповідальних підходів до використання нейромаркетингових технологій у бізнесі [5].

Ефективність імплементації у практичну діяльність компаній складових інтегрального нейромаркетингового механізму впливу на прийняття купівельних рішень споживачів на ринках збуту продукції залежить від використання його принципів у цифровому маркетингу та персоналізованих комунікаціях. У сучасному цифровому середовищі компанії мають можливість аналізувати поведінку користувачів у реальному часі, враховуючи їхні інтереси, реакції та уподобання. Поєднання нейромаркетингових принципів із цифровими технологіями дозволяє створювати більш персоналізовані маркетингові стратегії, які враховують індивідуальні особливості споживачів.

Наприклад, алгоритми рекомендацій на онлайн-платформах можуть використовувати дані про поведінку користувачів для формування індивідуальних пропозицій товарів або послуг. Аналіз емоційних реакцій та поведінкових моделей дозволяє адаптувати контент, рекламу або інтерфейс веб-сайтів таким чином, щоб вони були максимально зручними та привабливими для конкретного користувача. У результаті підвищується ефективність маркетингових комунікацій і зростає ймовірність здійснення покупки [3].

Таким чином, нейромаркетингові механізми впливу на купівельні рішення споживачів базуються на комплексному використанні емоційних, сенсорних та когнітивних факторів, що визначають поведінку людини під час вибору товарів або послуг. Використання нейромаркетингових підходів дозволяє глибше зрозуміти мотивацію споживачів, підвищити ефективність

маркетингових комунікацій і створювати більш персоналізований досвід взаємодії з брендом. Поділяємо наукову позицію автора роботи [3] відносно того, що у недалекому майбутньому перспективний розвиток нейромаркетингових технологій може суттєво трансформувати підходи до маркетингових досліджень та управління поведінкою споживачів, поєднуючи традиційні методи аналізу ринку з новітніми досягненнями нейронаук, цифрових технологій та поведінкової економіки.

Впровадження новітніх інноваційних інструментальних методів нейромаркетингових досліджень у систему маркетингової діяльності вітчизняних корпорацій є актуальним та перспективним напрямом подальших наукових досліджень.

Висновки:

1. Установлено, що застосування технології нейромаркетингу забезпечує вплив на п’ять органів відчуття потенційних покупців товарів, що відкриває нові можливості в процесах організації продажів, ведення переговорів, вибудовування позитивних, взаємовигідних відносин із потенційними споживачами на товарних ринках.
2. Доцільним є представлення інтегрального нейромаркетингового механізму впливу на прийняття купівельних рішень споживачів через сукупність його локальних складових.

Посилання

1. Соколова Л. Теоретично-методологічні аспекти впровадження інноваційних технологій маркетингу в економічну діяльність підприємств України / Л. Соколова, І. Прібильнова, Р. Кодрул // Системна модернізація економіки в контексті цілей сталого розвитку: виклики та стратегічні пріоритети : колект. монографія / ред. Т. Полозова. – Харків, 2025. – С. 242–261.
2. Афанасьєва О. Управління поведінкою споживачів з використанням технологій нейромаркетингу [Електронний ресурс] / Ольга Афанасьєва, Катерина Белоус // Економіка та суспільство. – 2023. – № 55. – Режим доступу: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-72 (дата звернення: 14.03.2026).
3. Момотков І. С. Нейромаркетинг в основі маркетингових рішень: нове бачення поведінки клієнтів [Електронний ресурс] / І. С. Момотков // Український економічний часопис. – 2025. – № 9. – С. 84–89. – Режим доступу: https://doi.org/10.32782/2786-8273/2025-9-14 (дата звернення: 15.03.2026).
4. Savchenko S. Neuromarketing as a tool to influence consumer behavior [Електронний ресурс] / Sergii Savchenko, Olena Sukach, Yulia Syvolap // Economic scope. – 2021. – Режим доступу: https://doi.org/10.32782/2224-6282/174-15 (дата звернення: 16.03.2026).
5. Shepel T. Neuromarketing as a tool for forming consumer decisions [Електронний ресурс] / Tetiana Shepel // Economic scope. – 2026. – № 209. – С. 123–132. – Режим доступу: https://doi.org/10.30838/ep.209.123-132 (дата звернення: 16.03.2026).

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: ВИКЛИКИ ТА АДАПТАЦІЙНІ МЕХАНІЗМИ

Студентка А.О. Чорна
Керівник – старший викладач Н.М. Заболотна
Вінницький державний педагогічний університет імені М. Коцюбинського
м. Вінниця, Україна

У часи воєнного стану цифровізація державного управління набуває ключового стратегічного сенсу. Вона слугує засобом гарантування життєздатності держави, сталості доступу до суспільних послуг та швидкого ухвалення рішень керуючими структурами.

У цих умовах, цифрові інструменти відіграють роль не лише модернізатора, а й стабілізатора, адже вони уможливлюють віддалену комунікацію мід урядом та населенням, налагоджують узгодженість роботи різних відомств, створюють автоматизовані адміністративні процеси та охороняють інформаційні активи.

Водночас повномасштабна війна актуалізувала низку системних викликів, що істотно ускладнюють реалізацію цифрової трансформації. Серед ключових проблем слід виокремити нерівномірність розвитку цифрової інфраструктури та обмежений доступ до електронних сервісів на територіях, які зазнали активних бойових дій. Руйнування енергетичних об’єктів, мереж зв’язку та адміністративних будівель спричинило перебої у функціонуванні цифрових систем, що, своєю чергою, створює ризик поглиблення цифрової нерівності серед населення [1, с. 111]. Однак зазначена проблема має не лише технічний, а й соціально-управлінський вимір, оскільки доступ до цифрових послуг у воєнний період безпосередньо впливає на реалізацію базових прав громадян та рівень довіри до держави. Відтак ефективність електронних платформ визначається не тільки їх технологічною досконалістю, але й стійкістю фізичної інфраструктури, яка в умовах війни стає критично вразливою.

Ще одним критичним викликом постає загострення кіберзагроз. В умовах збройної агресії стає повноцінним полем протиборства, що підвищує ризики несанкціонованого доступу до державних реєстрів, витоку персональних даних та дестабілізації інформаційних ресурсів органів влади. Відповідно до Закону України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України», забезпечення кіберзахисту є складовою національної безпеки та потребує системної координації між суб'єктами владних повноважень [2]. У воєнний період значення кіберстійкості значно зростає, оскільки порушення роботи цифрових платформ може мати не лише адміністративні, а й безпекові наслідки.

На додаток до загроз, що вже були згадані, значним викликом для цифровізації державного управління в умовах воєнного стану стала потреба у швидкій перебудові адміністративних процесів згідно зі зміненим правовим

порядком. Особливий спосіб ухвалення рішень, збільшення повноважень органів виконавчої влади та потреба у гнучкому міжвідомчому обміні даними вимагають адаптації цифрових систем до нових регламентів і процедур [1, с. 111]. Це створює додаткове навантаження на інституції, оскільки цифрові платформи повинні не лише забезпечувати безперервність адміністративних послуг, а й відповідати оновленим нормативним вимогам.

Водночас значним викликом є інституційна спроможність органів влади ефективно реалізовувати цифрові ініціативи в умовах кризового управління. Дослідження показують, що використання інформаційно-комунікаційних технологій у державному управлінні в умовах воєнного стану вимагає не лише наявності технічних рішень, а й структурованої інституційної підтримки», яка забезпечує координацію ініціатив, розробку відповідних політик і адаптацію організаційних моделей до нових умов роботи [3]. Підвищена інтенсивність прийняття управлінських рішень, необхідність швидкої комунікації між центральними і місцевими органами влади та зростання обсягів інформації обумовлюють потребу в належному рівні цифрових компетентностей держслужбовців, а також у створенні спеціальних механізмів для міжвідомчої співпраці й управління цифровими ресурсами.

Адаптаційними механізмами, які забезпечують безперервність і стійкість функціонування державних інституцій, виступають насамперед розвиток і масштабне впровадження електронних сервісів та інформаційних систем, що дозволяють продовжувати надавати адміністративні послуги незалежно від фізичних обмежень воєнного часу. Такі цифрові рішення, як електронні сервіси на порталі «Дія», електронні реєстри, автоматизовані процеси обміну даними та хмарні платформи, забезпечують безперервний доступ до критичних державних функцій, зменшують залежність від традиційних паперових процедур і створюють основу для стабільної взаємодії між органами влади та громадянами навіть за умов нестабільності [4].

Ключовими адаптаційними механізмами також є інституційні й організаційні зміни, спрямовані на інтеграцію цифрових технологій у внутрішні управлінські процеси, розвиток цифрових компетентностей службовців, міжвідомчу координацію інформаційних систем і нормативно‑правове забезпечення електронного врядування [1,с. 114]. Це дозволяє не лише підтримувати функціональні спроможності органів публічної влади, але й створювати більш гнучкі, прозорі та підзвітні механізми прийняття рішень під тиском зовнішніх викликів, мінімізувати часові витрати на адміністративні процедури та підвищувати стійкість до інформаційних і операційних ризиків.

Висновки. Цифровізація державного управління в умовах воєнного стану набуває стратегічного значення як засіб забезпечення життєздатності держави, безперервності доступу громадян до суспільних послуг та оперативності управлінських рішень. Використання цифрових платформ і електронних сервісів дозволяє не лише модернізувати адміністративні процеси, а й виступає стабілізуючим фактором, забезпечуючи віддалену

комунікацію, узгодженість діяльності органів влади та охорону інформаційних активів.

Водночас реалізація цифрової трансформації у воєнний період ускладнюється низкою системних викликів: нерівномірним розвитком цифрової інфраструктури, обмеженим доступом до електронних сервісів у зонах бойових дій, загостренням кіберзагроз та необхідністю швидкої адаптації адміністративних процесів до зміненого правового середовища. Особливу роль відіграє інституційна спроможність органів влади, яка передбачає наявність структурованої підтримки, міжвідомчої координації, розвитку цифрових компетентностей державних службовців та адаптації організаційних моделей управління.

Адаптаційні механізми, зокрема розвиток електронних сервісів, автоматизованих інформаційних систем, хмарних платформ, а також нормативно‑правове забезпечення цифрового врядування, сприяють стійкому функціонуванню державних інституцій, підвищують прозорість і ефективність прийняття рішень, зменшують ризики інформаційної та операційної дестабілізації та забезпечують безперервність адміністративних послуг навіть в умовах воєнної кризи. Таким чином, цифровізація виступає ключовим інструментом забезпечення державної безпеки, адміністративної ефективності та соціальної стабільності в умовах воєнного стану.

Посилання

1. Солодовнік Д. Цифрові виклики та інституційні обмеженняв системі публічного управління україни. Публічно-управлінські та цифрові практики. С. 108–116. URL: https://journals.dut.edu.ua/index.php/public/article/view/3226/3112 (дата звернення: 17.02.2026).
2. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України: Закон України від 05.10.2017 № 2163-VIII: станом на 19 жовт. 2025 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text (дата звернення: 19.02.2026).
3. Ткаченко І. Підвищення інституційної спроможності врядування на основі інформаційно-комунікаційних технологій під час війни. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Державне управління, 19 (1), 59-66.
4. Тимченко М. С. Розвиток сервісу «Дія» в умовах війни. нові можливості публічного управління. Public Administration and Regional Development. 2022. С. 834–866.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МОДЕЛІ ВИБОРУ ТУРИСТИЧНИХ НАПРЯМКІВ

Аспірант А.А. Шафар
Керівник - доц., канд. фіз.-мат. наук Ю.Ю. Білак
Кафедра програмного забезпечення систем
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
м. Ужгород, Україна

Вступ. У сучасних умовах сталого розвитку туризму виникає потреба у системному підході до оцінювання туристичних напрямків. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю врахування екологічних, соціальних та економічних аспектів при виборі місць призначення, що відповідають критеріям безпеки, задоволеності туристів та розвитку регіонів.

Сталий туризм потребує інноваційних рішень, здатних забезпечити об’єктивну оцінку ефективності туристичних регіонів з урахуванням потреб потенційних відвідувачів та майбутніх поколінь. З цією метою запропоновано формальні математичні постановки задач, що базуються на методах гібридного багатокритеріального оцінювання та інструментах штучного інтелекту.

Метою дослідження є розробка формалізованих моделей оцінювання туристичних напрямків з використанням експертних даних, лінгвістичних моделей та методів нейро-нечіткого виведення, які дозволяють приймати ефективні рішення у контексті цифрової трансформації регіонального туризму.

Розглядається формальна постановка задач оцінювання та вибору місця призначення в контексті сталого туризму. Оцінка ефективності туристичних напрямків є складним завданням, яке вимагає врахування різноманітних факторів, таких як екологічні, соціальні та економічні показники. Для цього розробляються математичні моделі, що дозволяють здійснити об’єктивний аналіз та порівняння різних регіонів за ключовими критеріями, що визначають їхню привабливість як туристичних напрямків. Визначення оптимального місця призначення туристами вимагає врахування численних факторів та застосування методів багатокритеріального оцінювання, що забезпечують обґрунтовані рішення щодо вибору. У зв’язку із цим пропонуються наступні задачі: 1). $T_1=Y(f_1)$ – гібридне багатокритеріальне оцінювання рівня місця призначення; $T_2=Y(f_2)$ – оцінювання та вибору місця призначення засобами штучного інтелекту.

Вводяться наступні суб’єкти управління для поставленої задачі:

- респонденти – туристи (експерти), які висловлювалися після відвідування місця призначення стосовно різних туристичних аспектів;
- системний аналітик – це особа, яка налаштовує всі процеси оцінювання на основі множини критеріїв оцінювання та запропонованих моделей;

- особа, що приймає рішення (ОПР) – це особи, що приймають подальші управлінські рішення щодо впровадження майбутніх сценаріїв для розвитку цифрової трансформації регіонального та державного туризму.

Далі наводиться формальна постановка задачі $T_1=Y(f_1)$ наступним чином [1].

Нехай розглядається деяка множина R , місць призначення (регіонів) щодо вибору їх для подорожі. Позначимо E – множину експертів (туристи), що відвідали місця призначення та оцінюють рівень його іміджу. Кожний регіон оцінюється експертами на основі IM – інформаційної моделі лінгвістичного оцінювання ставлення до аспектів туризму місця призначення. В основу даної моделі KI покладено набір критеріїв оцінювання іміджу місця призначення K. Крім цього, наявний експертний висновок – EV. Даний експертний висновок отримується спеціалістами туристичної галузі. Наприклад, такий висновок може бути наступний: рівень сталого розвитку регіону щодо захисту інтересів майбутніх поколінь через призму здорового та безпечного довкілля.

Для даної задачі формально представляється гібридна багатокритеріальна модель оцінювання рівня місця призначення у вигляді теоретико-множинної моделі наступним чином:

$$T_1(R, E, KI, EV)|Y(f_1). \quad (1)$$

В результаті отримуються вихідна оцінка $Y(f_1)=\{M_H,L_H\}$, що складається з: M_H – оцінку рівня місця призначення на основі задоволеності туристами; L_H – лінгвістичний рівень іміджу місця призначення відповідного регіону.

Використовуючи вихідну оцінку здійснюється розробка майбутніх сценаріїв для цифрової трансформації туристичної галузі у контексті сталого розвитку регіонів. Такі сценарії можуть бути, як з боку бізнеса для інвестування туристичної галузі регіонів, або з боку держави для швидкого розвитку та підтримки регіонів через призму здорового та безпечного довкілля.

Аналогічно пропонується формальна постановка задачі $T_2=Y(f_2)$ [2].

Нехай розглядається R – множина місць призначення. Множина туристів (респондентів) E, що вже відвідали місця призначення (регіон) та оцінюють його використовуючи критерії оцінювання, що задають тренди пріоритетності місць призначення у майбутньому. Множина критеріїв оцінювання K розбита на групи G. Критерії оцінювання, разом із системою оцінювання, представляють собою інформаційну модель IM оцінювання та вибору місця призначення, враховуючи соціальний клас S туристів. P – потенційний турист, для якого буде виведений ранжувальний ряд місць призначення (регіонів), з метою прийняття рішення щодо подорожі, враховуючи його цільові потреби.

Для даної задачі пропонується нейро-нечітка модель оцінювання та вибору місця призначення у вигляді теоретико-множинної моделі:

$$T_2(R, E,S,P, IM, M_1, M_2, M_3)|Y(f_2). \quad (2)$$

Тут вводяться такі моделі керовані даними:

M_1 – нечіткий метод оцінювання рівня задоволеності туристом місця призначення (регіону);

M_2 – нейро-нечіткий метод виведення цільових потреб туристів відносно їх соціальних класів;

M_3 – нечіткий метод оцінювання та вибору місць призначення.

В результаті отримується вихідна оцінка $Y(f_1)=\{A,R^*\}$, що складається з:

A – ранжувальний ряд місць призначення (регіонів) відносно цільових потреб туристів, враховуючи їх соціальний клас;

R^* – альтернативний варіант розумного напрямку для потенційного туриста при плануванні подорожі.

Висновки:

1. У дослідженні запропоновано дві формальні задачі — Т1 та Т2 — для оцінювання туристичних напрямків у контексті сталого розвитку, які враховують як експертні думки респондентів, так і індивідуальні цільові потреби потенційних туристів.
2. Гібридна модель T_1 дозволяє здійснити комплексну оцінку іміджу місця призначення, поєднуючи кількісні та лінгвістичні показники задоволеності, що дає змогу сформувати основи для стратегічних сценаріїв розвитку.
3. Нейро-нечітка модель T_2 забезпечує адаптивний підхід до вибору місця призначення, враховуючи соціальні характеристики туристів, та формує персоналізований ранжувальний список напрямків.
4. Отримані результати можуть бути використані для ухвалення управлінських рішень у сфері сталого туризму, стратегічного планування інвестицій, а також для розробки цифрових сервісів туристичного прогнозування.

Посилання

1. Поліщук В. В., Білак Ю. Ю., Шафар А. А., Шпак О. І. Гібридна математична модель оцінювання рівня іміджу місця призначення в контексті сталого розвитку регіону // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Математика і інформатика», 2023. – 43(2). – С.144-154. https://doi.org/10.24144/2616-7700.2023.43(2).144-154
2. Шафар А. А. Нейро-нечітка модель оцінювання та вибору місця призначення з урахуванням цільових потреб туриста // Computer Science and Applied Mathematics, 2024. – (2). – С.13-22. https://doi.org/10.26661/2786-6254-2024-2-02

ПРОЕКТ БОРТОВОГО РЕДУКТОРА З ГІДРОПРИВОДОМ АВТОМОБІЛЬНОГО НАПІВПРИЧЕПА ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ

Студент АГ2211 А.С. Шевчук
Керівник - доц., канд. техн. наук О.П. Посмітюха
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Актуальність проблеми створення транспортних засобів підвищеної прохідності обумовлена потребами сільського господарства, військової техніки, спеціалізованих вантажних автомобілів та машин, що експлуатуються у складних дорожніх умовах [1, 2]. У сучасних умовах значна частина транспортних операцій виконується на ґрунтових дорогах, пересіченій місцевості або в умовах недостатньо розвиненої дорожньої інфраструктури, що потребує підвищення прохідності автопоїздів.

Традиційні конструкції напівпричепів мають обмежені можливості щодо руху по бездоріжжю, оскільки їхні колеса є пасивними і не отримують крутного моменту від силової установки тягача. Це призводить до збільшення буксування, втрати керованості та зниження ефективності використання транспортного засобу [2]. Як показує аналіз сучасних конструкцій, підвищення прохідності досягається шляхом активізації пасивних коліс ходової частини, зокрема через застосування додаткових бортових редукторів з приводом, що вимикається, і перетворюють пасивні осі в активні ведучі мости [3].

Особливу роль у цьому відіграє використання гідроприводу, який дозволяє передавати енергію на колеса напівпричепа без складних механічних з'єднань на великі відстані, а в разі зменшення навантаження повністю вимикатись. Гідравлічні системи характеризуються високою адаптивністю, плавністю регулювання та можливістю роботи у широкому діапазоні навантажень [4], типу середовищ, вологості та запиленості.

Напівпричепи в бортовому або самоскидному виконанні, є універсальними транспортними засобами, що широко застосовуються для перевезення різноманітних вантажів. Їх конструкція включає раму, ходову частину, підвіску та платформу для розміщення вантажу. Водночас відсутність приводу на колеса обмежує їхню ефективність у складних умовах експлуатації.

Відомо, що використання ведучих мостів із бортовими редукторами дозволяє передавати крутний момент безпосередньо на колеса та підвищувати тягові характеристики транспортного засобу. Бортовий редуктор є важливим елементом трансмісії, який забезпечує зменшення частоти обертання та збільшення крутного моменту [5]. Конструктивно він може бути виконаний у вигляді зубчастої передачі, розташованої безпосередньо на осі колеса, містити механізм вмикання та відкриту зубчату передачу.

У роботі розробляється конструктивна схема, підбираються елементи приводу, виконуються конструктивні розрахунки передачі, підбираються насоси та мотори, виконується тяговий розрахунок. Основною ідеєю є передача крутного моменту на колеса напівпричепа за допомогою гідравлічної системи, що дозволяє реалізувати активний привід без ускладнення кінематичної схеми.

Конструкція редуктора включає: корпус редуктора; зубчасту передачу; гідромотор; систему ущільнень та підшипників; елементи кріплення до осі напівпричепа; дозволяє спростити обслуговування та ремонт, а також забезпечує можливість швидкої заміни вузлів у разі пошкодження.

Гідравлічна система оснащується: насосом встановленим на вал відбору потужності КПП автомобіля; регуляторами тиску; запобіжними клапанами; системою автоматичного включення та відключення приводу. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу системи та уникнути перевантажень.

Практичне значення роботи полягає у створенні універсального рішення для підвищення прохідності автопоїздів без суттєвого ускладнення конструкції. Запропонована система може застосовуватись: у військовій техніці; у лісозаготівлі; у будівельній галузі; в аграрному секторі; у рятувальних операціях [7].

У результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність застосування бортового редуктора з гідромотором для напівпричепів з мето підвищення його прохідності. Запропоноване технічне рішення дозволяє підвищити ефективність транспортних систем, зменшити навантаження на тягач та забезпечити стабільну роботу у складних дорожніх умовах.

Використання гідроприводу у поєднанні з бортовими редукторами відкриває перспективи для створення нового покоління транспортних засобів, що відповідають сучасним вимогам мобільності, надійності та енергоефективності.

Посилання

1. Скляров М.В. та ін. Моделювання руху транспортних засобів підвищеної прохідності. – 2024.
2. Лудченко О.А. Технічна експлуатація автомобілів. – К.: Вища школа, 2007.
3. Конструкція автомобілів: навч. посібник. – К.: НТУ, 2018.
4. Кузьо І.В. Гідравліка та гідроприводи. – Львів: Львівська політехніка, 2012.
5. Войтюк Д.Г. Машини і обладнання. – К.: Вища освіта, 2004.
6. Gillespie T. Fundamentals of Vehicle Dynamics .
7. Wong J.Y. Theory of Ground Vehicles.

БАР'ЄРИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ МАЛОГО ТА СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Студент С.Є. Шепетюк
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ, Україна
Викладач економічних дисциплін Л.В. Шепетюк
ВСП «Гусятинський фаховий коледж ТНТУ імені Івана Пулюя», смт. Гусятин, Україна

Малий та середній бізнес у сучасних умовах є важливою ланкою розвитку економіки країни, оскільки створює робочі місця, насичує ринок товарами і стабілізує соціальну сферу. До 2022 року в Україні було приблизно 18000 середніх підприємств, більше 350000 – малих і ФОПів майже 2 млн. Вони забезпечували робочими місцями більше 5 млн українців. Однак, внаслідок воєнних дій, малий та середній бізнес відчуває певні труднощі через брак кадрів та обмежений доступ до фінансових ресурсів. Загальні збитки з початку повномасштабного вторгнення перевищили 100 млрд доларів. За даними Opendatabot у 2025 році припинили свою діяльність понад 11 000 фірм. Найбільше зафіксовано закритих компаній у Києві - 1 289 або 12% від загальної кількості. На другому місці – Дніпропетровщина, де закрилося 824 фірми, потім Львівщина - 772, Одещина - 738 та Київщина - 589. Серед головних викликів, які спричинили закриття бізнесу – економічна нестабільність, низька платоспроможність та міграція населення, війна та окупація територій.[1]

Наразі ринок праці характеризується гострим дефіцитом кваліфікованих працівників, що створює критичні бар'єри для розвитку малого та середнього підприємництва. Малий бізнес відчуває нестачу робочої сили і змушений адаптуватися до сучасних технологічних світових стандартів. Демографічні зміни спонукають власників малих та середніх підприємств впроваджувати автоматизовані системи управління технологічними процесами, що стає єдиним способом виробляти заплановані обсяги товарної продукції без залучення нових кадрів.

Однак існують певні бар'єри, які впливають на ефективність використання доступних технологій у виробничому процесі. Насамперед малий бізнес має обмежені ресурси і багато компаній відкладають залучення технологій. Малі підприємства не завжди мають можливість заручитися експертною підтримкою, необхідною для тестування нових продуктів. Відсутність досвіду в патентуванні власних технологій часто призводить до втрати конкурентних переваг на світових ринках. По-друге, автоматизація виробництва потребує висококваліфікованих кадрів, а саме, аналітиків, проєктних менеджерів, що мають досвід роботи з цифровими системами. Тоді підприємства змушені залучати зовнішніх спеціалістів, що підвищує витрати виробництва та сповільнює процес реагування на проблеми, що виникають у

ході технологічного процесу. По-третє, малий бізнес не може регулярно оновлювати обладнання та програмне забезпечення через брак вільних коштів. І по-четверте, наявні працівники можуть сприймати автоматизацію, як загрозу для свого робочого місця і блокувати процес впровадження.

З метою стимулювання ділової активності в Україні було прийнято Стратегію цифрового розвитку інноваційної діяльності на період до 2030 року. Дана Стратегія передбачає розвиток активне впровадження інструментів грантової підтримки. Наразі в Україні діють державні програми фінансування малого та середнього бізнесу, які допомагають адаптуватися до змін ринкового середовища, впроваджувати сучасні технології у виробництво і зберігати робочі місця. Зокрема, в рамках програми «Доступні кредити 5-7-9%» було залучено 471,4 млрд.грн для отримання пільгових кредитів на розвиток бізнесу. До 19 травня 2026 року буде діяти програма «Горизонт Європа» з метою підтримки стартапів у сфері цифрових технологій шляхом розвитку інновацій та налагодження співпраці з міжнародними корпораціями. Розроблена Міністерством цифрової трансформації України Програма цифрової зрілості малого та середнього бізнесу (розміщена на порталі Дія.Бізнес) надає експертну підтримку підприємцям з метою створення стійкого та конкурентоспроможного бізнесу [3].

Технологічна модернізація малого та середнього бізнесу є складним, але вигідним кроком. Вона сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства, можливості швидко реагувати на ринкові потреби та оптимізувати виробничі процеси.

Висновки:

1. З метою впровадження сучасних технологій у малий та середній бізнес необхідно надати пільговий доступ до хмарних сервісів.
2. Спростити процедури патентування власних технологічних розробок та надання грантової підтримки для можливості отримання міжнародних сертифікатів якості.
3. Необхідно організувати навчання власників і працівників малого та середнього бізнесу з питань можливості використання штучного інтелекту та автоматизації виробничого процесу.

Посилання

1. 8,5 років, в середньому, працюють ТОВ в Україні до закриття: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://opendatabot.ua/analytics/business-midage-2025
2. Приватні підприємства України: повний огляд, статистика та приклади на 2025 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://engage.org.ua/pryvatni-pidpryyemstva-ukrayiny-povnyj-oglyad-statystyka-ta-pryklady-na-2025-rik/
3. Допомога підприємцям у створенні та розвитку бізнесу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://business.diia.gov.ua/

СЕКЦІЯ 3

«ІНФОРМАТИКА, ІТ-ТЕХНОЛОГІЇ, ШІ ТА РОБОТОТЕХНІКА. ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА»

Модератор

Г.Г. ШВАЧИЧ
докт. техн. наук, проф.

WORKSHOP 3

« INFORMATICS, IT TECHNOLOGIES, AI AND ROBOTICS. APPLIED MATHEMATICS »

Moderator

Henadii SHVACHYCH
Dr. (Eng.), Prof.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДЛЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

Магістрант БКз-615м М.В. Антонова
Керівник – ст. викл. Є.В. Васильєва
Національний університет «Запорізька політехніка»
м. Запоріжжя, Україна

Сучасні досягнення теорії управління разом із використанням мікроелектронних засобів створюють фундамент для автоматизації технологічних процесів і виробництв, що забезпечують стабільний розвиток адаптивних систем керування. Переважна більшість цифрових систем управління, що працюють у реальному часі, реалізуються на базі мікропроцесорних або вбудованих систем. В таких системах обчислювальні пристрої поєднані з обладнанням керування машинами, що значно підвищує ефективність, знижує собівартості та зручності обслуговування. Важливу роль в таких систем займає програмне забезпечення, що забезпечує гнучкість і реалізацію складних алгоритмів управління, при цьому відносна простота розробки та налагодження дає уявлення про універсальність такого підходу, хоча на практиці їх ефективність значною мірою залежить від якості програмування.

Сучасні технології програмного забезпечення мікропроцесорних систем управління не враховують в повній мірі специфічні особливості об'єктів керування та не завжди мають можливість швидко усувати помилки програмування керуючих пристроїв. Це в свою чергу піднімає питання недостатнього рівня розвитку таких систем і визначає потребу їх подальшого вдосконалення. Недоліки технологій і апаратно-програмних засобів ускладнюють процес введення МПСУ в експлуатацію. Виявлені під час роботи особливості об'єкта управління часто потребують коригування структури та параметрів системи безпосередньо на виробництві, а також налагодження ефективного зворотного зв'язку між етапами впровадження та проєктування.

Відповідно, актуальним є створення технологій та засобів проектування з налагодження МПСУ, що дозволяє своєчасно, ще на етапі проєктування, виявляти та усунути помилки синтезу та програмування цифрових регуляторів, при цьому враховують особливості як самого об'єкту управління, так і цифрової (мікропроцесорної) реалізації керуючого алгоритму.

Безпосереднє створення для реалізації функцій управління починається на етапах структурно-параметричного синтезу САУ.

Теоретично для створення системи автоматичного управління існує два базових підходи до синтезу динамічних систем: детермінований і стохастичний підходи. При цьому кожен із них має як свої переваги так і недоліки відповідно, найчастіше використовують комбінований (комплексний) підхід, що базується на умові, що при початку синтезу системи використовують поєднання методів структурної оптимізації та розрахунку номінальних параметрів регулятора. При такому підході використовують метод параметричної оптимізації алгоритму

управління, що дозволяє детальніше врахувати специфіку об’єкту керування та особливості його експлуатації.

На стадії конструювання здійснюється програмно-апаратна реалізація САУ та відповідно її налагодження, що пов'язане із детальним опрацюванням структури, складу функціональних блоків та їх взаємодії об’єкту управління. В умовах різноманітності ринку апаратні засоби мікропроцесорної техніки широко використовуються як схемотехнічне проектування в більшості випадків зводиться до їхнього вибору.

Більш складнішою є стадія розробки програмного забезпечення, що залежить здібностей проектувальника. Робота складається з розробки схем алгоритмів, вибору мови програмування цільового МПК, написання тексту програми, компіляції програми в коди та налагодження відповідоного програмного забезпечення.

Завершенням розробки є налаштування та налагодження всієї системи. Для цього виділяють наступні підетапи: автономне налагодження програмних та апаратних засобів, комплексне динамічне налагодження. Останній є більш перспективним, так як дозволяє виявляти та усувати наявні помилки, дефекти та несправності.

Останньою стадією процесу є стадія введення в експлуатацію САУ. Вона включає в себе параметричне налагоджування системи на реальному об'єкті, в реальних умовах його експлуатації, а також проведення приймальних випробувань. Результатом випробувань найчастіше виявляють часткову невідповідність технічних показників будь-яким вимогам технічних засобів, що зрештою може призвести розробника на етап структурного синтезу та викликати зростання тимчасових та фінансових витрат на розробку.

Висновки: З проведеного аналізу можна зробити припущення, що цифрові систем управління дають можливість синтезувати систему автоматизованого управління, продовжує самовдосконалюватись на етапі деталізованого моделювання та набуває остаточного вигляду на стадії введення системи в експлуатацію. Проблема зменшення недоліків програмного забезпечення в сучасних МПСУ вирішується методом розвитку технології. Використання новітніх розробок в схемах автоматизації з використанням додаткових зворотних зв'язків між стадіями конструювання та проектування, та відповідно між стадіями введення системи автоматичного керування в експлуатацію та конструювання керуючого мікроконтролера.

При застосуванні зазначеного підходу до систем автоматизації виробництва будь якого об’єкту керування досягається значне покращення показників якості у всіх режимах роботи на основі більш повної компенсації коефіцієнту передачі та часу запізнення технологічного об'єкта при зміні робочих параметрів.

Посилання

1. Бабічева О.Ф., Єсаулов С.М. Автоматизоване проєктування електромеханічних пристроїв, компонентів цифрових систем керування та діагностичних комплексів : навч. посіб. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 355 с.

СУЧАСНИЙ СТАН МОНІТОРИНГУ ЛОПАТЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЬОВИХ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ: ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ

PhD, наук. співр. В.С. Бейцун
Інститут транспортних систем і технологій НАН України
м. Дніпро, Україна

Сучасний етап розвитку світової енергетики характеризується активним переходом до використання відновлюваних джерел енергії, серед яких провідне місце посідає вітроенергетика. Це спричиняє постійне збільшення встановлених потужностей вітроелектростанцій та, відповідно, масштабування габаритів вітроенергетичних установок. Водночас стрімкий розвиток вимірювальних технологій, сенсорних систем і алгоритмів обробки великих масивів даних відкриває нові можливості для контролю технічного стану таких складних інженерних об’єктів. З огляду на це у даному огляді основну увагу приділено аналізу сучасних засобів моніторингу, які активно розвиваються протягом останніх п’яти років (2021–2025 рр.). Такий часовий інтервал дозволяє об’єктивно простежити перехід від традиційних вимірювальних підходів до нових дистанційних та інтелектуальних технологій діагностики [1].

Інтенсивне зростання одиничної потужності горизонтально-осьових вітроелектростанцій супроводжується збільшенням довжини лопатей, яка у сучасних наземних та морських турбінах вже перевищує сто метрів [2]. За таких масштабів лопаті фактично перетворюються на гнучкі просторові конструкції, що працюють у вкрай агресивних умовах навколишнього середовища. Під час штатної роботи ротора вони безперервно піддаються складному впливу гравітаційних, відцентрових та інтенсивних аеродинамічних навантажень, які додатково ускладнюються турбулентністю повітряних потоків та різкими перепадами температур. Зазначені фактори формують складний циклічний характер навантаження, що призводить до поступової зміни напружено-деформованого стану матеріалу, накопичення втомних пошкоджень, виникнення дрібних тріщин у полімерній матриці, розшарування композитних матеріалів та руйнування клейових з'єднань [3, 4].

Враховуючи, що лопаті становлять близько третини вартості всієї турбіни, забезпечення їх надійної та безпечної експлуатації є одним із ключових завдань сучасної вітроенергетики. Тому впровадження ефективних систем моніторингу технічного стану набуває критичного значення. Комплексне дослідження таких конструкцій повинно охоплювати широкий спектр параметрів: від контролю макроскопічних переміщень кінця лопаті з метою запобігання її контакту з баштою до високоточних вимірювань локальних деформацій та аналізу процесів зародження і розвитку тріщин [5].

Першими засобами вимірювання деформацій лопатей стали контактні методи, засновані на використанні тензорезисторів. Хоча тензометрія

забезпечує високу точність локальних вимірювань, багаторічний досвід її експлуатації виявив низку фундаментальних недоліків. По-перше, такі датчики надають інформацію виключно в точці їх наклеювання, що робить ймовірність пропуску критичного дефекту вкрай високою. По-друге, розгалужена мережа мідних провідників діє як антена під час грози, багаторазово підвищуючи ризик ураження лопаті блискавкою [6]. Для вирішення проблеми електромагнітної вразливості дослідники почали впроваджувати оптоволоконні датчики на основі решіток Брегга (спеціальних структур у волокні зі змінним показником заломлення, що діють як оптичні фільтри). Вони інтегруються безпосередньо у структуру композиту на етапі виробництва і демонструють чудову стійкість до агресивних середовищ [7]. Водночас як оптоволоконні, так і п’єзоелектричні ультразвукові перетворювачі потребують фізичного розміщення на конструкції або всередині неї. Таке втручання у структуру матеріалу може призводити до локального послаблення композиту, а у випадку пошкодження датчика його відновлення часто виявляється практично неможливим [8]. Ці обмеження суттєво ускладнюють широке застосування подібних систем на турбінах великої потужності.

Обмеження контактних методів стимулювали активний розвиток безконтактних підходів до діагностики, які за останні роки стали домінуючим напрямом досліджень у цій галузі. Одним із найбільш перспективних інструментів є метод тривимірної цифрової кореляції зображень. Його суть полягає у нанесенні на поверхню лопаті випадкового контрастного візерунка та реєстрації процесу деформування за допомогою синхронізованих високошвидкісних камер. Подальша обробка отриманих зображень дозволяє відстежувати зміщення окремих пікселів і формувати суцільні карти переміщень і деформацій по всій поверхні об’єкта з високою просторовою точністю [9, 10]. Дослідження доводять, що цей метод дозволяє ідентифікувати реальні навантаження та відстежувати кінематику розкриття тріщин без зупинки ротора.

Важливу роль у дистанційному контролі стану лопатей відіграють і лазерні методи вимірювання. Зокрема, застосування наземних лазерних сканерів (лідарів) дозволяє формувати детальні тривимірні хмари точок працюючого ротора з відстані у сотні метрів та достовірно визначати прогини лопатей у процесі обертання [11]. Іншим ефективним інструментом є лазерна доплерівська віброметрія, яка забезпечує дистанційне вимірювання швидкостей вібрації поверхні конструкції. Аналіз змін власних частот коливань дозволяє виявляти навіть незначні зміни жорсткості матеріалу, що можуть свідчити про початкові стадії деградації конструкції [12].

Паралельно з оптичними та лазерними технологіями активно розвиваються акустичні методи та системи комп’ютерного зору. Відомо, що процес росту тріщини у композитному матеріалі супроводжується вивільненням акустичної енергії. Це дозволяє використовувати масиви спрямованих мікрофонів для фіксації характерних сигналів та локалізації

джерела пошкодження [13]. Для періодичного огляду зовнішньої поверхні лопатей дедалі ширше застосовуються безпілотні літальні апарати. Отримані з їх допомогою зображення обробляються алгоритмами комп'ютерного зору та нейронними мережами, що дозволяє автоматично виявляти ерозію передньої кромки, тріщини або відшарування покриття.

Висновки:

1. Аналіз сучасних публікацій показує, що контактні методи вимірювання, зокрема тензорезисторні та оптоволоконні датчики, продовжують використовуватися для дослідження напружено-деформованого стану лопатей вітроустановок. Вони забезпечують високу точність локальних вимірювань і практично не залежать від умов зовнішнього середовища. Водночас необхідність монтажу датчиків на конструкції, складність обслуговування та обмежена зона вимірювання знижують ефективність їх застосування під час тривалої експлуатації турбін.

2. Розвиток безконтактних методів діагностики призвів до активного впровадження оптичних і лазерних технологій моніторингу. Методи цифрової кореляції зображень і лазерної віброметрії дозволяють отримувати інформацію про переміщення, деформації та коливання лопатей без втручання в конструкцію, що робить їх перспективними для дистанційного контролю технічного стану вітроенергетичних установок.

3. Значний прогрес спостерігається у сфері автоматизованої візуальної інспекції. Використання безпілотних літальних апаратів у поєднанні з алгоритмами комп'ютерного зору дозволяє оперативно виконувати огляд лопатей великого розміру та виявляти поверхневі дефекти без залучення складних висотних робіт.

4. Подальший розвиток систем моніторингу пов'язується з інтеграцією різних вимірювальних технологій у єдині інформаційні комплекси [14]. Поєднання експериментальних даних з цифровими моделями турбін відкриває можливість прогнозування технічного стану конструкції та оцінювання залишкового ресурсу лопатей у процесі експлуатації.

Посилання

1. Ding S., Yang C, Zhang S. Acoustic-Signal-Based Damage Detection of Wind Turbine Blades—A Review. Sensors. 2023. 23(11): 4987. https://doi.org/10.3390/s23114987.
2. Veers P., Dykes K., et al. Grand challenges in the science of wind energy. Science. 2019. 366: 6464. https://doi.org/10.1126/science.aau2027.
3. Benzon H.-H., Mielke A., et al. Acoustic emission data analytics on delamination growth in a wind turbine blade under full-scale cyclic testing. Measurement. 2025. 242: 115822. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.115822.
4. Bejger A., Drzewieniecki J., Bartoszko P., Frank E. The Use of Coherence Functions of Acoustic Emission Signals as a Method for Diagnosing Wind

Turbine Blades. Energies. 2023. 16(22): 7474. https://doi.org/10.3390/en16227474.
5. Yang C., Ding S., Zhou G. Wind turbine blade damage detection based on acoustic signals. Scientific Reports. 2025. 15: 3930. https://doi.org/10.1038/s41598-025-88276-x.
6. Guan X., Mu Q., Yin X., Wang Y. Characterization and Prediction of Wind Turbine Blade Damage Based on Fiber Grating Sensor. EAI Endorsed Transactions on Energy Web. 2024. 11: 5752. https://doi.org/10.4108/ew.5752.
7. Xue Y., Li Y., Fan X., Xie B. Consistency Monitoring of Wind Turbine Blade Loads Based on MEMS Optical Fiber Sensing. EAI Endorsed Transactions on Energy Web. 2025. 12: 9387. https://doi.org/10.4108/ew.9387.
8. Gu J., Liu G., Li M. Damage Detection for Rotating Blades Using Digital Image Correlation with an AC-SURF Matching Algorithm. Sensors. 2022. 22(21): 8110. https://doi.org/10.3390/s22218110.
9. Feng W., Yang D., Du W., Li Q. In Situ Structural Health Monitoring of Full-Scale Wind Turbine Blades in Operation Based on Stereo Digital Image Correlation. Sustainability. 2023. 15(18): 13783. https://doi.org/10.3390/su151813783.
10. Ha K., Kang M., Kwon D., Hwang S., Yoo C. Application of 3D Digital Image Correlation Technique to Measurement of Wind Blade Properties from Coupon Test and Small-Sized-Blade Frequency Test. Energies. 2024. 17(4): 909. https://doi.org/10.3390/en17040909.
11. Liao Y., Wang L., Yan Y. Vibration measurement of wind turbine blades through image analysis of Moiré pattern. Measurement: Sensors. 2025. 38: 101718. https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101718.
12. Zabihi A., Aghdasi F., Ellouzi C., Singh N. K., Jha R., Shen C. Non-Contact Wind Turbine Blade Crack Detection Using Laser Doppler Vibrometers. Energies. 2024. 17(9): 2165. https://doi.org/10.3390/en17092165
13. Zhang Y. et al. Acoustic emission-based wind turbine blade icing monitoring using deep learning technology. Renewable Energy. 2025. 247: 122980. https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.122980.
14. Zaniboni G., Dallabona A., Nielsen J., Papageorgiou D. Condition monitoring of wind turbine blades via learning-based methods. EESS. 2024. 2406:19773. https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.19773

АДАПТАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ОЦІНКИ ЧИТАБЕЛЬНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ТЕКСТІВ НА ОСНОВІ ПРЕДМЕТНО-ОРІЄНТОВАНИХ ЛЕКСИКОНІВ

Аспірант Д.В. Богуцький
Керівник – доц., канд. техн. наук І.В. Клименко
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна
Керівник – доц., канд. техн. наук О.В. Горбова
Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"
м. Дніпро, Україна

Якість прикладних інтерфейсів (API) визначає успіх інтеграції будь-якого сучасного програмного рішення, точніше – якість супровідної документації. Навіть найдосконаліша архітектура чи оптимізований код втрачають цінність, якщо сторонній розробник стикається із заплутаним описом. Наслідки очевидні. Значно збільшується час першої взаємодії, непропорційно зростають витрати на технічну підтримку. Саме тому об'єктивний аудит таких текстів давно вийшов за межі простої редактури. Нині це складний інженерний виклик.

Для вимірювання, за класичним сценарієм, когнітивного навантаження, виконується наступний сценарій: беруть класичні метрики читабельності – тест Флеша-Кінкейда чи індекс туманності Ганнінга (Gunning Fog) [1]. І одразу стикаються із системним парадоксом, так як зазначені алгоритми розроблялися переважно для художньої або загальноосвітньої літератури, не враховуючи контекст. Логіка таких метрик жорстко прив'язана до підрахунку багатоскладових слів, що у технічній сфері дає серйозний збій. Аналізуючи інженерну документацію, формули починають штучно занижувати оцінку за абсолютно стандартні галузеві терміни. Лексеми на кшталт «authentication», «asynchronous» або «repository» система визначає як надскладні, а фаховий професійний матеріал отримує ярлик "нечитабельного" виключно через наявність необхідної термінології.

Сучасні рішення та інструменти можуть допомогти у вирішені такої проблеми – наприклад, можна залучити для вирішення великі мовні моделі (LLM). Залучення штучного інтелекту для аудиту текстів зараз стрімко набуває популярності [2]. Експерти зазначають, що ШІ краще вловлює контекст, компенсуючи недоліки сухої статистики. Проте покладатися виключно на нейромережі створює значні ризики. Їхні оцінки фундаментально недетерміновані – аналіз одного і того самого фрагменту кілька разів може створити різні висновки – що означає, що результат кінцевий може відрізнятися. Враховуємо також схильність до "галюцинацій" у вузьких архітектурних питаннях та загальну непрозорість логіки. Такий набір проблем не дає фахівцю коректного результату, так як відстежити це розробнику стає практично неможливим. У процесах забезпечення якості ключовими є точність та відтворюваність результату. Саме тому прозорі

математичні алгоритми залишаються значно надійнішими. Інженеру потрібен чіткий, аргументований показник. Абстрактні генеративні відповіді тут не працюють.

Реальне розв'язання цієї проблеми, за нашою думкою, полягає в цільовій адаптації метрик до специфіки IT-галузі. Ключова ідея є інтеграція в процес розрахунку індексів предметно-орієнтовані лексикони. Це передбачає додавання "базового словника розробника". Завдяки попередній селективній фільтрації термінології алгоритм "навчається" ігнорувати звичний для фахівців базис, фокус зміщується на реальні перешкоди: заплутаність та довжину синтаксичних конструкцій. Запропонований підхід формує адекватний інструмент для автоматизованого аудиту документації.

Вирішенням проблеми став запропонований метод адаптивного лексичного аналізу. В основі лежить концепція у ведені технічного словника – це такий "білий список" (whitelist) лексем, що де-факто є комунікативним стандартом для IT-індустрії. Формування відбувалось суто емпіричним шляхом, в першій ітерації: проведення аналізу частотність використання термінів у масивах реальної документації провідних платформ – зокрема GitHub, MDN та AWS Docs. Практична реалізація алгоритму зводиться до кількох послідовних кроків. На старті вхідний текстовий масив розбивається на окремі слова-токени, приводиться до нижнього регістру та нормалізується. Це стандартна лінгвістична підготовка, після чого – запускається ключовий етап аналізу – селективною переоцінкою складності.

Традиційна формула, натрапивши на слово з чотирьох чи п'яти складів, автоматично маркує його як когнітивну перешкоду. Запропонований алгоритм працює інакше: він зупиняється і звіряє знайдену лексему з базовим словником. Якщо є збіг, алгоритм повністю виключає це слово з підрахунку змінної складності, термін більше не обтяжує фінальний індекс, попри свою об'єктивну лінгвістичну довжину. Якщо ж лексема у словнику відсутня, застосовуються класичні правила підрахунку складів [3].

Принциповою перевагою такого підходу є збереження математичної моделі. Класичні формули Gunning Fog або Flesch-Kincaid залишаються незмінними, так як змінюються лише дані, які вони отримують на вхід. Завдяки попередній селекції фокус автоматизованого аудиту кардинально зміщується: система перестає штрафувати авторів за використання необхідного фахового вокабуляру, починає реагувати на те, що дійсно заважає сприйняттю: роздуті речення, перевантажений синтаксис та заплутану логіку викладу матеріалу.

В рамках експериментальної апробації запропонованого методу, було проведено порівняльний експеримент. Об'єктом дослідження стала офіційна документація популярного PHP-фреймворку Laravel (зокрема, розділ «Architecture Concepts») [4]. Вибір об'єкта не був випадковим – спільнота розробників традиційно визнає цю документацію своєрідним еталоном якості та структурування. Механіка тестування була відносно простою: ми взяли один і той самий фрагмент тексту і проаналізували його через два різні

алгоритми. Спочатку застосували класичну формулу індексу туманності Ганнінга (Gunning Fog). Потім – нашу адаптовану версію із включеним лексичним фільтром "базового словника". Отримані результати можна побачити у Таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння результатів розрахунку Gunning Fog Index

Метод розрахунку	Значення індексу (GFI)
Класичний алгоритм	15.45
Адаптований алгоритм	13.07

Класична математика видала показник 15.45. Формально це означає, що перед нами текст рівня складної наукової монографії, який терміново потребує спрощення. Стандартний алгоритм просто нарахував величезні штрафи за слова на кшталт «application», «database», «environment» чи «configuration», що технічного фахівця не є складною термінологією. Щойно ми застосували адаптивний фільтр, індекс впав до 13.07. Оцінка знизилася більш ніж на 15%.

Висновки:

1. Експериментально підтверджено неефективність прямого застосування класичних метрик читабельності (зокрема, Gunning Fog) до технічної документації програмних інтерфейсів. Стандартні алгоритми генерують систематичну похибку, штучно завищуючи показники складності через хибну ідентифікацію необхідної багатоскладової IT-термінології як когнітивного бар'єру.
2. Запропонований метод адаптивного лексичного аналізу, в основі якого лежить селективна фільтрація термінологічного апарату за допомогою базового словника розробника, що дозволяє виключити предметно-орієнтовані лексеми з розрахункової категорії складних лексем.
3. Практична апробація методу на базі офіційної документації фреймворку Laravel довела його дієвість. Отриманий скоригований показник об'єктивно відображає реальну синтаксичну складність викладу, що робить даний метод ефективним інструментом для автоматизованого аудиту API-документації без хибних спрацьовувань.

Посилання

1. Gunning R. The Technique of Clear Writing / R. Gunning. – New York : McGraw-Hill, 1952. – 289 p.
2. Alsudais A. Exploring the Change in Scientific Readability Following the Release of ChatGPT / A. Alsudais // Journal of Informetrics. – 2025. – Vol. 19, № 2. – Режим доступу: https://doi.org/10.1016/j.joi.2025.101679
3. Богуцький Д. В. Програмний інструмент для оцінки якості документації API / Д. В. Богуцький // GitHub : [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://github.com/danilBohutskiy/phd_formula
4. Laravel Documentation. Architecture Concepts // Laravel : [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://laravel.com/docs/11.x/lifecycle

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ДИЗАЙНІ ТЕКСТИЛЬНОГО ВЗУТТЯ

Д.т.н., проф. Г.А. Бойко
Херсонський національний технічний університет
м. Хмельницький, Україна
Д.т.н., проф. Т.М. Головенко
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна
Студент Є.В. Бойко
Відокремлений структурний підрозділ "Економіко-технологічний фаховий коледж Херсонського національного технічного університету", м. Хмельницький, Україна

У сучасних умовах розвитку легкої промисловості та індустрії моди спостерігається активне впровадження інформаційних і цифрових технологій у процеси проєктування та створення нових виробів. Використання графічних редакторів, систем автоматизованого проєктування та інших digital-інструментів значно розширює можливості дизайнерів щодо формування інноваційного асортименту продукції, скорочення витрат часу на розробку моделей та підвищення їхньої візуальної привабливості. Особливої актуальності набуває поєднання сучасних цифрових технологій із традиційними елементами національної культури, зокрема використанням етнічних мотивів у дизайні виробів легкої промисловості.

Збереження та популяризація культурної спадщини України через сучасні дизайнерські рішення сприяє формуванню унікального стилю вітчизняної модної індустрії та підвищує конкурентоспроможність продукції на внутрішньому і міжнародному ринках. У цьому контексті важливим напрямом є застосування комп'ютерних технологій для створення нових моделей текстильного взуття з національними мотивами, що поєднують традиційні орнаментальні елементи з сучасними тенденціями дизайну.

Метою роботи є дослідження можливостей використання цифрових інструментів проєктування у процесі створення сучасного асортименту етновзуття з використанням регіональних мотивів української вишивки [1].

Використання графічних редакторів та систем автоматизованого проєктування, а саме растрових графічних редакторів, наприклад: Adobe Photoshop, CorelDRAW, ArtRage, Adobe Illustrator, Easy Paint Tool Sai 2, тощо, дозволяє значно підвищити ефективність розробки моделей взуття, скоротити час на створення ескізів, оптимізувати конструкцію виробів та покращити їх естетичні характеристики [2-3]. Особливо актуальним є застосування цифрових технологій у процесі розробки дизайну сучасного текстильного взуття, що поєднує функціональність, екологічність та естетичну привабливість.

З метою створення сучасних взуттєвих виробів із використанням конопляної сировини для тканини верху та їх оздоблення декоративною

національною вишивкою було розроблено дизайн моделей спортивного текстильного взуття з урахуванням сучасних тенденцій індустрії моди та елементів української етнічної стилістики.

Проєктування та дизайн спортивного взуття (кросівок) проводили за допомогою графічного редактора Paint Tool SAI 2. Дана програма є ефективним інструментом для створення цифрових ескізів виробів, що дозволяє працювати з кольорами, формами та деталями конструкції взуття. За допомогою програмного забезпечення можна виконувати редагування розмірів окремих елементів, деталізувати конструкційні особливості виробу, а також створювати реалістичні зображення майбутніх моделей. Застосування даного програмного продукту забезпечує можливість швидкої візуалізації дизайнерських ідей та створення варіантів кольорових рішень текстильного взуття. Приклад створення графічного дизайну кросівок за допомогою програми Paint Tool SAI 2 представлено на рис. 1.

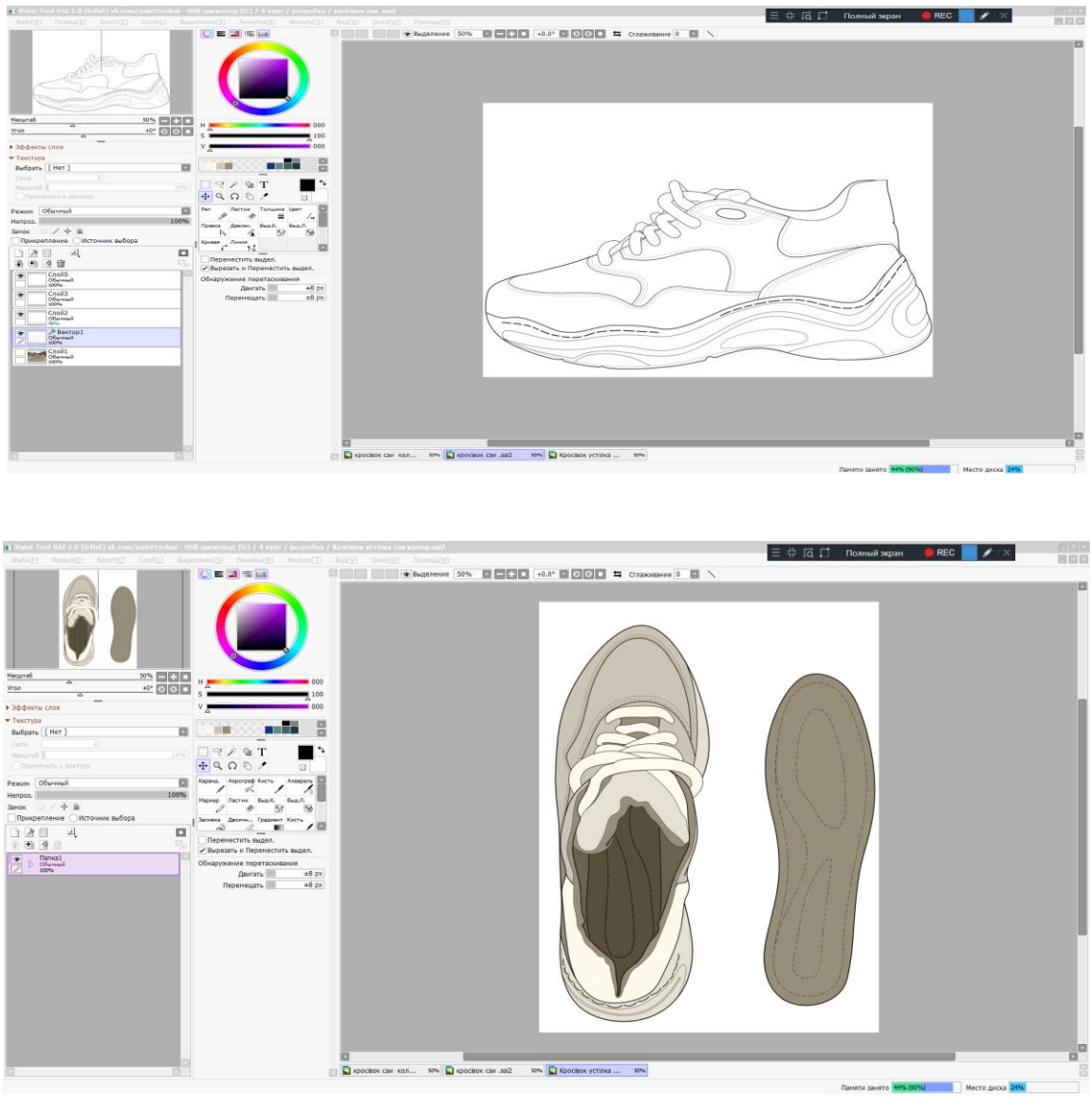


Рисунок 1 – Графічний дизайн текстильного взуття за допомогою програми Paint Tool SAI 2

На основі розробленого графічного дизайну було виготовлено дослідні зразки текстильного взуття. Розроблене взуття має текстильний верх та підошву, яка прикріплена до основи стандартною методикою прошивання без застосування клею. Такий спосіб з'єднання елементів конструкції сприяє підвищенню екологічності виробу та покращенню його експлуатаційних властивостей.

Конструкція розробленого спортивного взуття включає текстильний верх, шнурівки, виготовлені зі 100 % конопляного волокна, устілку з коноплебавовняної тканини зі співвідношенням волокон 50/50, а також гумову підошву, яка прикріплюється до основи прошивним методом без використання клею. Використання натуральних матеріалів, зокрема конопляного волокна, забезпечує екологічність, повітропроникність та комфорт під час експлуатації виробу. Основні складові розробленого текстильного взуття представлено на рис. 2.

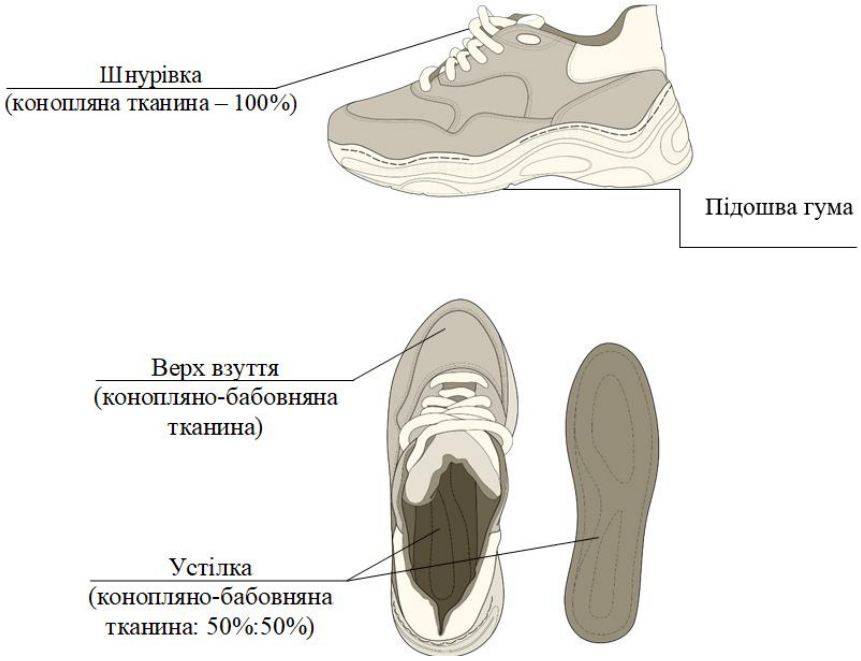


Рисунок 2 – Складові розробленого текстильного взуття

Окремим етапом дослідження стало розроблення декоративного оздоблення виробів із використанням елементів національної вишивки. Проєкт декоративної вишивки з характерними для різних регіонів України орнаментальними мотивами розроблявся за допомогою програмного забезпечення AutoCAD, що є системою автоматизованого проєктування та креслення для створення дво- та тривимірних моделей. Використання даного програмного продукту дозволяє створювати точні графічні моделі орнаментів, здійснювати їх масштабування та адаптацію до конструктивних елементів виробу.

Розроблена колекція текстильного взуття з декоративною національною вишивкою розглядається як додатковий елемент до створеної науковцями

Луцького національного технічного університету етноколекції жіночого одягу «UKRAINA – YEDYNA!», яка відображає регіональні особливості традиційного українського вбрання. Поєднання сучасного спортивного взуття з елементами традиційної української вишивки сприяє популяризації національної культурної спадщини та формуванню сучасного етнодизайну в індустрії моди. Ескіз декоративної вишивки, приклад її розміщення на взутті та поєднання з колекцією одягу «UKRAINA – YEDYNA!» наведено на рис. 3.

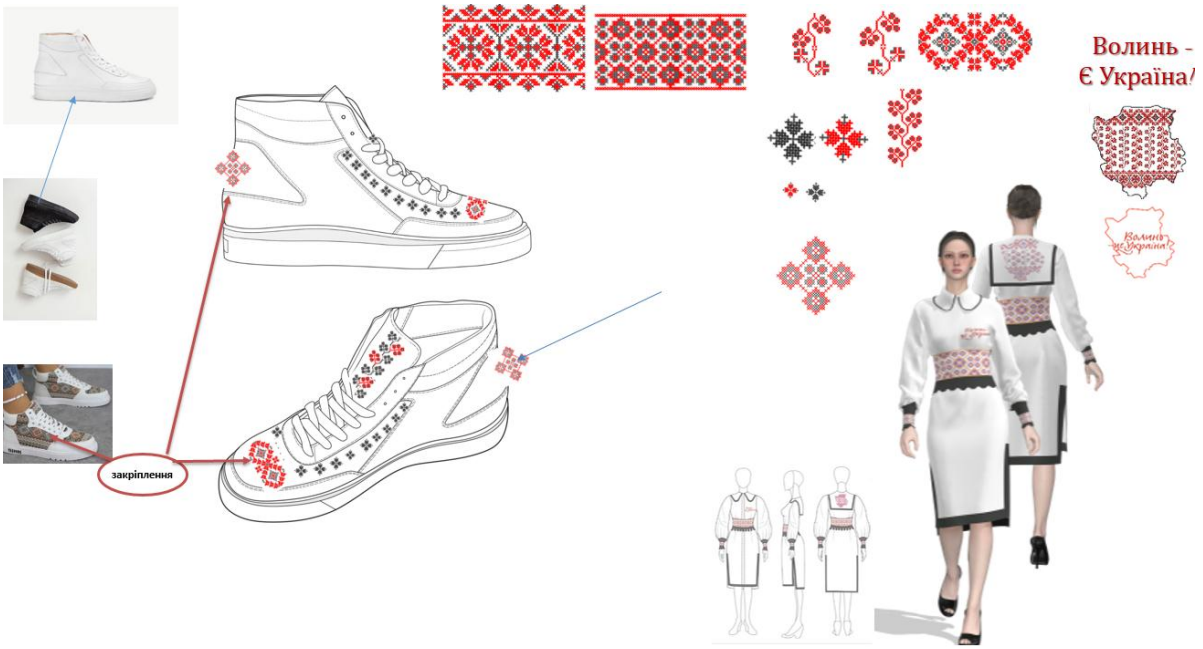


Рисунок 3 – Ескіз декоративної вишивки, приклад її розміщення на взутті та підбір її під колекцію одягу «UKRAINA - YEDYNA!».

Отже, результати проведених досліджень підтверджують ефективність використання комп'ютерних технологій у процесі проєктування дизайну текстильного спортивного взуття. Застосування графічних редакторів та систем автоматизованого проєктування дозволяє оптимізувати процес розробки нових моделей, забезпечити точність конструкторських рішень та створити інноваційні дизайнерські продукти, що поєднують сучасні тенденції моди, екологічність матеріалів та елементи національної культурної спадщини.

Висновки:

1. У результаті проведеного дослідження встановлено, що застосування сучасних інформаційних та цифрових технологій у процесі проєктування виробів легкої промисловості є ефективним інструментом створення інноваційного асортименту продукції індустрії моди. Використання графічних редакторів і систем автоматизованого проєктування дозволяє значно оптимізувати процес розробки моделей взуття, підвищити точність конструкторських рішень та скоротити час створення дизайнерських ескізів.

2. Розроблено дизайн моделей спортивного текстильного взуття з використанням графічного редактора Paint Tool SAI 2, що забезпечило можливість візуалізації конструктивних елементів виробу, підбору кольорових рішень та деталізації окремих складових моделі. На основі створених цифрових ескізів було виготовлено дослідні зразки текстильного взуття, що підтвердило практичну ефективність використання комп'ютерних технологій на етапі дизайнерського проєктування.

3. Встановлено доцільність використання натуральної сировини, зокрема конопляного волокна, для виготовлення елементів конструкції взуття (шнурівок, устілок, текстильного верху), що забезпечує екологічність, повітропроникність та комфортність експлуатації виробів.

4. Розроблено декоративне оздоблення моделей взуття із застосуванням елементів традиційної української вишивки, спроєктованих у середовищі AutoCAD, що дозволило адаптувати орнаментальні мотиви до конструктивних особливостей виробів. Поєднання сучасного дизайну спортивного взуття з національними декоративними елементами сприяє популяризації культурної спадщини України та формуванню сучасного етнодизайну.

5. Отримані результати підтверджують перспективність інтеграції комп'ютерних технологій і традиційних декоративних мотивів у процесі створення сучасного асортименту текстильного взуття, що може сприяти підвищенню конкурентоспроможності продукції легкої промисловості на вітчизняному та міжнародному ринках.

Посилання

1. Бойко Г. А., Головенко Т. М., Остапчук О. В., Гич О. А. Можливості використання луб'яної сировини в інноваційних текстильних товарах. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. 2024, Том 40, С.33-39, DOI: https://doi.org/10.32782/2522-1221-2024-40-05
2. Baek, E., Haines, S., Fares, O., Huang, Z., Hong, Y., & Hwan, S. Defining digital fashion: Reshaping the field via a systematic review. Computers in Human Behavior, 2022, 137, 107407. https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107407
3. Головенко Т., Бойко Г., Лисюк О., Шостакевич І. Розробка колекції текстильного етно взуття з використанням цифрових технологій. Міжнародна науково практична конференція «Цифрова трансформація: виклики та стратегії», (25 лютого 2025 р.), м. Луцьк: ЛНТУ, С.9-12. https://dtcs.lntu.edu.ua/

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ФРЕЙМВОРКІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО API-ТЕСТУВАННЯ ВЕБ-ДОДАТКІВ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ВІДКРИТИХ ДАНИХ

Студентка П.Є. Бондаренко
Керівник к.е.н., доцент І.В. Клименко
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Актуальність проблеми. Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується тотальною інтеграцією веб-додатків із зовнішніми сервісами та відкритими даними (Open Data). Архітектура сучасних інформаційних систем все частіше будується за принципом взаємодії між незалежними клієнтськими застосунками та розподіленими серверами через Application Programming Interface (API). Забезпечення стабільності та надійності такої взаємодії стає критичним аспектом розробки програмного забезпечення.

Помилки на рівні API можуть призводити до повного виходу з ладу як всього веб-додатку так і спотворення даних, набуття кінцевим користувачем негативного досвіду. До того ж, використання відкритих публічних API створює додаткові ризики, пов'язані з нестабільністю формату відповідей, обмеженням швидкості доступу (rate limiting) та затримками мережі. У цьому контексті автоматизація тестування API відіграє ключову роль у забезпеченні якості (Quality Assurance) та є невід'ємною частиною процесів безперервної інтеграції та розгортання (CI/CD).

Сучасні платформи та інструменти автоматизованого тестування дозволяють легко та зручно інтегрувати етапи тестування у пайплайни (GitHub Actions, GitLab CI тощо) при будь яких змінах в проєкті чи програному коді.

Метою дослідження є аналіз сучасних інструментів автоматизованого API-тестування для веб-додатків та їх практичне застосування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням автоматизації тестування присвячено багато сучасних досліджень [2,3]. Класичні підходи до тестування API традиційно реалізовувались за допомогою інструментів візуального тестування (наприклад, Postman) або спеціалізованих бібліотек всередині мов програмування (наприклад, Axios + Jest для екосистеми JavaScript) [2,3]. Однак, як зазначено в офіційній документації Playwright [1] та роботах з автоматизації тестування [5], останнім часом спостерігається зсув у бік використання комплексних E2E (End-to-End) фреймворків, які здатні провадити всі необхідні типи тестування – від тестування користувацького інтерфейсу (UI) до модульного чи інтеграційного тестування [1,3,5].

На сьогоднішній день, все більшої популярності Playwright – сучасний фреймворк [1,3,5], який має вбудовану та оптимізовану підтримку

ізольованого API-тестування (через APIRequestContext). На відміну від класичних інструментів, такі фреймворки одразу містять засоби паралельного виконання тестів, генерації HTML-звітів і тісної інтеграції з CI/CD-середовищами.

Виклад основного матеріалу. Для проведення практичного дослідження було обрано систему каталогізації бібліотечного фонду – клієнтський веб-додаток (Single Page Application), що взаємодіє з публічним API відкритої електронної бібліотеки OpenLibrary [4]. Архітектура додатку передбачає відправку асинхронних HTTP-запитів до API OpenLibrary (зокрема, до ендпоінту /search.json) для отримання масивів даних про книги, їх авторів та метадані [4].

Запропоновано підхід до валідації інтеграції з публічним API на основі комбінованих тестів. Було розроблено набір автоматизованих скриптів з використанням фреймворку Playwright, що охоплюють наступні сценарії:

1. Контрактне тестування (Contract Testing) – перевірка того, що структура JSON-відповіді від сервера суворо відповідає очікуваній схемі, яку потребує клієнтський додаток (наявність поля num_found, масиву docs, а також атрибутів title, key тощо всередині об'єктів).
2. Тестування логіки параметрів – перевірка коректності роботи механізмів пагінації сторінок (зміна результатів при зміні параметрів offset та limit).
3. Негативне тестування та граничні стани (Edge cases) – валідація поведінки системи при відправці пустих запитів та обробка нетипових відповідей API (наприклад, службові текстові повідомлення або частково пошкоджений JSON замість очікуваного структурованого об’єкта).
4. Попередня оцінка продуктивності (Performance check) – вимірювання середнього часу відгуку сервера (Response Time) при типових пошукових запитах.

Результати дослідження. Прогін створеного набору тестів за допомогою Playwright продемонстрував 100% успішність (5 із 5 тестів). Згідно з HTML-звітом фреймворку, загальний час виконання всіх сценаріїв при запуску у п’ятьох паралельних воркерах склав близько 4,4 с. При цьому окремі тести (перевірка структури сутності книги та негативні запити) виконувалися в середньому за 0,6– 0,7 с, а сценарій пагінації — приблизно за 3,1 с.

Таким чином, час відповіді OpenLibrary Search API для типових запитів (пошук, перевірка структури) знаходиться в межах, прийнятних для інтерактивних веб-додатків (менше однієї секунди для основної частини операцій), а більш тривалі сценарії пов’язані виключно з необхідністю виконання кількох послідовних запитів.

В окремих випадках при нетипових пошукових запитах можуть виникати відповіді сервера з некоректним форматуванням або частково невалідним JSON. Завдяки створеним автотестам, подібні ситуації вдається виявити на ранньому етапі розробки. Це дозволило додати обробку виключень під час розбору відповіді (JSON.parse()) та запобігти критичним

збоям інтерфейсу. Подібні ситуації є типовими для інтеграцій з відкритими сервісами, де розробник не має повного контролю над еволюцією API, тому наявність автоматизованих тестів стає критичною для раннього виявлення таких змін.

Висновки. Впровадження автоматизованого API-тестування дозволило суттєво підвищити надійність веб-додатку каталогізації бібліотечного фонду. Використання фреймворку Playwright для написання автоматизованих тестів дозволило покращити роботу веб-додатку та мінімізувати ризики, пов’язані з «проникненням» помилок в завершальних стадіях розробки. Playwright забезпечує високу швидкість прогону тестів за рахунок паралелізації, надає вичерпну інформацію для формування звітів.

Комбінований підхід до тестування (перевірка контрактів, граничних станів та продуктивності) є оптимальним вибором при роботі з відкритими даними. Запропонований підхід може бути повторно використаний для тестування інших веб-додатків, що працюють з публічними API, завдяки універсальності описаних шаблонів тестів та можливості їхнього розширення.

Розроблені автотести можуть бути адаптовані під час майбутніх змін як на стороні клієнтського коду, так і при потенційних оновленнях API OpenLibrary, що забезпечує довгострокову підтримку автоматизації тестування вцілому.

Посилання

1. Automated API Testing Using Playwright. [Електронний ресурс] // Playwright Documentation. – Режим доступу: https://playwright.dev/docs/test-api-testing
2. Richardson C. Microservices Patterns: With examples in Java / Chris Richardson. – Manning Publications, 2018. – 520 p.
3. Очеретяний В. В., Коваленко О. О. Ефективні підходи до автоматизації тестування програмного забезпечення / В. В. Очеретяний, О. О. Коваленко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2021.
4. The Open Library Search API. [Електронний ресурс] // Open Library Documentation. – Режим доступу: https://openlibrary.org/dev/docs/api/search
5. Playwright API Testing: Detailed guide with examples. [Електронний ресурс] // testomat.io Blog. – Режим доступу: https://testomat.io/blog/playwright-api-testing-comprehensive-guide-with-examples/

ІГРОВА ІНДУСТРІЯ (GAMEDEV) ЯК ОДИН ІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ У СФЕРІ ІТ

Студент В.М. Борисов, студентка К.О. Пудова, студент Д.В. Рудь
Керівник - викладач Н.Б. Шаргородська
ВСП «Вінницький фаховий коледж НУХТ», м. Вінниця, Україна

Індустрія розробки відеоігор (gamedev) сьогодні є не просто частиною ІТ-сектору, а потужною глобальною екосистемою, що об'єднує технології, творчість і бізнес. Вона стрімко розвивається, генерує мільярдні доходи та створює тисячі робочих місць у всьому світі. Для України gamedev також став важливим напрямом цифрової економіки, який демонструє стійкість навіть у складних умовах.

Сучасна ігрова індустрія випереджає за прибутковістю багато традиційних сфер розваг, зокрема кіно та музику. Такі компанії, як Sony Interactive Entertainment, Microsoft та Nintendo, формують глобальні тренди, інвестують у нові технології та розвивають власні екосистеми. Популярність кіберспорту, мобільних ігор, VR/AR-рішень і хмарного геймінгу лише посилює позиції галузі. Ігри стали частиною повсякденного життя мільйонів людей — незалежно від віку чи країни проживання.

Україна має потужний кадровий потенціал у сфері ІТ, і це безпосередньо впливає на розвиток геймдеву. Українські студії створюють проєкти світового рівня та співпрацюють із міжнародними партнерами.

Серед найвідоміших прикладів:

- GSC Game World - розробник культової серії S.T.A.L.K.E.R;
- 4A Games - студія, відома серією Metro;
- Plarium - міжнародна компанія з українським корінням, що спеціалізується на мобільних іграх.

Навіть в умовах війни українські розробники продовжують працювати, релокуються, створюють нові проєкти та підтримують економіку країни.

Особливість геймдеву - це те, що такі компанії займаються тільки іграми й все, але існує думка, що це дуже легко. Найчастіше, щоб зробити гру, яка змусить ринок вибухнути й завоює серця, треба пройти стежку невдач с 99 іграми, щоб на 100-й раз тобі посміхнулася удача і щоб ти зробив ту саму гру. Тому що гра - це мільярд гіпотез, про які ти знаєш на старті розробки, та ще 100 мільярдів факторів, про які ти дізнаєшся, коли зробиш реліз продукту, або не дізнаєшся зовсім.

Фахівці з галузі GameDev - дуже креативні, це дорослі, які прагнуть реалізувати свої дитячі фантазії та мрії. Всі, хто працює в GameDev, зазвичай люблять грати в ігри, для них це не просто робота, це частина життя.

Перерахуємо переваги геймдев серед інших напрямів:

- високий попит на спеціалістів;
- широкий спектр можливостей для працевлаштування;

− поєднання технологій і творчості, на відміну від багатьох інших IT-напрямів, розробка ігор дозволяє реалізувати креативний потенціал поряд із технічними навичками;

− вихід на глобальний ринок, інакше кажучи ігри не мають кордонів, Українська студія може створити продукт, який стане популярним у США, Європі чи Азії;

− інноваційність, тобто Gamedev активно впроваджує штучний інтелект, доповнену реальність, блокчейн-технології та хмарні рішення.

Визначимо, які ж hard skills насамперед потрібні розробнику ігор:

– фундаментальні знання математики, фізики, геометрії, адже для створення ігор потрібно розуміти, як візуалізувати об’єкт і розташувати його в просторі;

– обов’язкове володіння однією з мов програмування, яка буде збігатися з движком створення гри;

– уміння писати чистий, зрозумілий і структурований код, який буде працювати в додатку, потрібно також розуміти базові підходи алгоритмізації, адже доведеться обробляти великі обсяги даних;

– розуміння особливостей платформи, для якої призначений проєкт;

– постійне комплексне навчання, чим більше ти знаєш і можеш показати - тим краще. Буває, що розробники вибирають для себе одну спеціалізацію. Це можна порівняти з медициною: є хірург, стоматолог, педіатр тощо. Але, так само як і в медицині, дуже важливо мати бодай базові знання всіх аспектів, щоб розуміти, як працює система загалом.

Також визначимо і soft skills для фахівців з галузі GameDev:

– вміння правильно доносити свої думки і вчитися розуміти людей, адже який сенс у геніальній ідеї, якщо її ніхто не зрозуміє, тому прокачувати навички комунікації потрібно завжди;

– бажання розвиватися і бути в курсі актуальних технологій і трендів у gamedev, це завжди позитивно впливає на продуктивність і технічну кваліфікацію розробника;

– вміння організовувати свій робочий процес і взаємодіяти з командою, тоді є можливість створити власну екосистему розробки і можливість працювати максимально ефективно.

Перерахуємо посади, які можна обіймати у GameDev:

– розробник відеоігор;
– автор (сценарист) відеоігор;
– дизайнер рівнів;
– дизайнер персонажів;
– ігровий програміст;
– дизайнер руху;
– тестувальник відеоігор.

Ключові переваги роботи в GameDev-індустрії, які називають фахівці: різноманітність проєктів, завдань, а також відчуття особистого впливу на кінцевий результат, свобода креативу, гідна зарплатня.

Недоліками можна назвати велике навантаження і відповідальність за результат. Втім професія дає змогу реалізуватися людям з різними здібностями. Якщо комусь притаманний технічний склад розуму, можна концентруватися на роботі з аналітикою, економікою гри, балансом. Якщо ж це творча людина, можна дивитися в бік вузької спеціалізації й обрати Level design чи наративний.

Переваги – можна грати ігри на роботі, недоліки – грати в ігри це робота.

Game development пропонує чудові перспективи, це одна із найстрімкіших галузей, де бракує кваліфікованих працівників, тому навчившись один раз, можна гарантувати собі успішну кар'єру. Проте передбачити, що буде відбуватись в галузі через кілька років досить складно – розвиток настільки швидкий, що геймрозробник не може з точною впевненістю сказати, де саме опиниться, проте завжди знає, що ця робота йому буде подобатись. Отже, ідеальною таку професію можливо назвати для тих, хто хоче і вміє створювати нову ігрову реальність, а не лише бути присутнім у ній у ролі гравця, хоча відповідний досвід звичайно необхідний.

Висновки. Gamedev-індустрія є одним із найдинамічніших та найперспективніших напрямів у сфері IT. Вона поєднує технології майбутнього, креативність і глобальні можливості. Для України це не лише шанс зміцнити позиції на світовому цифровому ринку, а й можливість формувати власний культурний продукт, який буде впізнаваним у всьому світі. Розвиток геймдеву - це інвестиція не лише в економіку, а й у творчий та інтелектуальний потенціал країни.

Посилання

1. Українська асоціація ігрової індустрії. Аналітичний звіт про стан українського геймдеву. – Київ, 2023. – 45 с.
2. IT Ukraine Association. Дослідження IT-індустрії України 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://itukraine.org.ua
3. Міністерство цифрової трансформації України. Розвиток IT-сектору в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://thedigital.gov.ua
4. DOU.ua. Огляд ринку геймдеву в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dou.ua

ТЕХНІКО-КРИМІНАЛІСТИЧНІ АСПЕКТИ ТА РОЛЬ ВИКЛАДАЧА ІНФОРМАТИКИ У ПРОЦЕСІ ФІКСАЦІЇ ПРАВОПОРУШЕНЬ ПРОТИ ДІТЕЙ У ЦИФРОВОМУ ПРОСТОРІ

Викладач І категорії Т.В. Брошеван, викладач І категорії Р.А. Голик, викладач вищої кваліфікаційної категорії А.О. Морович, методист Я.М. Смоляр
Відокремлений структурований підрозділ «Бобринецький аграрний фаховий коледж ім.В.Порика Білоцерківського національного університету», м. Бобринець, Кіровоградська обл., Україна

Специфіка роботи викладача інформатики в аграрному коледжі передбачає не лише навчання цифровим навичкам, а й забезпечення безпечного функціонування локальних мереж та моніторинг діяльності здобувачів освіти під час практичних занять. У сучасному світі, де правопорушення відносно дітей та підлітків все частіше переходять у площину кіберпростору, педагог стає важливою ланкою у ланцюжку виявлення та первинної фіксації протиправних дій. Важливо розуміти, що правопорушення в мережі «Інтернет» мають свою специфічну юридичну природу, визначену законодавством, зокрема щодо несанкціонованого втручання в роботу інформаційних систем, де цифровий доказ є надзвичайно волатильним і може бути знищений за лічені секунди [1]. Для викладача інформатики критично важливо володіти алгоритмами дій, які дозволять правоохоронним органам у майбутньому ефективно розкрити злочин, чи то йдеться про кібербулінг, грумінг або розповсюдження забороненого контенту.

Процес виявлення правопорушення часто починається з аналізу нетипової поведінки здобувача освіти в мережі або виявлення підозрілих файлів на локальних накопичувачах. Викладач має звертати увагу на використання проксі-серверів, анонімайзерів або специфічних месенджерів, які не передбачені навчальною програмою. Соціально-педагогічний вимір цієї проблеми полягає у довірливому спілкуванні, проте технічний вимір вимагає знань про основи цифрової форензики, зокрема збереження лог-файлів, кешу браузерів та історії мережевих з’єднань [2]. Первинна фіксація має відбуватися без втручання в структуру даних, щоб не порушити цілісність доказів. Наприклад, створення скриншотів із чітким відображенням URL-адреси, дати та часу, а також збереження вихідного коду сторінки є тими базовими кроками, які може здійснити викладач до приїзду фахівців із кіберполіції.

Особливості розкриття таких злочинів у середовищі аграрного коледжу також пов'язані з використанням студентами специфічних мобільних пристроїв та засобів IoT, які часто мають слабкий захист. Викладач інформатики може виступати консультантом для правоохоронців, пояснюючи архітектуру внутрішньої мережі закладу та надаючи доступ до серверних журналів згідно з встановленими регламентами взаємодії [3]. Взаємодія освітян та правоохоронних органів має базуватися на чіткому алгоритмі, де педагог не бере на себе роль слідчого, але забезпечує «консервацію»

цифрової сцени злочину. Це включає заборону на перезавантаження комп'ютерів, зміну паролів або видалення підозрілих акаунтів до моменту офіційного вилучення інформації.

Розвиток кіберграмотності педагогічної спільноти у 2026 році вимагає глибокого розуміння методів соціальної інженерії, які злочинці використовують для маніпуляції свідомістю неповнолітніх [2]. Викладач інформатики в аграрному коледжі має інтегрувати у свої заняття теми щодо цифрової безпеки у спрощеному вигляді, щоб самі здобувачі освіти знали, як діяти у разі загрози. Тільки через системний підхід, де технічна фіксація поєднується з юридичною грамотністю та педагогічною підтримкою, ми зможемо створити безпечне цифрове середовище для підростаючого покоління та забезпечити невідворотність покарання за правопорушення в Інтернеті.

Посилання

1. Кримінальний кодекс України: Закон України від 05.04.2001 № 2341-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14 (дата звернення: 06.02.2026).
2. Головкін Б. М. та інші. Кіберзлочинність та електронні докази: навч. посібник – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. – 298 с. https://law.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/08/Cybercrime-and-Digital-Evidence.pdf (дата звернення 09.02.2026)
3. Литовченко І.В. та інші. Діти в Інтернеті: як навчити безпеці у віртуальному світі: посібник для батьків. – К.: Видавництво: ТОВ «Видавничий Будинок“Аванпост-Прим”, 2010. https://rescentre.org.ua/images/Uploads/Files/internet_safety_dl/children_internet.pdf (дата звернення: 09.02.2026).

ТРУЕЛІ ЯК МАРКОВСЬКІ ІГРИ: КАРТИ ПЕРЕМОЖЦІВ І ВРАЗЛИВІСТЬ СТРАТЕГІЙ

Студент М.Н. Возняк
Керівник – науковий працівник ТОВ «Інноваційні інтелектуальні платформи» Н.О. Возняк
Університет «Карлтон», м. Оттава, Канада

Класична задача про дуель між двома стрільцями є ґрунтовно досліджена в теорії ігор. Науковий інтерес становить задача, коли в грі беруть участь три учасники (названа в літературі **«труель»**). У цьому випадку з'являються ефекти, яких немає в дуелі. Найвідоміший з них – коли гравець з найменшою точністю влучності може мати найвищу ймовірність перемогти.

Причина не в удачі, а в тому, що сильніші гравці стають природними мішенями один для одного, і слабший дістає вигоду з їхнього протистояння.

Після перших згадок у працях 1940-х рр. труель системно вивчали Шубік, Кілгур, Брамс, а пізніше з'явилися варіації: гра з одночасними й послідовними ходами, можливість утриматися від пострілу, стохастичний порядок ходів тощо. Висновок у більшості цих робіт один: результат визначається не тільки точністю стрільби, а й конкретними правилами ходу та вибором цілі [1, 2, 3].

У цій роботі ми розглядаємо труель як скінченну епізодичну марковську гру загальної суми. Для сітки параметрів влучності $a, b, c \in \{0.1, \ldots, 0.9\}$ обчислюємо ймовірності перемоги кожного з гравців для різних сімейств стратегій і будуємо теплові карти переможців (*heatmaps*) – для кожної точки сітки фіксуємо, хто з трьох гравців має найвищу ймовірність виграшу. Оскільки теплова карта є двовимірною, для кожного фіксованого значення c будуємо окремий зріз у координатах (a, b), отримуючи серію карт, що показують, як змінюється картина переможців зі зростанням влучності третього гравця. Паралельно обчислюємо **вразливості стратегії** *(exploitability)* – максимальний виграш від одностороннього відхилення кожного з гравців – і будуємо теплові карти таких вразливостей. Точки, де вразливість стратегії перевищує 0.05, вважаємо стратегічно нестійкими. Окремо розглядаємо, що означають ці карти у тристоронніх сценаріях кібербезпеки.

1. МАРКОВСЬКА МОДЕЛЬ ТРУЕЛІ

Розглядаємо трьох гравців A, B, C з параметрами влучності $a, b, c \in (0, 1)$. Стан гри – множина діючих гравців:

$$S = \{A, B, C\}, \{A, B\}, \{A, C\}, \{B, C\}, \{A\}, \{B\}, \{C\}. \quad (1.1)$$

Поглинальні стани $\{A\}, \{B\}, \{C\}$ відповідають ситуації, коли в грі залишився рівно один гравець. На кожному кроці один із діючих гравців обирається рівноймовірно. Гравець обирає дію:

$$u_i \in \{\text{вистрілити в } j \mid j \text{ діючий}, j \neq i\} \cup \{\text{утриматися}\}, \quad (1.2)$$

де $i, j \in \{A, B, C\}$.

Якщо i стріляє в j, то j вибуває з ймовірністю, що дорівнює влучності i; інакше стан не змінюється. Утримання від пострілу не змінює стану. Функція виграшу визначається наступним чином: гравець отримує 1 за виживання, 0 – в усіх інших випадках. Очікуваний виграш збігається з ймовірністю виживання.

Оскільки простір станів малий (7 елементів), то можна обчислити точні ймовірності поглинання та найкращі результати з допомогою динамічного програмування, без апроксимацій.

2. СІМЕЙСТВА СТРАТЕГІЙ І ПРОТОКОЛ ОЦІНЮВАННЯ

Нехай π_i позначає стратегію гравця i – правило, що визначає його дію в кожному стані гри. Кортеж $\pi = (\pi A, \pi B, \pi C)$ називатимемо стратегічним профілем *(strategy profiles)*. Через $u_i(\pi)$ позначимо очікуваний виграш (ймовірність виживання) гравця i за профілем π; через π_{-i} — стратегії всіх гравців, окрім i.

Розглядаємо три стратегічні профілі:

1. (БН) стріляє в найсильнішого суперника.
2. (БП-А) у стартовому стані $\{A, B, C\}$ гравець A пропускає перший постріл, далі всі діють як у (БН);
3. (НР) стратегічний профіль, отриманий навчанням Nash-Q або Friend-or-Foe Q [4, 5] на базі марковського процесу прийняття рішень.

Проводимо сканування сітки: $a, b, c \in \{0.1, 0.2, \ldots, 0.9\}$. Для кожного вузла сітки розраховуємо значення $u_i(\pi)$ та фіксуємо гравця з максимальною ймовірністю виживання:

$$переможець = argmax_i\, u_i(\pi), \quad i \in \{A, B, C\}.$$

Це дає можливість створити теплові карти переможців.

Паралельно для кожного гравця обчислюємо виграш від одностороннього відхилення:

$$\delta_i(\pi) = \max_{\pi_i'} u_i\left(\pi_i', \pi_{-i}\right) - u_i(\pi), \tag{1.3}$$

де максимум береться по всіх можливих альтернативних стратегіях π'_i гравця i за фіксованих стратегій решти гравців π_{-i}. Сумарну вразливість *(exploitability)* профілю визначаємо як:

$$Exploit(\pi) = \sum_{i \in \{A,B,C\}} \delta_i(\pi)\,. \tag{1.4}$$

Якщо $Exploit(\pi) \approx 0$, жоден гравець не може суттєво покращити свій виграш одностороннім відхиленням, тобто профіль є наближеною рівновагою Неша [6]. Великі значення вказують на стратегічну крихкість профілю.

3. ОДЕРЖАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Аналіз розподілу ймовірностей для профілю БН (рис. 1, ліворуч) виявляє класичні області «виживання найслабшого». Коли влучність a мала, а b і c помітно вищі й відрізняються між собою, то A часто виграє, бо B і C концентрують вогонь один на одному, і A дістає вигоду від очікування. При $a = 0.5$ зона домінування A звужується, але зберігається в лівій частині сітки (малі b і c). При $a = 0.9$ A домінує лише там, де b і c обидва малі, а в правому верхньому куті перемагає C.

Профіль БП-А зміщує ці зони: пропуск першого ходу знімає з A роль початкової мішені. При $a=0.9$ стратегія БП-А виявляється невигідною для A:

попри високу влучність, пропуск першого пострілу дає супротивникам час на його знищення, через що A не виграє в жодній точці сітки. Так само і при малому *a* пропуск практично не допомагає: власна влучність занадто низька, щоб виграти фінальну дуель у вцілілого опонента (*B* або *C*).

При *a = 0.1* профіль БН дає сумарну вразливість порядку 10^{-2} і менше (рис. 1, праворуч) – нижче порогу *0.05* по всій сітці, за винятком вузької зони помірних *b* і *c*. У цій зоні гравцеві *B* стає вигідно змінити свою тактику, щоб отримати кращий результат. Для *A* і *C* індивідуальне значення близьке до числової похибки ($\approx 10^{-12}$): «стріляти в найсильнішого» є фактично точною рівновагою для *B* і *C* при слабкому *A*. При *a = 0.5* і *0.9* ситуація інша – зони з *exploitability > 0.05* займають правий верхній кут і розширюються зі зростанням влучності *a*.

Профіль БП-А суттєво більш вразливий: сумарна вразливість сягає *0.05–2.5* залежно від обраного значення влучності *a* (рис. 2, праворуч). Найбільше на показник вразливості впливає вибір гравця *A*. Пропуск першого ходу для нього є неефективним за багатьох умов. При високій влучності *a* будь-яка зміна тактики на користь пострілу дає йому помітну перевагу.

Навчений профіль НР знижує сумарну вразливість порівняно з БП-А, але нерівномірно. В окремих областях (зокрема, при середніх *b* і малих *c*) значення лишаються відчутними *(0.1–0.3)*, тобто там навчання не досягає рівноваги. Перегляд індивідуальних карт при *a = 0.1* показує: для БН майже вся вразливість сконцентрована у *B*; для БП-А – у *A*; для НР усі три гравці мають порівнянні, але ненульові значення *(0.04–0.14)*.

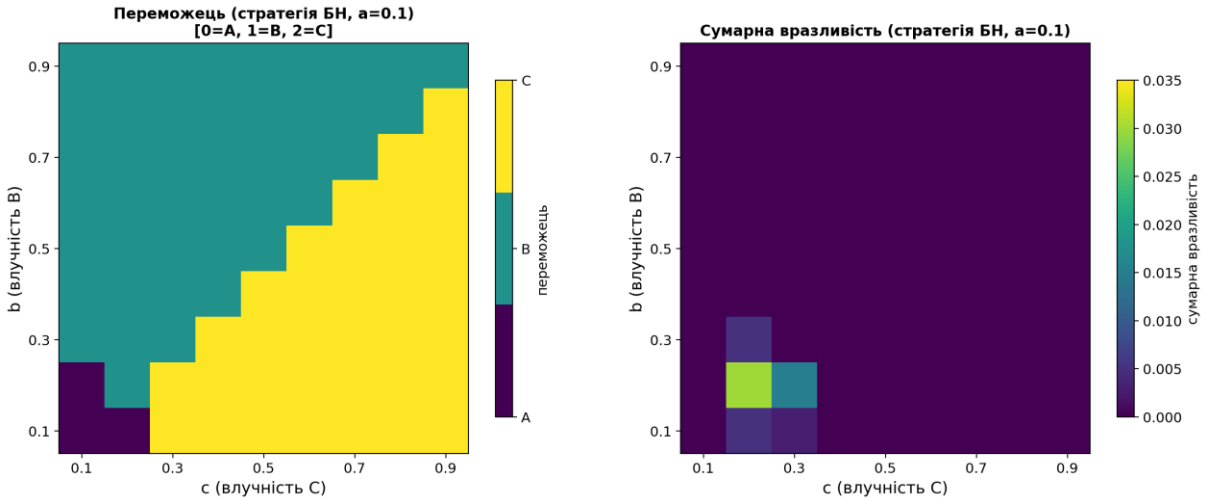


Рисунок 1 – Парні теплові карти для стратегії «стріляти в найсильнішого» (БН) при a = 0.1. Ліворуч: переможець (гравець із найвищою ймовірністю виживання), обчислений за точними ймовірностями поглинання. Праворуч: сумарна вразливість профілю $\Sigma_i \delta_i(\pi)$. При слабкому A вразливість не перевищує порядку 10^{-2} по всій сітці – профіль БН є наближеною рівновагою Неша.

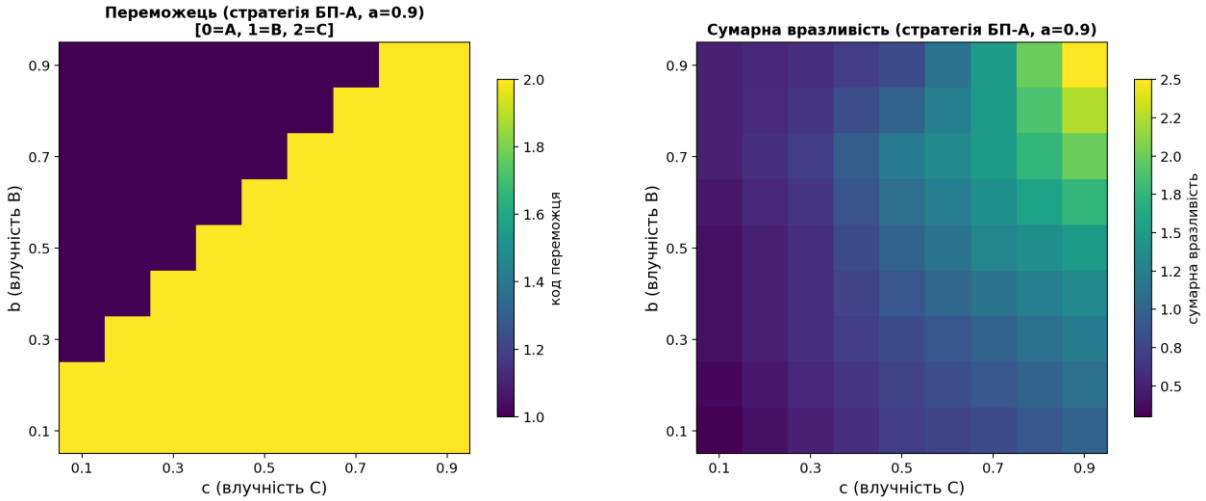


Рисунок 2 – Парні теплові карти для стратегії «пропуск першого ходу *A*» (БП-А) при $a = 0.9$. Ліворуч: переможець *(1=B, 2=C)*; А не виграє в жодній точці сітки. Праворуч: сумарна вразливість профілю $\Sigma_i \delta_i(\pi)$, що сягає 2.5 у правому верхньому куті. Попри те, що пропуск першого ходу змінює карту переможців, профіль БП-А є суттєво більш вразливим, ніж БН, — примусовий пропуск стає явно субоптимальним при великих *b* і *c*.

4. ЗАСТОСУВАННЯ В КІБЕРБЕЗПЕЦІ

Тристороння структура труелі відповідає низці практичних сценаріїв: атакувальник, захисник і третя сторона – інсайдер або скомпрометований компонент; або приманка (*honeypot*) як стратегічна одиниця, що впливає на вибір цілей; або два незалежні атакувальники. Параметри (a, b, c) тоді трактуються як імовірність успішного завершення дії: від надійності пробиття вразливості до якості детекції (здатності виявити та зупинити атаку).

У такій інтерпретації карта вразливості показує, де стратегія захисту вразлива до адаптації. Якщо невелике відхилення атакувальника дає великий приріст виграшу, поточна стратегія захисту нестійка – і це можна побачити на карті до того, як атака відбулась. Зокрема, якщо вразливість захисника перевищує *0.05* при фіксованих можливостях атакувальника, це сигнал переглянути стратегію навіть за умови формальної «перемоги» у більшості сценаріїв.

Висновки:

1. Труель подано як скінченну епізодичну Марковську гру загальної суми з дією «утриматися». Малий простір станів (7 елементів) дозволяє обчислювати точні ймовірності виживання методом динамічного програмування.
2. Карти переможців відтворюють феномен «виживання найслабшого» і показують, як евристики «стріляти в найсильнішого» та «пропуск першого ходу А» зміщують зони домінування в просторі *(a, b, c)*.

3. Якщо гравець A слабкий, стратегія БН є фактично стійкою для нього та гравця C, проте для B залишаються зони, де йому вигідно змінити тактику. Зі зростанням влучності *a* ці області вразливості розширюються.
4. Профіль із пропуском першого ходу гравцем *A* підвищує його виживання в частині параметрів, але загалом більш вразливий, особливо коли *a, b, c* великі і пропуск стає явно невигідним (рис. 2).
5. Навчений профіль (Nash-Q / Friend-or-Foe Q) зменшує сумарну вразливість порівняно з евристикою «пропуск *A*», але ефект нерівномірний: залишаються зони з відчутними значеннями вразливості.
6. Ми запропонували протокол аналізу, що поєднує карти переможців і карти вразливості стратегій; він придатний для дослідження тристоронніх сценаріїв у кібербезпеці, де важлива не лише перемога, а й стійкість стратегії до адаптивних відхилень супротивника.

Посилання

1. Amengual P., Toral R. Truels, or the survival of the weakest. Computing in Science & Engineering. 2006. T. 8, № 5. C. 88–95.
2. Kilgour D. M., Brams S. J. The truel. Mathematics Magazine. 1997. T. 70, № 5. C. 315–326.
3. Dorraki M., Allison A., Abbott D. Truels and strategies for survival. Scientific Reports. 2019. T. 9, № 1. Article 8996. DOI: 10.1038/s41598-019-45253-5.
4. Hu J., Wellman M. P. Nash Q-learning for general-sum stochastic games. Journal of Machine Learning Research. 2003. T. 4. C. 1039–1069.
5. Littman M. L. Friend-or-Foe Q-learning in general-sum games. Proc. 18th Int. Conf. on Machine Learning (ICML-2001). San Francisco, 2001. C. 322–328.
6. Timbers F., Bard N., Lockhart E., Lanctot M., Schmid M., Burch N., Schrittwieser J., Hubert T., Bowling M. Approximate exploitability: learning a best response in large games. Proc. 31st Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence (IJCAI-2022). 2022. C. 3487–3493.
7. Shapley L. S. Stochastic games. Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 1953. T. 39, № 10. C. 1095–1100.
8. Littman M. L. Markov games as a framework for multi-agent reinforcement learning. Proc. 11th Int. Conf. on Machine Learning (ICML-1994). San Francisco, 1994. C. 157–163.
9. Zinkevich M., Johanson M., Bowling M., Piccione C. Regret minimization in games with incomplete information. Advances in Neural Information Processing Systems 20 (NIPS 2007). 2007. C. 1729–1736.

КРИТЕРІЙ ВИБОРУ ЯДЕРНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУЮЧОГО КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ ВЛАСТИВОСТЕЙ АНАЛІТИЧНОГО ГРАДІЄНТА

Аспірант О.О. Воловецький
Керівник – доц., канд. техн. наук В.В. Тронь
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

1. ВСТУП

Прогнозуюче керування на основі моделі (Model Predictive Control, MPC) є одним із найбільш поширених підходів до автоматизації складних технологічних процесів у гірничо-збагачувальній галузі [1]. Принципова перевага MPC полягає у явному врахуванні технологічних обмежень та оптимізації якісних показників на скінченному горизонті прогнозу. Проте застосування MPC до нелінійних процесів — зокрема до процесу мокрої магнітної сепарації залізистих кварцитів — пов'язане з принциповою обчислювальною проблемою: нелінійна прогнозна модель породжує задачу нелінійного програмування (NLP), розв'язання якої у реальному часі не гарантує ні знаходження глобального оптимуму, ні детермінованого часу виконання.

Одним із перспективних напрямків подолання цієї проблеми є побудова прогнозної моделі на основі ядерних методів машинного навчання. Задача вибору конкретного ядерного методу (KRR, SVR, GP, LS-SVM тощо) для MPC-контролера в існуючих роботах вирішується переважно за критерієм мінімуму похибки апроксимації (RMSE) на тестовій вибірці [2–4]. Автор вважає цей підхід принципово неповним: якість апроксимації визначає, наскільки добре модель описує процес, але не визначає, чи дозволяє ця модель перетворити NLP-задачу на розв'язувану у реальному часі опуклу QP-задачу.

У даній роботі пропонується новий критерій вибору ядерної функції для MPC, що базується на структурній властивості моделі — замкненості аналітичного градієнта прогнозного відображення за вектором керуючих впливів. Показано, що саме ця властивість є необхідною умовою коректного NLP→QP перетворення. Проведено порівняльний аналіз чотирьох ядерних методів за запропонованим критерієм та доведено унікальну придатність KRR з RBF-ядром для задач MPC реального часу.

2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ

Застосування ядерних методів у задачах прогнозуючого керування активно досліджується починаючи з середини 2000-х років. Kocijan et al. [2] запропонували GP-MPC, де гаусівський процес виступає прогнозною моделлю. Підхід демонструє високу якість апроксимації і природну оцінку невизначеності, проте задача оптимізації залишається нелінійною через нелінійну залежність дисперсії прогнозу від керуючих впливів. Бобіль та

Suykens [3] розвинули LS-SVM MPC, де лінеаризація здійснюється чисельним диференціюванням. Це вимагає додаткових звернень до моделі на кожному кроці оптимізації, що збільшує обчислювальне навантаження та вносить похибку апроксимації градієнта.

Спільним для переважної більшості публікацій є наступне: вибір між KRR, SVR, GP здійснюється за метриками якості апроксимації (RMSE, MAE, R^2), а питання структури градієнта прогнозної моделі окремо не розглядається. Це принципове упущення: для MPC важлива не лише точність прогнозу, але й можливість ефективного розв'язання задачі оптимізації.

Результати аналізу літератури свідчать про відсутність робіт, де властивість аналітичного градієнта розглядалася б як системоутворюючий критерій вибору ядерної функції для задач MPC. Заповненню цієї прогалини присвячена дана стаття.

3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ MPC ТА НЕОБХІДНА УМОВА NLP→QP ПЕРЕТВОРЕННЯ

Розглянемо задачу прогнозуючого керування у стандартній постановці. Нехай ядерна модель процесу має вигляд:

$$y(k+l) = f(u(k), u(k-1), \ldots) \quad (1)$$

де f: $\mathbb{R}^d \to \mathbb{R}$ — прогнозне відображення, $u \in \mathbb{R}^d$ — вектор керуючих впливів. Задача MPC на горизонті H_p:

$$min \Delta U J = \sum_{l=1}^{Hp} (y\square - y\square^{ref})^T Q (y\square - y\square^{ref}) + \Delta U^T R \Delta U \quad (2)$$

де Q і R — матриці штрафних ваг, ΔU — вектор приростів керуючих впливів.

Задача (2) є NLP через нелінійність f. Для перетворення на QP застосовуємо лінеаризацію f навколо поточної опорної точки u_0:

$$f(u) \approx f(u_0) + (\partial f / \partial u)|_{u0} \cdot \Delta u \quad (3)$$

При підстановці (3) в (2) задача стає квадратичною за ΔU. Умова коректності цього перетворення: похідна $\partial f/\partial u$ повинна існувати у замкненій аналітичній формі, бути гладкою (C^1 або вищого класу) і допускати обчислення за полі-номіальний від n час.

Твердження 1 (критерій аналітичного градієнта). Ядерний метод придатний для коректного NLP→QP перетворення в MPC тоді і тільки тоді, коли градієнт прогнозного відображення $\partial f/\partial u$ (i) існує у замкненому аналітичному вигляді, (ii) є неперервним на всьому $\mathbb{R}^d$, (iii) не залежить від алгоритму навчання та обчислюється за $O(n \cdot d)$ операцій.

4. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯДЕРНИХ МЕТОДІВ

Розглянемо чотири ядерних методи, що найчастіше застосовуються в задачах ідентифікації нелінійних процесів, та перевіримо виконання критерію з Твердження 1 для кожного. Результати зведено у табл. 1. 1.

4.1. Ядерна гребенева регресія (KRR) з RBF-ядром

Прогнозне відображення KRR:

$$f(u) = \Sigma_i^{=1n} \alpha_i \cdot k(u, u_i), k(u, u_i) = exp(-\|u - u_i\|^2 / 2\sigma^2) \quad (4)$$

Градієнт (4) за u:

$$\partial f/\partial u = -(1/\sigma^2) \cdot \Sigma_i \alpha_i \cdot k(u, u_i) \cdot (u - u_i) \quad (5)$$

Вираз (5) є замкненим, належить $C^\infty(\mathbb{R}^d)$ (нескінченно диференційовний), обчислюється за $O(n \cdot d)$ операцій і повністю визначається навченими коефіцієнтами α_i та параметром σ. Всі три умови Твердження 1 виконуються.

Таблиця 1 – Порівняння ядерних методів за критерієм аналітичного градієнта

Метод	Замкнений вираз $\partial f/\partial u$	Гладкість C^1 на $\mathbb{R}^d$	Незалежність від алгоритму	Придатність для QP
KRR + RBF	✓	✓ (C^∞)	✓	✓
SVR + RBF	Частково*	✗ (на межі ε-трубки)	✓	✗
GP (повний)	✓ для μ	✓ для μ	✗(σ^2 нелінійна)	✗
MLP (ReLU)	Неявний	✗	–	✗

** Виконується для точок поза ε-трубкою; загалом — ні.*

4.2. Метод опорних векторів для регресії (SVR)

SVR мінімізує функцію втрат з ε-нечутливою зоною. Формально градієнт прогнозного відображення SVR за структурою аналогічний (5), однак ε-нечутлива зона породжує нерегулярність: у точках, де залишок навчання лежить рівно на межі трубки ε, субградієнт не є одиничним. Для підтримуючих векторів на межі ε-трубки похідна $\partial f/\partial u$ не є класичною — вона визначена майже всюди, але не скрізь. Це порушує умову (ii) Твердження 1 і унеможливлює гарантований перехід до строго опуклої QP.

4.3. Гаусівський процес (GP)

GP надає прогноз у вигляді розподілу: середнє $\mu(u^*)$ і дисперсія $\sigma^2(u^*)$. Середнє GP має аналітичний градієнт, аналогічний (5). Проте в задачах MPC з урахуванням невизначеності у функціонал включається дисперсія $\sigma^2(u^*)$, яка є нелінійною функцією u^*: $\sigma^2(u^*) = k(u^*,u^*) - k(u^*)^T(K+\lambda I)^{-1}k(u^*)$. Градієнт дисперсії $\partial\sigma^2/\partial u$ є аналітичним, але у поєднанні з середнім вносить у функціонал MPC нелінійний доданок, що не дозволяє зберегти QP-структуру задачі оптимізації. Умова (i) виконується лише для детермінованого наближення GP, яке еквівалентне KRR.

4.4. Багатошаровий перцептрон (MLP)

Градієнт MLP обчислюється методом зворотного поширення помилки і є аналітичним у математичному сенсі. Проте він є складеною функцією вхідних ваг і функцій активації всіх шарів — і не виражається безпосередньо через вхідні змінні u у компактній замкненій формі, що відповідає умові (i). Крім того, для типових активаційних функцій (ReLU) градієнт є негладким (умова (ii) порушена).

Таким чином, серед розглянутих методів лише KRR з RBF-ядром задовольняє критерій Твердження 1 за всіма трьома ознаками одночасно. Це обґрунтовує вибір KRR як прогнозної моделі в K-MPC контролері.

5. ЧИСЛОВА ІЛЮСТРАЦІЯ

Для підтвердження практичної значущості запропонованого критерію проведено обчислювальний експеримент на синтетичних даних, що відтворюють типову залежність «магнітна індукція B → вміст заліза β_Fe» для сепараторів типу ПБМ-90/250 Криворізького басейну. Діапазон $B \in [0.08; 0.15]$ Тл відповідає паспортним характеристикам обладнання.

На навчальній вибірці n = 200 точок навчено дві моделі: KRR (RBF, σ = 0.018, λ = 0.001) та SVR (RBF, ті ж σ і C = 10, ε = 0.01). Якість апроксимації обох моделей на тестовій вибірці практично ідентична (RMSE_KRR = 0.31%, RMSE_SVR = 0.29%). Тим не менше, поведінка градієнтів та характеристики оптимізації принципово відрізняються (табл. 2).

Таблиця 2 – Порівняння оптимізації MPC для KRR та SVR

Характеристика	KRR + RBF → QP	SVR + RBF → NLP (SQP)
Середній час розв'язання, мс	3.2 ± 0.4	87 ± 31
Максимальний час, мс	5.1	240
Кількість ітерацій солвера	1 (гарантовано)	11–28
Гарантія глобального оптимуму	Так (опуклість)	Ні (локальний мінімум)
Збіжність при збуреннях	100%	78%
RMSE апроксимації, %	0.31	0.29

Примітка: n = 200, d = 3, горизонт прогнозу H_p = 5; симуляція 1000 кроків керування.

На рис. 1 схематично показано профіль градієнта ∂f/∂B для обох методів. Градієнт KRR є гладкою монотонною кривою, тоді як градієнт SVR має стрибки у точках підтримуючих векторів на межі ε-трубки — саме ці стрибки унеможливлюють коректне QP-формулювання.

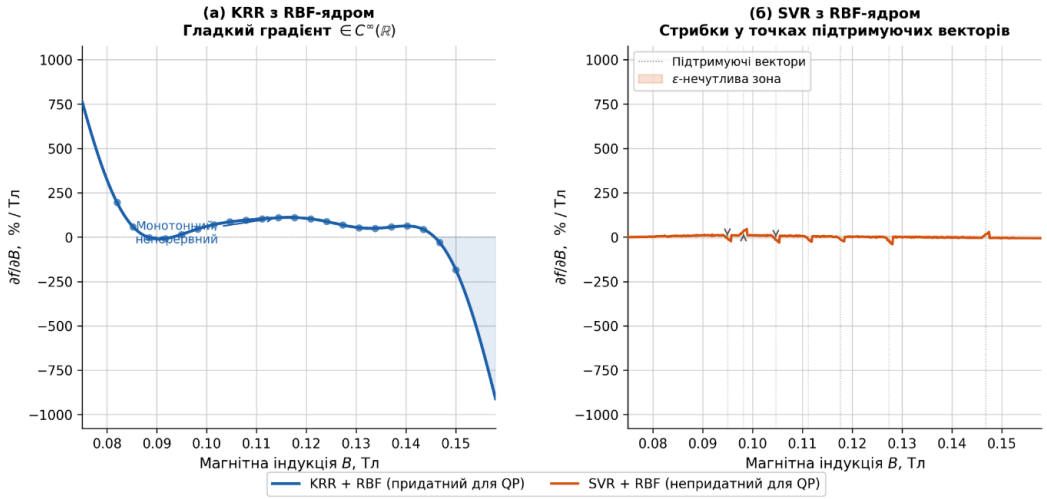


Рисунок 1 – Порівняння профілів градієнта прогнозної моделі KRR з RBF-ядром (а) і SVR з RBF-ядром (б)

Ключовий висновок: при практично однаковій точності апроксимації час розв'язання задачі оптимізації для KRR→QP є меншим у ~27 разів, а максимальний час — у ~47 разів. З урахуванням того, що цикл керування барабанним магнітним сепаратором становить ~30 с, а допустимий час обчислення керуючого впливу не повинен перевищувати 10% цього циклу (~3 с), застосування SVR→NLP у реальному часі є практично неприйнятним при збуреннях.

6. ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ МАГНІТНОЮ СЕПАРАЦІЄЮ

Процес мокрої магнітної сепарації залізистих кварцитів на збагачувальних фабриках Криворізького басейну є яскравим прикладом задачі, де описана проблема має пряме економічне значення. Стандарт на залізорудний концентрат вимагає вмісту заліза $\beta_Fe \geq 65.0–66.5\%$ (залежно від марки). Відхилення нижче регламентного рівня призводить до штрафних санкцій або зупинки відвантаження. Відхилення вгору означає невиправдане зниження коефіцієнта вилучення ε — прямі технологічні втрати.

Цикл керування сепаратором типу ПБМ-90/250 становить 25–35 с. Протягом цього часу контролер повинен: прийняти нові вимірювання, побудувати прогноз на горизонті H_p кроків, розв'язати задачу оптимізації та видати керуючий вплив на виконавчі механізми (електромагніт, регулятор витрати пульпи). Будь-яке перевищення бюджету часу означає вимушений перехід на безпечний режим (утримання попереднього керування або перехід на PID), що є неприйнятним при різких змінах властивостей руди.

Як показано в табл. 2, детермінований час розв'язання QP-задачі (≤5 мс) у порівнянні з недетермінованим NLP (до 240 мс при збуреннях) забезпечує виконання вимог реального часу з дворазовим запасом навіть для найбільш завантажених режимів роботи обладнання.

7. ВИСНОВКИ

1. Сформульовано новий критерій вибору ядерної функції для прогнозуючого керування — на основі замкненості аналітичного градієнта прогнозної моделі, а не лише точності апроксимації. Показано, що ця властивість є необхідною умовою коректного перетворення NLP→QP.
2. Проведено порівняльний аналіз KRR, SVR, GP та MLP за трьома ознаками: замкненість градієнта, гладкість, незалежність від алгоритму навчання. Доведено, що серед них лише KRR з RBF-ядром задовольняє всі три умови одночасно.
3. Числовий експеримент підтвердив, що при практично однаковій точності апроксимації (RMSE 0.31% vs 0.29%) час розв'язання задачі оптимізації для KRR→QP є у ~27 разів меншим, ніж для SVR→NLP, з гарантією глобального оптимуму.
4. Для задачі керування магнітною сепарацією залізистих кварцитів (цикл 25–35 с, ПБМ-90/250) перехід від NLP до QP забезпечує виконання вимог реального часу з дворазовим запасом, що є принциповою інженерною перевагою.

5. Запропонований критерій є методологічним внеском, що може бути узагальнений на інші класи нелінійних технологічних процесів, де до контролера висуваються вимоги роботи в реальному часі.

Посилання

1. Rawlings J.B., Mayne D.Q., Diehl M. Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design. 2nd ed. Nob Hill Publishing, 2017. 623 p.
2. Kocijan J., Murray-Smith R., Rasmussen C.E., Girard A. Gaussian process model based predictive control // Proc. American Control Conf. 2004. Vol. 3. P. 2214–2219.
3. Suykens J.A.K., Vandewalle J. Least squares support vector machine classifiers // Neural Processing Letters. 1999. Vol. 9, No. 3. P. 293–300.
4. Schölkopf B., Smola A.J. Learning with Kernels. MIT Press, 2002. 626 p.
5. Wills B.A., Finch J. Wills' Mineral Processing Technology. 8th ed. Butterworth-Heinemann, 2016

THREATS AND TRENDS IN CYBERSECURITY FOR COMPANIES AND ORGANIZATIONS
(BASED ON THE ANALYSIS OF REPORTS FROM 2020–2026)

Student Deni Gaysanov
Pomeranian University in Słupsk, Poland

Introduction

Cybersecurity—also referred to as digital security—encompasses the protection of information systems, networks, devices, software, and data against attacks, damage, or unauthorized access, as well as the mitigation of threats affecting both cyberspace and activities conducted within it. The term is commonly understood as a system of measures designed to prevent the destruction, alteration, or unlawful acquisition of data (ENISA, 2023).

Cybersecurity covers a broad range of domains, including network and application security, cloud data protection, database security, access control within corporate networks, disaster recovery, and the safeguarding of personal data (IBM, 2024).

According to Michał Kurek, Partner in Consulting and Head of the Cybersecurity Team at KPMG in Poland and Central and Eastern Europe, cybersecurity has become one of the most critical challenges for organizations worldwide. He emphasizes that “there is a widespread lack of effective dialogue between experts who understand cyber threats and business leaders who possess knowledge about the value of protected assets and the sensitivity of supervised business processes” (Kurek, as cited in KPMG, 2023).

Recent data from Check Point Research (2024) indicate that, Polish organizations experience approximately 2,000 cyberattacks per week, with the government, military, and critical infrastructure sectors facing nearly 1,930 weekly attacks. These sectors remain the most heavily targeted due to their strategic importance and the sensitivity of the data they process.

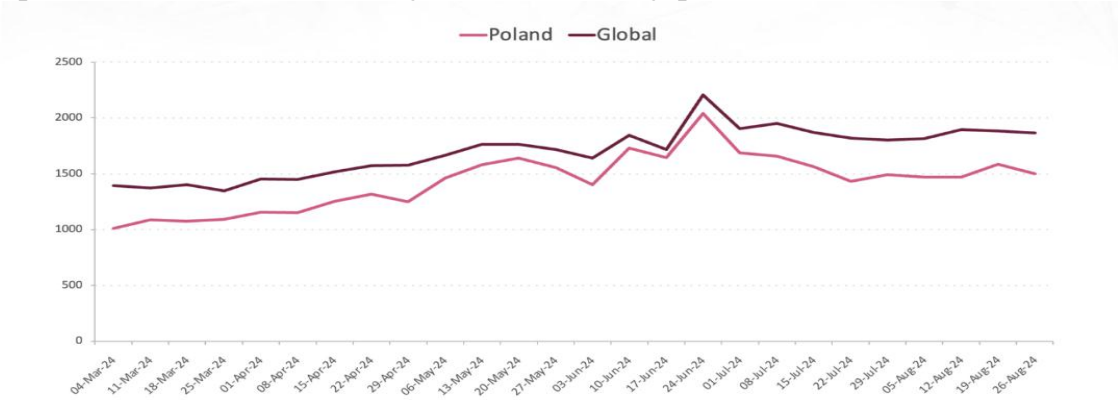


Figure 1. Number of Attacks per Organization, March–August 2024
Source: Pasławski, K. (2024). *Polska może doświadczyć 100 tys. cyberataków w 2024 roku. 10.09.2024*,https://crn.pl/aktualnosci/polska-moze-doswiadczyc-100-tys-cyberatakow-w-2024-r/

K. Posławski (2024) observes that cyberattacks increasingly target government agencies, hospitals, emergency response centers, and critical infrastructure such as communication networks, financial systems, and transportation services. Cyber warfare today extends far beyond DDoS attacks and website defacements; it also includes far more destructive operations capable of paralyzing entire cities or even countries. Notable examples include cyberattacks on energy grids, water supply systems, and transportation networks during the Russian-Ukrainian conflict.

The purpose of this study is to analyze key cybersecurity threats and trends affecting organizations, based on major industry reports published between 2020 and 2026.

Digital Security Through the Eyes of Employees and Experts

Cyberattacks have become a permanent element of both private and professional life. This observation is strongly supported by the report *Cyberportrait of Polish Business*, prepared by ESET and DAGMA IT Security. According to the study, one in five Polish employees has fallen victim to a cyberattack at work, and as many as 72% report experiencing a cybersecurity incident on company-owned devices. The report highlights several critical findings: 52% of employees have not participated in any cybersecurity training in the past five years, 41% of surveyed companies do not use antivirus software, two-thirds of employees use corporate devices for private purposes, and 39% of organizations have observed an increase in cyberattacks over the past year (ESET & DAGMA, 2023).

Michal Jankech, Vice President of Enterprise & SMB/MSP at ESET, emphasizes that “there are numerous risks and threats associated with cybersecurity

[…] small and medium-sized enterprises struggle with a lack of confidence in their ability to address them. It is therefore not surprising that they find it difficult to keep up with the challenges" (Jankech, as cited in ESET, 2023).

Major Cybersecurity Threats in 2020–2026

The European Union Agency for Cybersecurity (ENISA) identifies a wide spectrum of cyber threats that have shaped the digital landscape in recent years. In its *Threat Landscape 2020* report, ENISA highlights that the most prevalent threats include malware, web-based attacks, phishing, spam, and DDoS incidents. More advanced operations—such as database intrusions and cyber-espionage—also remain significant, although attackers continue to favor large-scale, low-complexity attacks that exploit user inexperience (ENISA, 2020).

ENISA's list of the fifteen most critical threats includes: malware, malicious web code, phishing, web application attacks, spam, DDoS attacks, identity theft, breaches of confidentiality and integrity, insider threats, botnets, physical tampering, data leaks, ransomware, cyber-espionage, and cryptojacking. The report also emphasizes several broader trends influenced by the COVID-19 pandemic, such as the rise of fake online stores, increased cyberbullying and sextortion, the exploitation of social media for targeted attacks, and the continued dominance of financial motives behind cybercrime (ENISA, 2020).

Findings from the *ISACA State of Cybersecurity Report* reinforce these observations. According to ISACA, the most common attack vectors include social engineering, misconfigurations, and unpatched systems. Ransomware and DDoS remain widespread, increasingly executed by organized cybercriminal groups rather than individual actors (ISACA, 2023).

More detailed insights into the 2024 threat landscape are provided by the *IBM X-Force Threat Intelligence Index*. IBM reports that backdoor-based intrusions accounted for 21% of observed incidents, surpassing ransomware (17%), which had dominated previous years. Spear-phishing remains the leading initial access vector, responsible for over 40% of intrusions. Additionally, one in four attacks exploited publicly accessible applications, and more than one-third relied on valid, previously stolen credentials (IBM, 2024).

Several broader developments further shape the cybersecurity environment:

1. Cyberwarfare and Hacktivism. The war in Ukraine has demonstrated that cyberspace has become a fully operational battlefield. Attacks increasingly target civilian infrastructure, public administration, transportation, and essential services. Countries supporting Ukraine—including Poland and the Baltic states—remain particularly exposed. Major political events, such as elections in the United States, India, and the United Kingdom, as well as the Paris Olympic Games, are also expected to attract hostile cyber activity (ENISA, 2023).

2. AI in Attack and Defense. The emergence of generative AI and large language models has transformed both offensive and defensive cybersecurity. While fully autonomous AI-driven attacks remain largely experimental, machine learning already enables the creation of deepfakes, automated malware generation,

and more effective reconnaissance. At the same time, AI enhances defensive capabilities through automated monitoring, incident analysis, and rapid response (IBM, 2024).

3. SASE and Zero Trust. Despite the growing role of AI, foundational security principles remain essential. Zero-trust architectures and secure SD-WAN/SASE frameworks are becoming critical components of resilient IT infrastructures. Gartner predicts that by 2024, 40% of organizations will have a defined SASE implementation strategy (Gartner, 2023).

4. Workforce Shortages and the Evolving Role of the CISO. A persistent shortage of cybersecurity professionals continues to challenge organizations worldwide. ISACA reports that hiring a qualified specialist takes an average of six months, and 12% of companies cannot estimate the time required to fill such roles. Salary mismatches and high turnover further exacerbate the problem. As cyber-resilience becomes a strategic priority, CISOs increasingly join executive leadership teams; Gartner forecasts that by 2026, 70% of companies will have a CISO at the board level (ISACA, 2023; Gartner, 2023).

Recently, as attackers increasingly leverage AI to scale their operations, security leaders must also adopt AI to proactively protect their people, data, and infrastructure. The IBM X-Force Threat Intelligence Index highlights both the challenges and the achievements of security teams around the world.

Based on the IBM X‑Force Threat Intelligence Index 2026 developed by IBM, it can be concluded that cyber attacks are accelerated by AI. The latest IBM X‑Force Threat Intelligence Index 2026 highlights how artificial intelligence is accelerating both the scale and sophistication of cyberattacks. The report presents several critical data points illustrating this shift:

- Attackers are increasingly targeting publicly accessible software and system applications. The 44% rise indicates that adversaries are rapidly automating vulnerability scanning and exploitation, often using AI‑driven tools to identify weaknesses faster than defenders can patch them.
- 56% of disclosed vulnerabilities required no authentication to exploit

More than half of all newly disclosed vulnerabilities could be exploited without any login credentials. This dramatically lowers the barrier for attackers and increases the likelihood of mass exploitation campaigns.

- IBM X‑Force observed approximately 300,000 stolen credentials to AI chatbots circulating on dark‑web marketplaces. This trend reflects attackers' growing interest in compromising AI tools used by organizations, potentially enabling data theft, impersonation, or model manipulation.

The number of ransomware groups active globally rose by nearly half (49 %) compared to the previous year. Many of these groups are now using AI to automate reconnaissance, craft more convincing phishing messages, and optimize their attack workflows (IBM, 2026).

Cybersecurity Trends

The *State of Cybersecurity 2024* report published by CompTIA provides an in-depth overview of the evolving cybersecurity landscape, highlighting the accelerating scale and complexity of digital threats. According to the report, the number of cybercriminals operating in the digital space has increased significantly, contributing to a heightened risk across all areas of business activity. The rapid growth of stored data further amplifies operational risks and raises concerns regarding customer privacy and regulatory compliance (CompTIA, 2024).

A notable trend identified in the report is the expanding role of artificial intelligence (AI) in cybersecurity. AI is increasingly integrated into security tools and workflows, enhancing detection, automation, and response capabilities. CompTIA notes that 56% of surveyed organizations already use AI and machine learning (ML) in their cybersecurity operations, demonstrating the accelerating adoption of these technologies in practice (CompTIA, 2024a).

The report also emphasizes that cybersecurity has undergone a fundamental shift. Instead of focusing solely on selecting the most effective technological products, organizations must now adopt a proactive, strategic approach that ensures data privacy, regulatory compliance, and operational resilience. CompTIA highlights that slow adoption of strategic technology planning is mirrored by similarly slow adoption of modern cybersecurity methodologies (CompTIA, 2024).

From a labor-market perspective, CompTIA's Cyberseek tool reports nearly 470,000 cybersecurity-related job postings in the United States between May 2023 and April 2024, illustrating the widespread demand for cybersecurity skills across diverse professional roles. Furthermore, the *CompTIA State of the Tech Workforce 2024* report indicates that employment in cybersecurity-focused roles is expected to grow 267% faster than the national average, underscoring the critical workforce gap in this field (CompTIA, 2024b).

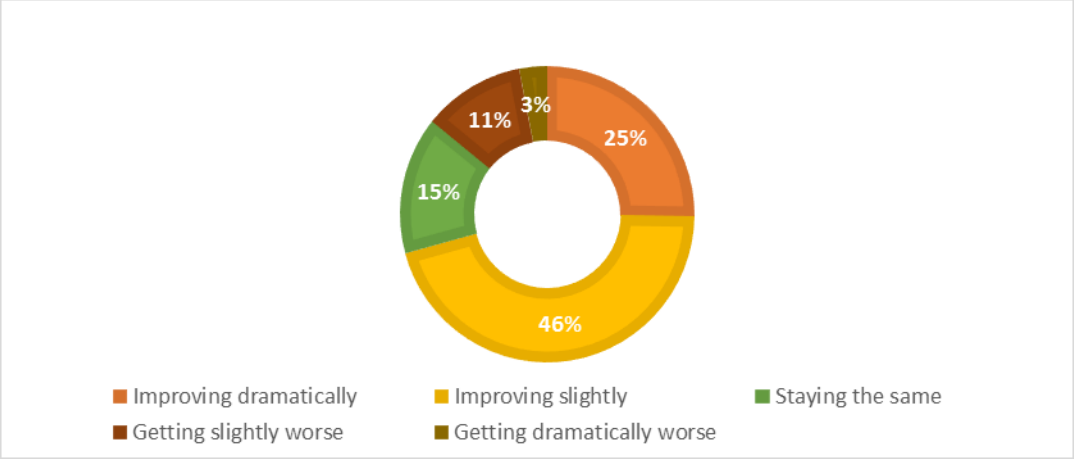


Figure 2. Opinions on the State of Cybersecurity

Source: author's own elaboration based on Source: *CompTIA State of Cybersecurity*, 2024 | n=1,181, https://www.comptia.org/content/research/cybersecurity-trends-research

However, a clear gap remains between planned investments and the outcomes organizations actually experience. Across the six global regions surveyed in the *CompTIA State of Cybersecurity 2025* report, only **25%** of respondents believe that the overall direction of cybersecurity is improving significantly, and just **22%** consider their organization's cybersecurity efforts to be fully satisfactory.

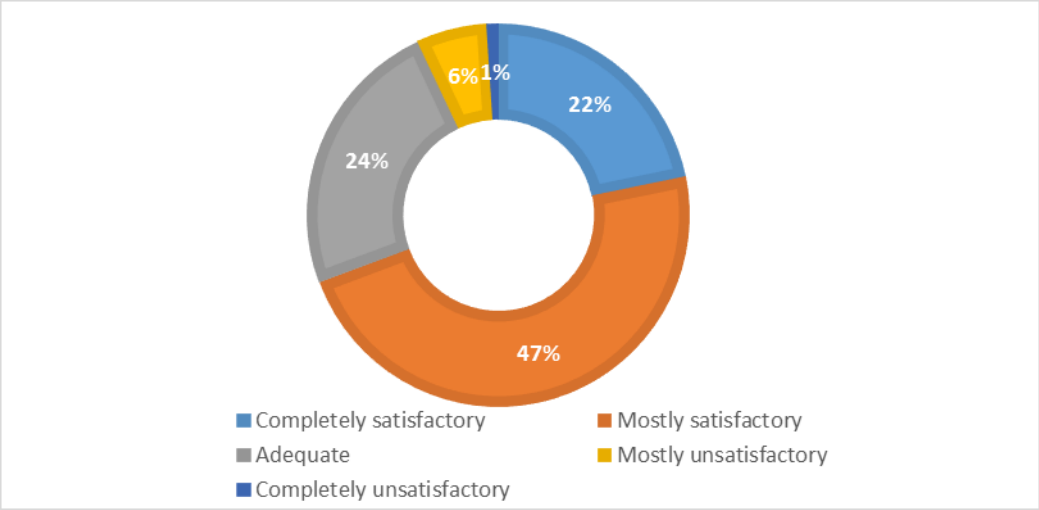


Figure 3. Opinions on the State of Organizational Cybersecurity

Source: author's own elaboration based on Source: *CompTIA State of Cybersecurity*, 2024 | n=1,181, https://www.comptia.org/content/research/cybersecurity-trends-research

Cybersecurity Trends

The dynamic development of digital technologies, combined with the growing complexity of network infrastructures, has significantly transformed the contemporary cybersecurity landscape. As cyberattacks become increasingly sophisticated, stealthy, and automated, organizations are compelled to continuously monitor emerging threat patterns and adapt their defensive strategies accordingly. Current research and industry reports highlight several dominant trends shaping the global threat environment.

One of the most persistent and rapidly evolving threats is *ransomware*, which has shifted from simple data-blocking mechanisms to highly advanced encryption-based extortion models. Modern ransomware campaigns frequently employ double- or even triple-extortion techniques, making data recovery extremely challenging, even when ransom demands are met (IBM, 2024).

Another critical trend is the continued rise of *phishing*, which remains one of the most effective initial access vectors. Threat actors increasingly impersonate trusted institutions or individuals, exploiting social engineering to obtain sensitive information through emails, SMS messages, or fraudulent websites. According to ISACA, spear-phishing accounts for over 40 % of initial compromise attempts (ISACA, 2023).

Equally concerning are *supply chain attacks*, which target the weakest links within interconnected business ecosystems. Instead of attacking a well-protected

enterprise directly, adversaries compromise subcontractors or third-party service providers to infiltrate the primary organization's network (ENISA, 2023).

Distributed Denial of Service (DDoS) attacks also remain a significant challenge. By overwhelming online services with massive volumes of traffic originating from distributed sources, attackers can render critical systems unavailable to legitimate users, disrupting business continuity and public services (ENISA, 2023).

The rapid advancement of *artificial intelligence (AI)* has introduced new dimensions to cyber threats. Attackers increasingly leverage machine-learning algorithms to automate reconnaissance, identify vulnerabilities, and generate highly convincing phishing content. IBM reports that AI-accelerated attacks are contributing to a measurable increase in exploitation speed and scale (IBM, 2024).

The expansion of the *Internet of Things (IoT)* has further broadened the attack surface. Internet-connected devices—such as surveillance systems, smart home appliances, and medical equipment—are often inadequately secured, making them attractive entry points for network infiltration (ENISA, 2023).

Finally, *zero-day attacks* continue to pose a severe risk. These attacks exploit previously unknown software vulnerabilities for which no patches exist, making them exceptionally difficult to detect and mitigate. Gartner emphasizes that the growing number of zero-day exploits underscores the need for proactive, intelligence-driven defense strategies (Gartner, 2023).

Collectively, these trends highlight the increasing complexity of the cybersecurity environment and the necessity for organizations to adopt comprehensive, sector-specific security strategies. Each industry faces unique risks and operational requirements, making it essential to tailor defensive measures to its specific threat profile. Only through continuous adaptation and strategic investment in cybersecurity capabilities can organizations effectively address the escalating challenges posed by modern cyber threats.

Industries Most Exposed to Cyberattacks

In the digital era, no sector can be considered fully secure, as cyber threats increasingly affect organizations regardless of their size or maturity. However, certain industries face disproportionately higher levels of risk due to the sensitivity of the data they process, the critical nature of their operations, or the complexity of their technological environments.

1. *Industrial and Manufacturing Sector*. Industrial organizations have become prime targets because of their strategic importance and the extensive volume of confidential data they store, including production processes, operational technologies, and employee information. Cyberattacks in this sector may lead to operational downtime, financial losses, and, in severe cases, physical safety hazards or environmental damage (ENISA, 2023).

2. *Financial Services and Banking*. The financial sector remains one of the most frequently attacked industries due to the high value of personal and financial data. Complex transactional systems create numerous entry points for

cybercriminals seeking unauthorized access to customer assets. Breaches in this sector undermine consumer trust and can destabilize broader financial ecosystems (IBM, 2024; ISACA, 2023).

3. *Retail and E-commerce*. Retailers and online marketplaces are attractive targets because of the large volume of digital transactions and customer data they process. Attackers commonly exploit vulnerabilities to steal payment information, deploy ransomware, or conduct identity theft. Such incidents often result in regulatory penalties and significant reputational damage (ENISA, 2023).

4. *Healthcare Sector*. Healthcare organizations manage highly sensitive medical records, which are extremely valuable on the black market. At the same time, many medical systems suffer from outdated security controls and increasing IoT connectivity. Data breaches in this sector threaten patient privacy, disrupt medical services, and facilitate various forms of fraud (IBM, 2024).

5. *Government and Public Administration*. Government institutions hold extensive citizen data and information critical to national security. Fragmented cybersecurity strategies and geopolitical tensions make this sector a frequent target of espionage, disinformation campaigns, and hybrid warfare operations. Successful attacks can disrupt public services and erode public trust (Gartner, 2023; ENISA, 2023).

The State of Cybersecurity in Polish Companies

The report *Cybersecurity Barometer: Riding the Wave or Lost in the Maze of Regulations?* (2024) presents survey findings on organizational responsibility, security maturity, and planned investments in cybersecurity. A total of 100 Polish enterprises participated in the study, including large, medium-sized, and small companies, all represented by individuals responsible for information security. The survey was conducted at the turn of 2023 and 2024. According to the report, the greatest challenges for companies in achieving an adequate level of protection include difficulties in recruiting and retaining qualified specialists, as well as limited budgets. Organizations emphasize the need for greater availability of skilled personnel and sufficient financial resources to effectively mitigate cyber risks.

The study shows that Polish companies report a higher level of cybersecurity maturity compared to the previous year, confirmed by more than 40% of respondents. Similarly, internal network security is assessed as fully mature by over 40% of surveyed organizations. Mobile device security, although still considered one of the least mature areas (18%), has improved by five percentage points year-over-year. A notable concern is that nearly one in five companies does not monitor security within software development processes—a trend particularly visible among large enterprises with more than 250 employees (Barometr Cyberbezpieczeństwa, 2024).

A global trend of increasing investment in cybersecurity is also reflected in Poland, driven by rising cyber risks and growing technological dependence. Polish organizations report higher financial engagement in identity and access management, as well as in securing software development processes—an increase

of 12 percentage points compared to the previous year. However, the low willingness to invest in third-party security management remains worrying (Cyberbezpieczeństwo, 2024), especially given the expanding digital ecosystems in which companies operate and the regulatory requirements introduced by NIS2, DORA, and the Cyber Resilience Act (CRA).

Over the past five years, the two most frequently cited barriers to improving cybersecurity have been staffing shortages and limited financial resources. Currently, the most significant challenge remains the recruitment and retention of qualified professionals, indicated by more than half of respondents. Although insufficient budgets continue to be a concern, they now rank second. Additionally, one-quarter of surveyed organizations report unclear assignment of cybersecurity responsibilities—an increase of five percentage points compared to the previous year (Barometr Cyberbezpieczeństwa, 2024).

Summary

Cyberattacks pose a serious threat across multiple sectors, and their consequences can be long-lasting for both organizations and individuals. The situation in Poland mirrors global trends, suggesting that the intensity and sophistication of attacks will continue to grow. The range of issues currently raising concerns about cybersecurity highlights the challenges organizations face in addressing weaknesses within their security strategies. The era in which cybersecurity improvements could be achieved simply by purchasing updated technology has passed. Today's cybersecurity challenges require continuous dialogue not only about the technological stack but also about the processes that protect digital assets and the organizational structures that ensure access to up-to-date expertise.

It is also important to note that the number of threats to IT infrastructure is likely to increase due to the rapid development of artificial intelligence. Large language models have lowered the technical barrier required to conduct cyberattacks and have provided advanced threat actors with tools to execute more effective campaigns. Organized groups—often directed or sponsored by hostile states—play an increasingly significant role in this landscape.

As a result, building and maintaining organizational resilience has become a complex task that requires understanding adversaries, staying informed about the latest attack techniques, and ensuring access to appropriate tools and skilled personnel. Unfortunately, this level of organizational effort is often beyond the reach of many companies, which must also contend with persistent staffing shortages in IT departments and the upcoming burden of implementing new regulatory requirements. Without the support of specialized cybersecurity partners, developing a resilient organization will remain a major challenge. Companies that invest in system continuity and IT availability gain a competitive advantage and achieve faster growth. For this reason, continuous vigilance, sustained investment in security, and ongoing education of both employees and customers are essential.

References

1. Barometr cyberbezpieczeństa. Na fali, czy w labiryncie regulacji? Raport (2024), https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pl/pdf/2024/02/pl-Raport-KPMG-w-Polsce-Barometr-cyberbezpiecze%C5%84stwa-2024.pdf.
2. Check Point Research. (2024). Cyber Attack Trends: 2024 Report. Check Point Software Technologies, https://www.checkpoint.com/resources/report-3854/report--cyber-security-report-2024-3a0a.
3. CompTIA. (2024). Cyberseek Cybersecurity Workforce Data 2023–2024. Computing Technology Industry Association, https://www.comptia.org/en-us/resources/research/state-of-cybersecurity-2024/.
4. CompTIA. (2024a). State of Cybersecurity 2024. Computing Technology Industry Association, https://www.comptia.org/en-us/resources/research/state-of-cybersecurity-2024/.
5. CompTIA. (2024b). State of the Tech Workforce 2024. Computing Technology Industry Association, https://www.comptia.org/en-us/resources/research/state-of-cybersecurity-2024/ .
6. Cyberbezpieczeństwo – nowe zjawiska w 2024 roku, https://biznes.t-mobile.pl/pl/cyberbezpieczenstwo-nowe-zjawiska-w-2024-roku.
7. Cyberbezpieczeństwo w 2024: Trendy, zagrożenia i rekomendacje, https://simplicity-poland.pl/ blog/cyberbezpieczenstwo-w-2024/.
8. Cyberportret polskiego biznesu. Bezpieczeństwo cyfrowe oczami pracowników i ekspertów, https://in.eset.pl/cyberportret-polskiego-biznesu.
9. ENISA. (2020). ENISA Threat Landscape 2020. European Union Agency for Cybersecurity, https://www.enisa.europa.eu/news/enisa-news/enisa-threat-landscape-2020.
10. ENISA. (2023). ENISA Threat Landscape 2023. European Union Agency for Cybersecurity, https://www.enisa.europa.eu/.
11. ESET & DAGMA. (2023). Cyberportret polskiego biznesu. ESET Security Report.
12. ESET. (2023). Statement by Michal Jankech on cybersecurity challenges for SMEs. ESET Corporate Communications.
13. Gartner. (2023). Predicts 2024: Cybersecurity. Gartner Research, https://www.gartner.com/en/.
14. IBM. (2024). X-Force Threat Intelligence Index 2024. IBM Security, https://www.ibm.com/reports/threat-intelligence.
15. IBM. (2026). X‑Force Threat Intelligence Index 2026. IBM Security, https://www.ibm.com/reports/threat-intelligence
16. ISACA. (2023). State of Cybersecurity 2023: Global Update on Workforce Efforts, Resources and Cyberoperations. ISACA.
17. KPMG. (2023). Cybersecurity Insights Report. KPMG Poland.
18. Pasławski, K. (2024). Polska może doświadczyć 100 tys. cyberataków w 2024 roku, https://crn.pl/aktualnosci/polska-moze-doswiadczyc-100-tys-cyberatakow-w-2024-r/.
19. Report "State of Cybersecurity 2024, https://www.comptia.org/content/ research/ cybersecurity-trends-research.
20. Report "ENISA Threat Landscape 2020: Cyber Attacks Becoming More Sophisticated, Targeted, Widespread and Undetected", https://www.enisa.europa.eu/news/enisa-news/enisa-threat-landscape-2020
21. Żywucka-Kozłowska, E. Dziembowski, R. (2023). Wokół definicji cyberbezpieczeństwa. Cybersecurity and Law, 2(10), 123-132. DOI: 10.35467/cal/174923.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ТА ГРАФОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕКСТОВИХ ОПИСІВ ДЛЯ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНІВ

Аспірант О.О. Ганжа
Керівник - доц., канд. техн. наук Н.В. Іванчук
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

Стрімкий розвиток електронної комерції суттєво підвищує роль якісного інформаційного наповнення сторінок товарів. Потенційні покупці приймають рішення про придбання, орієнтуючись на характеристики, текстові описи та інші інформаційні матеріали, тому повнота, достовірність і структурованість цих даних безпосередньо впливають на довіру до продавця та ефективність продажів. Водночас створення якісних товарних описів традиційними методами є трудомістким процесом, що потребує залучення авторів, редакторів та фахівців предметної галузі. Для інтернет-магазинів з великим асортиментом товарів такий підхід стає малоефективним і економічно витратним, що зумовлює необхідність автоматизації процесу генерації контенту.

Поява великих мовних моделей відкрила нові можливості для автоматичного створення текстів, зокрема описів товарів. Однак у випадку технічної продукції, де критично важливою є точність характеристик, використання таких моделей пов’язане з ризиком появи неточностей або вигаданих даних. Аналіз сучасних тенденцій [1] показує зростаючий інтерес до методів, що дозволяють керовано генерувати текст на основі структурованих джерел даних, зокрема таблиць або графів знань. Одним із таких підходів є технологія GraphRAG, яка інтегрує можливості генеративних мовних моделей із графовими базами знань і забезпечує генерацію тексту на основі семантично пов’язаних та перевірених даних [2].

Запропонована архітектура дозволяє ефективно поєднати структуроване зберігання даних і можливості генеративних моделей для формування змістовних текстових описів. Завдяки використанню графової бази знань забезпечується чітка структуризація інформації про товари та їх характеристики, що є важливим для подальшого коректного формування запитів до мовної моделі. Графове представлення даних також дає змогу легко встановлювати зв’язки між різними об’єктами, що відкриває можливості для подальшого розширення системи.

Використання проміжного модуля на мові Python дозволяє реалізувати механізм отримання даних із графової бази та їх перетворення у формат, придатний для обробки генеративною моделлю. Такий підхід фактично реалізує принцип Retrieval-Augmented Generation, коли перед генерацією тексту модель отримує релевантну інформацію з зовнішнього джерела. Це

суттєво знижує ризик появи помилок або вигаданих характеристик, оскільки модель формує текст на основі конкретних, попередньо підготовлених даних.

Застосування моделі mT5-small [3] дозволяє виконувати генерацію описів українською мовою з урахуванням граматичних та стилістичних особливостей. Модель перетворює структуровані характеристики товару на зв’язний текст, який може використовуватися як основа для опису товару на сторінці інтернет-магазину. Важливою перевагою використання трансформерної моделі є її здатність узагальнювати інформацію та формувати зрозумілий для користувача текст навіть у випадку значної кількості характеристик.

Реалізація генерації описів у вигляді REST API забезпечує універсальність інтеграції розробленого інструменту з різними інформаційними системами. Завдяки використанню фреймворку FastAPI вдалося створити легкий і швидкий сервіс, який може обробляти запити на генерацію описів у режимі реального часу. Така архітектура дозволяє інтегрувати систему з платформами електронної комерції, системами керування контентом або внутрішніми інструментами контент-менеджерів.

Оскільки вихід мовної моделі являє собою суцільний текст (plain text), він потребує додаткової обробки для забезпечення читабельності та придатності до безпосереднього використання на веб-ресурсах. З цією метою у системі реалізовано механізм автоматичного перетворення згенерованого тексту у структурований HTML-формат. Алгоритм постобробки використовує набір ключових слів і шаблонів, за допомогою яких опис автоматично поділяється на логічні тематичні блоки, зокрема заголовок, призначення, сумісність і технічні характеристики. Кожен із цих блоків доповнюється відповідними HTML-тегами та елементами форматування, що забезпечує зручність сприйняття інформації та її коректне відображення на сторінках інтернет-магазину. У результаті користувач отримує структурований опис товару, який практично не потребує додаткового редагування перед публікацією.

Для спрощення взаємодії із системою розроблено веб-інтерфейс, створений із використанням HTML та Vanilla JavaScript без залучення сторонніх фреймворків. Через інтерфейс користувач може ввести каталожний номер товару та миттєво отримати згенерований HTML-опис. Отриманий результат відображається безпосередньо у вікні браузера, де його можна переглянути, перевірити та скопіювати для подальшого розміщення на сайті інтернет-магазину. Приклад роботи створеного інтерфейсу наведено на рисунку 1.

Крім режиму обробки окремих запитів, у системі реалізовано функцію потокової генерації описів. Користувач має можливість завантажити текстовий файл, що містить список каталожних номерів товарів, після чого система автоматично сформує опис для кожної позиції. Результати обробки можуть бути експортовані у форматі CSV, що спрощує їх подальший імпорт до каталогу інтернет-магазину або системи керування контентом.

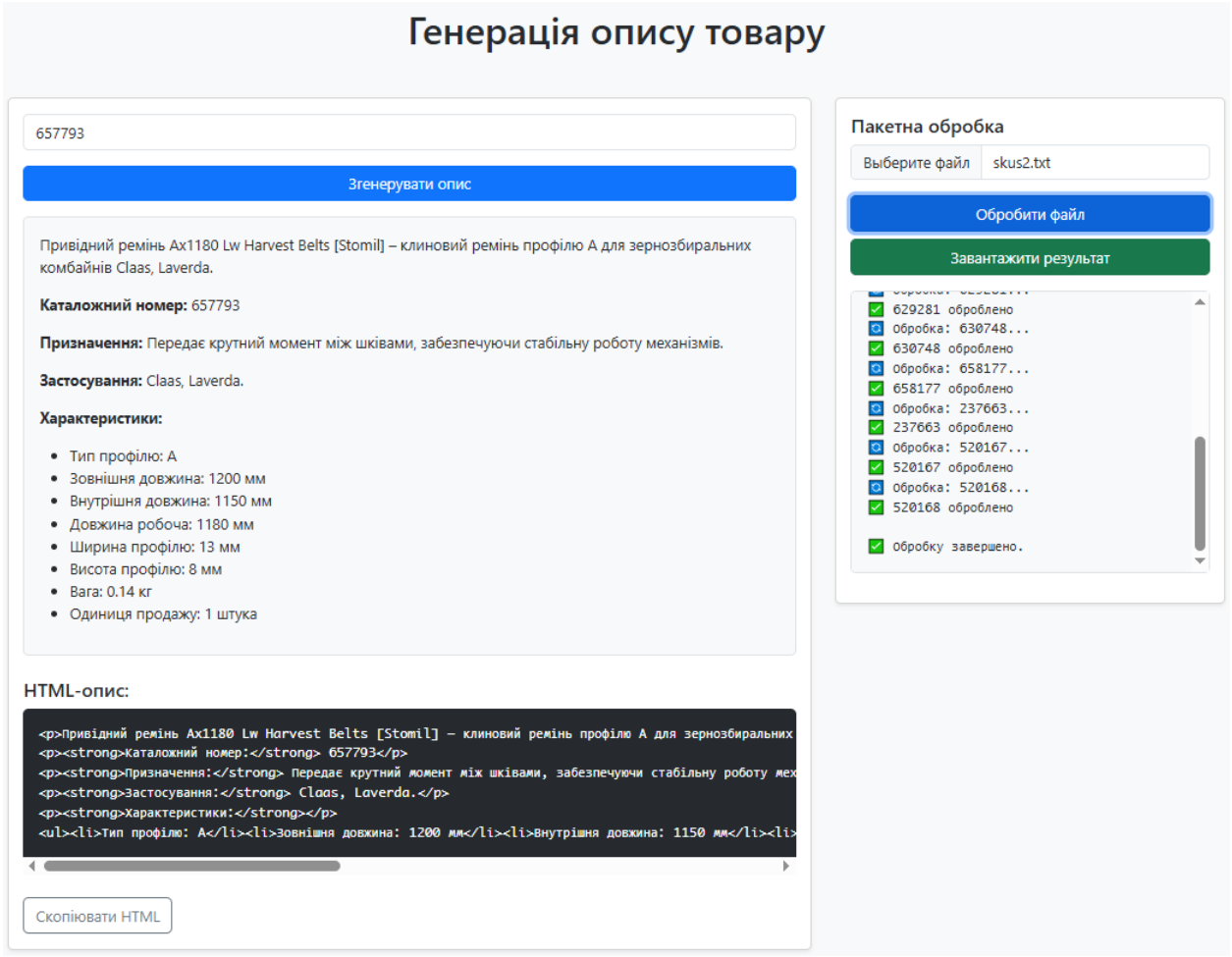


Рисунок 1 Вигляд веб-інтерфейсу генерації опису товару

З метою забезпечення зручності розгортання та перенесення системи всі її компоненти - графова база даних, API-сервер і веб-інтерфейс -упаковано в окремі Docker-контейнери. Для керування їхньою взаємодією використовується інструмент Docker Compose, що дозволяє запускати весь програмний комплекс як єдину систему. При цьому окремий том зберігання даних забезпечує збереження інформації в базі навіть у випадку перезапуску контейнерів або оновлення програмного середовища.

***Висновки*:** Отже, використання моделей глибокого навчання у поєднанні з графовою технологією Retrieval-Augmented Generation дозволяє ефективно автоматизувати процес створення текстових описів запчастин для інтернет-магазинів. Запропонований підхід забезпечує формування змістовних і структурованих описів на основі перевірених даних із графової бази знань, що зменшує ймовірність помилок та підвищує достовірність інформації. Розроблений програмний інструмент демонструє практичну придатність такого рішення та може бути використаний для автоматизації роботи з великими каталогами товарів у системах електронної комерції.

Посилання

1. Слободянюк, А. і Семеріков, С. Еволюція нейронних моделей генерування тексту: систематичний огляд досліджень 2022–2024 років. Ukrainian Journal of Information Systems and Data Science. 2 (Трав 2025), с.89-119.
2. Ганжа О. О., Іванчук Н. В. Генерація текстових описів запчастин із використанням моделей глибокого навчання та графової технології Retrieval-Augmented Generation (Graphrag). Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія: Технічні науки. 2025. Вип. 1(109). С. 202-213.
3. Linting Xue, Noah Constant, Adam Roberts, Mihir Kale, Rami Al-Rfou, Aditya Siddhant, Aditya Barua, and Colin Raffel. mT5: A massively multilingual pre-trained text-to-text transformer. Association for Computational Linguistics, Online, 2021, pages 483–498.

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ ІНФОРМАТИКИ: ВІД ІНСТРУМЕНТУ ДО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ

Викладач, спец. вищої категорії О.В. Грицай
Державний професійно-технічний навчальний заклад «Сумський центр професійно-технічної освіти»
м. Суми, Україна

Вступ

Сучасне суспільство характеризується глибокою цифровою трансформацією всіх сфер життя, і освіта не є винятком. Інформаційно-цифрові технології (ІЦТ) стрімко увійшли в щоденну практику викладача та студентів, змінюючи не лише інструментарій, але й саму філософію навчання. Як слушно зауважив відомий філософ освіти Джон Дьюї, «якщо ми вчимо сьогодні так, як вчили вчора, ми крademо у наших дітей завтра». Ця теза набуває особливої актуальності в контексті викладання інформатики — предмета, який безпосередньо відображає технологічний прогрес і готує учнів до життя в інформаційному суспільстві.

Однак, незважаючи на значний потенціал ІЦТ, на практиці спостерігається певне відставання методик викладання від темпів розвитку самих технологій. Часто цифрові інструменти використовуються епізодично, лише для демонстрації або контролю, не змінюючи сутнісно педагогічної взаємодії. Це зумовлює актуальність пошуку шляхів інтеграції ІЦТ, яка б перетворила їх з простого допоміжного засобу на повноцінне освітнє середовище, що стимулює розвиток,

творчість та співпрацю. Особливо це важливо для уроків інформатики, де технології є одночасно і об'єктом вивчення, і засобом навчання.

Мета статті полягає у теоретичному обґрунтуванні та практичному аналізі ефективних підходів до використання інформаційно-цифрових технологій на уроках інформатики для створення інтерактивного освітнього середовища, що сприяє формуванню ключових компетентностей студентів.

Основна частина

1. Трансформація ролі ІЦТ в освітньому процесі.

Традиційно інформаційно-цифрові технології розглядалися як допоміжний інструмент: комп'ютер використовувався для друку завдань, проєктор — для демонстрації слайдів, а навчальні програми — для тренувальних вправ. Однак сучасний етап розвитку освіти, зокрема в рамках концепції Нової української школи (НУШ), вимагає переходу від такого фрагментарного підходу до створення цілісного **цифрового освітнього середовища.**

Це середовище характеризується такими ознаками:

- **Інтерактивність:** студент є не пасивним спостерігачем, а активним учасником навчального процесу, який взаємодіє з контентом, викладачем та іншими студентами.
- **Відкритість та доступність:** навчальні матеріали доступні у будь-який час та з будь-якого пристрою (за умови доступу до мережі Інтернет).
- **Персоналізація:** можливість вибудовування індивідуальної траєкторії навчання з урахуванням темпу, інтересів та здібностей кожного студента.
- **Колаборативність:** технології створюють умови для спільної роботи над проєктами, обміну думками та взаємонавчання.

У такому середовищі змінюється і роль викладача: з «транслятора знань» він перетворюється на фасилітатора, модератора, тьютора, який організовує навчальний процес та допомагає студенту орієнтуватися в потоці інформації.

2. Цифрові інструменти формування інтерактивного освітнього середовища на уроці інформатики.

Розглянемо ключові групи цифрових інструментів, які дозволяють ефективно реалізувати завдання створення сучасного освітнього середовища на уроках інформатики.

2.1. Платформи для організації навчання та комунікації (LMS).

Хмарні сервіси, такі як **Google Classroom, Moodle,** стають основою цифрового освітнього середовища. Вони дозволяють:

- структурувати навчальні матеріали за темами та уроками;
- створювати та розподіляти завдання, автоматизувати їх перевірку (де це можливо);
- забезпечувати зворотний зв'язок через коментарі та особисті повідомлення;
- інтегрувати інші цифрові інструменти та ресурси.

На уроках інформатики це особливо зручно при вивченні тем, пов'язаних із програмуванням: у Google Classroom можна розміщувати завдання, приклади коду, посилання на онлайн-середовища, розробки та приймати готові проєкти.

2.2. Інструменти для інтерактивного навчання та гейміфікації.

Гейміфікація є потужним засобом підвищення мотивації студентів. Використання ігрових елементів у навчальному процесі дозволяє зробити вивчення навіть складних тем цікавим.

- LearningApps.org – це безкоштовний онлайн-сервіс (Німеччина), що дозволяє створювати інтерактивні вправи різних типів: вікторини, кросворди, пазли, ігри на класифікацію та встановлення відповідності. Вправи можна використовувати для актуалізації знань, закріплення матеріалу або як елемент змагання. Зручно, що викладач може не лише створювати власні вправи, але й використовувати готові, адаптуючи їх під свої потреби. Наприклад, при вивченні теми «Комп'ютерні мережі» студенти можуть у формі гри співставляти терміни та їх визначення.
- **Kahoot! та Quizizz** – платформи для створення інтерактивних вікторин у реальному часі. Вони ідеально підходять для проведення тематичних змагань, швидкого опитування в кінці уроку або як елемент контролю знань. Яскравий інтерфейс, музика, елемент змагальності залучають до роботи навіть найпасивніших студентів.

2.3. Інструменти для візуалізації та спільної роботи.

Візуалізація складної інформації є ключовою для її розуміння, особливо на уроках інформатики, де багато абстрактних понять.

- **Інтелект-карти (Mindmup, Coggle):** Використання ментальних карт допомагає студентам структурувати теоретичний матеріал, побачити логічні зв'язки між поняттями (наприклад, при вивченні архітектури комп'ютера або класифікації програмного забезпечення).
- **Padlet** – це віртуальна інтерактивна дошка («стіна»), на яку можна додавати нотатки, зображення, відео, файли, посилання. Цей сервіс відкриває широкі можливості для спільної роботи. На уроках інформатики Padlet можна використовувати для:
  - проведення мозкового штурму на початку вивчення нової теми;
  - збору ідей для проєктів;
  - публікації результатів групової роботи;
  - створення спільної бази корисних ресурсів (наприклад, посилань на онлайн-компілятори).

3. Методичні аспекти впровадження ІЦТ на різних етапах уроку.

Ефективність використання цифрових інструментів значною мірою залежить від методичної грамотності викладача, його вміння органічно вписати їх у структуру уроку. Аналіз педагогічного досвіду дозволяє виділити типові сценарії застосування:

- **Етап актуалізації опорних знань:** доцільно використовувати короткі тести-вікторини в Kahoot! або Quizizz. Це дозволяє швидко залучити студентів до роботи, активізувати їхню увагу та виявити прогалини в знаннях.

- **Етап вивчення нового матеріалу:** візуалізація складних процесів (наприклад, передачі даних в мережі, роботи алгоритмів) за допомогою відео з YouTube або авторських презентацій з елементами анімації. Для структурування матеріалу можна запропонувати студентам створити спільну інтелект-карту в Coggle.
- **Етап закріплення та систематизації:** ідеальний час для використання інтерактивних вправ LearningApps (класифікація, заповнення пропусків, розв'язання кросвордів). Студенти можуть працювати індивідуально або в парах за комп'ютерами.
- **Етап виконання практичної роботи:** для групових проєктів або дослідницьких завдань незамінним є Padlet. Студенти публікують проміжні та кінцеві результати, код програм, роблять висновки, коментують роботи одногрупників. Хмарні сервіси (Google Classroom) дозволяють студентам здавати виконані завдання, а викладачу – оперативно надавати зворотний зв'язок.
- **Етап контролю:** використання онлайн-тестів у Google Формах або спеціалізованих платформах дозволяє автоматизувати перевірку та економити час викладача.

Особливого значення використання ІЦТ набуло в умовах змішаного та дистанційного навчання, спричиненого пандемією та воєнним станом в Україні. Як зазначають педагоги-практики, саме завдяки опануванню вищезазначених інструментів вдалося не лише зберегти безперервність освітнього процесу, але й зробити його більш гнучким, цікавим та технологічним .

4. Виклики та перспективи розвитку цифрового освітнього середовища

Попри очевидні переваги, процес створення цифрового освітнього середовища стикається з низкою викликів:

1. **Матеріально-технічне забезпечення:** значна кількість закладів освіти потребує оновлення комп'ютерної техніки та покращення доступу до швидкісного Інтернету.
2. **Цифрова компетентність педагогів:** використання ІЦТ вимагає від викладача постійного професійного розвитку, готовності опановувати нові сервіси та змінювати усталені методики роботи.
3. **Безпека та інформаційна гігієна:** важливо навчати студентів правилам безпечної поведінки в мережі, критично оцінювати інформацію та захищати персональні дані.

Перспективним напрямком розвитку є інтеграція в освітнє середовище технологій штучного інтелекту (ШІ). Перед викладачами інформатики постають нові завдання: навчити студентів грамотно формулювати запити для нейромереж (наприклад, ChatGPT), використовувати згенерований код як допоміжний інструмент, аналізувати та критично оцінювати результати роботи ШІ. Це формує новий рівень цифрової компетентності, необхідної для успішної самореалізації в майбутньому.

Висновки

Отже, перехід від використання ІЦТ як інструменту до створення на їх основі сучасного освітнього середовища є магістральним шляхом розвитку

шкільної інформатичної освіти, що забезпечує підготовку компетентних, мобільних та успішних випускників.

Проведене дослідження дозволяє зробити такі висновки:

1. Використання інформаційно-цифрових технологій на уроках інформатики має еволюціонувати від застосування окремих інструментів до створення цілісного інтерактивного цифрового освітнього середовища. Такий підхід відповідає вимогам НУШ та потребам сучасних студентів.
2. Інтеграція таких інструментів, як **Google Classroom** (організація навчання), **LearningApps та Kahoot!** (інтерактивність та гейміфікація), **Padlet** (спільна робота), дозволяє підвищити мотивацію студентів, забезпечити індивідуалізацію навчання та сформувати ключові компетентності, зокрема інформаційно-цифрову.
3. Методично грамотне використання ІЦТ на різних етапах уроку (актуалізація, вивчення нового матеріалу, закріплення, контроль) робить навчальний процес більш гнучким, динамічним та ефективним, особливо в умовах змішаного та дистанційного навчання.
4. Подальший розвиток цифрового освітнього середовища пов’язаний з інтеграцією технологій штучного інтелекту, що потребує оновлення змісту навчання та підвищення кваліфікації педагогів. Вирішення проблем матеріально-технічного забезпечення та інформаційної безпеки залишаються важливими умовами успішної цифровізації освіти.

Посилання

1. IT-студії — цифрові освітні ресурси з інформатики. *Дія. Освіта*. URL: https://it-osvita.diia.gov.ua/.
2. Дадонова О. Цифрові інструменти інтерактивного навчання на уроках інформатики. *Академія «Ранок»*. URL: https://academyranok.com.ua/course/czyfrovi-instrumenty-interaktyvnogo-navchannya-na-urokah-informatyky/.
3. Використання інтерактивних технологій на уроках інформатики. *На Урок*. URL: https://naurok.com.ua/vikoristannya-interaktivnih-tehnologiy-na-urokah-informatiki-57423.html.
4. Вельможна О. П. Цифрові технології на уроках інформатики. *На Урок*. 2025. URL: https://naurok.com.ua/cifrovi-tehnologi-na-urokah-informatiki-445964.html.
5. Кріцина О. Г. Інформаційно-цифрові технології як форма реалізації освітнього процесу. *На Урок*. URL: https://naurok.com.ua/dosvid-informaciyno-cifrovi-tehnologi-yak-forma-realizaci-osvitnogo-procesu-246181.html.
6. Середня освіта (Цифрові технології в освіті: Інформатика та Фінансова грамотність). *Start.Karazin. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*. URL: https://start.karazin.ua/programs/5/23/A4.021/339.
7. Кафедра інформатики та інформаційних технологій в освіті. *ВСП «ВГПК»*. URL: https://kinform.vgpk.edu.ua/.

НАТИВНА ЗАМІНА JAVASCRIPT РІШЕНЬ

Асистент Г.М. Гузь
Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро
Інженер-програміст Д.В. Гузь
ТОВ «АЛЛО», м. Дніпро

Світ розробки зараз проходить через серйозні зміни. Якщо раніше створення інтерфейсів було технічним процесом із ручним керуванням об’єктами - створив елемент, налаштував властивості, додав у ієрархію - то сьогодні ми все більше працюємо в декларативному підході.

Тепер розробник описує не кроки побудови, а кінцевий вигляд і поведінку інтерфейсу, а система сама відповідає за його оновлення. Інтерфейс напряму залежить від стану даних: змінюються дані - автоматично оновлюється UI. Код стає зрозумілішим, його легше підтримувати й масштабувати.

Сучасна нативна верстка - це вже не лише про гарний дизайн. Це про швидкість реалізації ідей, гнучкість у змінах і готовність до нових форматів пристроїв. Також важливо, що інтерфейс тепер тісніше пов’язаний із бізнес-логікою. Дані, стан і відображення працюють як єдина система, що дозволяє створювати більш адаптивні та сучасні продукти. Це вже не просто верстка екранів, а побудова цілісного цифрового досвіду.

Головний тренд сьогодні - це мінімальна залежність від сторонніх бібліотек та перехід до нативних механізмів, які пропонують браузери та операційні системи. Ми відходимо від складних JavaScript-конструкцій на користь декларативного підходу, де структура та поведінка інтерфейсу описуються прямо в коді або розмітці.

Фундаментом «нових горизонтів» є зміна парадигми з імперативної (як змінити елемент) на декларативну (що ми хочемо бачити). У вебверстці цей підхід реалізується через Web Components та Declarative Shadow DOM, що дозволяє створювати ізольовані компоненти з власними стилями безпосередньо в HTML-шаблоні, уникаючи конфліктів глобального CSS.

Одним із найвагоміших нововведень у сучасному HTML стало запровадження елементів, для реалізації яких раніше доводилося використовувати окремі плагіни, зокрема, теги <dialog> та <details>.

Розглянемо приклади використання нативних можливостей сучасного HTML - без сторонніх бібліотек або складного JavaScript.

Тег <dialog> в HTML - це сучасний і дуже зручний спосіб створювати модальні вікна або спливаючі повідомлення. Вони вимагають обов’язкової взаємодії користувача: блокують основний інтерфейс і утримують фокус клавіатури всередині себе [1].

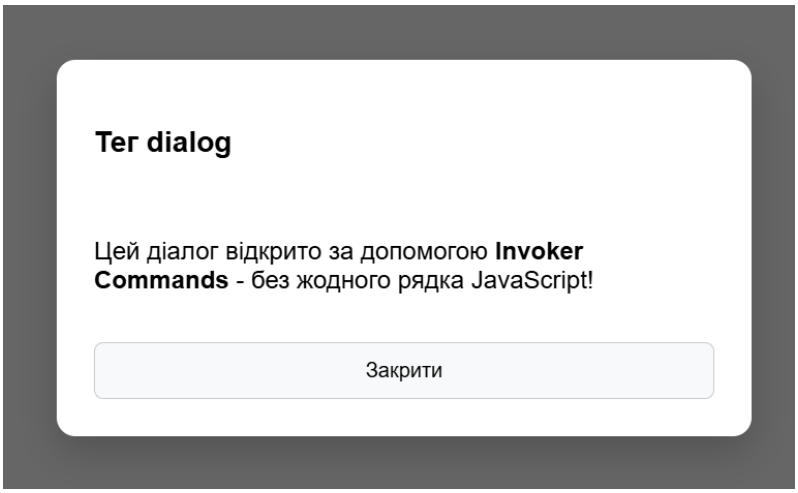
Раніше доводилося писати купу коду на JavaScript та воювати з z-index, щоб вікно виглядало і працювало адекватно. Тепер браузер робить це самостійно (рис. 1).

```html
<button command="show-modal" commandfor="my-dialog" class="btn btn-open">Відкрити діалог</button>

<dialog id="my-dialog" closedby="any" class="modern-dialog">
  <div class="dialog-content">
    <h3>Тег dialog</h3>
    <p>
      Цей діалог відкрито за допомогою <strong>Invoker Commands</strong> - без жодного рядка
      JavaScript!
    </p>

    <button commandfor="my-dialog" command="close" class="btn btn-close">Закрити</button>
  </div>
</dialog>
```

а)



б)

Рисунок 1 – Використання тега <dialog>: а) HTML – код; б) результат

Використання атрибутів command та commandfor перетворює HTML на декларативний інструмент, що дозволяє замінити складні обробники addEventListener нативною логікою браузера.

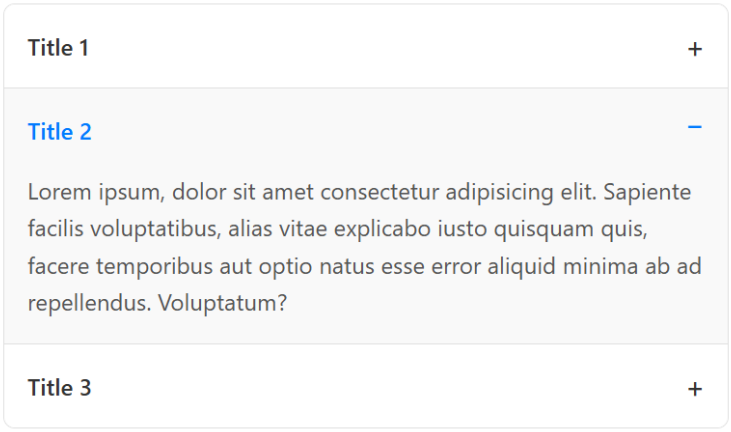
Атрибут closedby="any" автоматично реалізує функцію Light Dismiss, дозволяючи закривати вікно клавішею Esc або кліком по фону без жодного рядка JavaScript, тоді як рідна природа елемента <dialog> гарантує повну доступність, автоматично керуючи фокусом клавіатури для користувачів із порушеннями зору.

Тег <details> - це вбудований у HTML інтерактивний елемент, який дозволяє створювати блоки контенту, що розгортаються [1]. Раніше для створення акордеона (де відкрита лише одна вкладка, а інші закриваються) потрібен був JavaScript. Тепер у стандарті з'явився атрибут name.

Якщо декілька <details> мають однакове ім'я, вони працюють як єдина група: відкриття одного автоматично закриває інший (рис. 2).

```html
<section class="accordion-group">
  <details name="order-info" open>
    <summary>Title 1</summary>
    <div class="content">
      Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipisicing elit. Ipsum voluptatem quisquam modi nihil
      assumenda temporibus, unde omnis quidem voluptates animi ipsa nesciunt autem, accusamus,
      numquam atque? Suscipit ipsum eius incidunt!
    </div>
  </details>
  <details name="order-info">
    <summary>Title 2</summary>
    <div class="content">
      Lorem ipsum, dolor sit amet consectetur adipisicing elit. Sapiente facilis voluptatibus, alias
      vitae explicabo iusto quisquam quis, facere temporibus aut optio natus esse error aliquid
      minima ab ad repellendus. Voluptatum?
    </div>
  </details>
</section>
```

а)



б)

Рисунок 2 – Використання тега <details>: а) HTML – код; б) результат

Висновки:

1. Веброзробка переходить від покрокових інструкцій до опису кінцевого результату. Те, що раніше вимагало бібліотек, тепер працює на чистому HTML/CSS.

2. Використання command та commandfor перетворює HTML на декларативний інструмент, що заміщує JavaScript нативною, доступною та лаконічною логікою браузера.

3. Завдяки атрибуту name тега <details> можна створювати групові акордеони на рівні браузера з повною підтримкою клавіатури.

4. Нативні елементи автоматично підтримують скринрідери та керування фокусом, роблячи інклюзивність стандартом, а не складним додатком.

Посилання

1. Resources for Developers, by Developers [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: https://developer.mozilla.org/en-US/

ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕС ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Викладач, спеціаліст «вищої категорії», ст. викладач І.В. Демещенко
Державний професійно – технічний навчальний заклад «Сумський центр професійно-технічного освіти»
м. Суми, Україна

Вступ

Сучасна металообробна промисловість переживає суттєві трансформації під впливом цифровізації та автоматизації виробництва. Одним із ключових напрямів розвитку є впровадження концепції Індустрії 4.0, яка передбачає інтеграцію кіберфізичних систем, інтернету речей, великих даних та технологій штучного інтелекту у виробничі процеси.

У сфері металообробки це проявляється у створенні інтелектуальних верстатів з числовим програмним керуванням, які здатні аналізувати технологічні параметри, контролювати стан інструменту та автоматично коригувати режими обробки. Такі системи дозволяють підвищити точність виготовлення деталей, зменшити знос інструменту та оптимізувати виробничі процеси.

У зв'язку з цим виникає необхідність оновлення підходів до підготовки робітничих кадрів, зокрема операторів верстатів з ЧПК, які повинні не лише володіти традиційними технологічними навичками, а й розуміти принципи роботи інтелектуальних виробничих систем.

Мета статті — обґрунтувати необхідність оновлення змісту професійної підготовки операторів верстатів з ЧПК в умовах Індустрії 4.0 та визначити ключові напрямки інтеграції технологій штучного інтелекту у освітній процес для підвищення конкурентоспроможності випускників закладів професійної освіти.

Основна частина

ШІ у металообробці: сучасний стан.

Сьогодні ШІ інтегрується безпосередньо до систем ЧПК (наприклад, Siemens Sinumerik One або новітні стійки Fanuc). Основними напрямками застосування є:

1. Прогностичне технічне обслуговування (Predictive Maintenance): система аналізує вібрації та навантаження, щоб попередити вихід з ладу шпинделя, підшипників або інших частин верстатів.
2. Оптимізація режимів різання в реальному часі: ШІ автоматично корегує подачу (F) та швидкість (S), якщо матеріал має неоднорідну твердість.
3. Моніторинг зношення інструменту: алгоритми машинного зору чи акустичної системи визначають критичний стан різальної кромки інструменту до того, як виникне брак.

Зміна парадигми навчання оператора.

Впровадження інтелектуальних систем суттєво змінює роль людини у виробничому процесі. Якщо традиційний верстатник відповідав безпосередньо за керування механізмами, то сучасний оператор стає наладчиком, програмістом та аналітиком в одній особі.

Оновлений державний освітній стандарт з професії «Оператор верстатів з програмним керуванням» враховує останні досягнення галузі та передбачає поглиблення знань у сфері автоматизації, робототехніки та систем цифрового виробництва. Крім традиційних навичок програмування, сучасний фахівець повинен володіти такими компетентностями наведеними в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння традиційних та нових компетентностей оператора верстата з ЧПК

Традиційні компетентності	*Компетентності в умовах Індустрії 4.0*
Ручне програмування (G-код)	Робота з CAD/CAM системами, розуміння логіки роботи ШІ-помічників
Спостереження за процесом	Аналіз даних моніторингу, інтерпретація прогнозів системи
Обслуговування верстата (усунення поломок)	Проактивне планування заміни інструменту на основі даних ШІ
Налаштування одного верстата	Координація роботи групи верстатів та роботів

Як зазначають експерти, оператори повинні вміти ефективно використовувати передові інструменти та алгоритми штучного інтелекту, щоб реалізувати весь потенціал сучасних верстатів. Це вимагає не просто додаткових знань, а формування нового типу мислення – системного аналітичного підходу до виробничих завдань.

Практичний досвід впровадження у Сумському центрі ПТО.

У процесі проведення уроків теоретичного навчання для студентів, які навчаються по професії «Оператор верстатів з програмним керуванням» я акцентую увагу на наступних етапах:

1. Використання симуляторів з елементами ШІ: навчання починається не з реальної обробки деталі, а з програмного забезпечення, що імітує процес різання та візуалізує потенційні помилки.
2. Діагностика за непрямими ознаками: привчаю студентів порівнювати «еталонний» звук роботи верстата з даними на моніторі стійки ЧПК.
3. Економічна ефективність: пояснюю студентам, що вчасна заміна інструменту за прогнозом ШІ заощаджує тисячі гривень підприємству, що робить працівника більш цінним кадром.

Важливо підкреслити, що ШІ не замінює людину, а робить з неї «оператора-аналітика», звільняючи час для вирішення творчих та організаційних завдань. Саме це розуміння має бути основою сучасної філософії професійної підготовки.

Шляхи модернізації освітніх програм

У майбутньому роль технологій штучного інтелекту у металообробці буде лише зростати. У зв'язку з цим професійна освіта повинна вчасно реагувати на зміни технологічного середовища та формувати у майбутніх фахівців нові компетентності.

Для успішної підготовки конкурентоспроможних фахівців необхідно:

1. Впроваджувати модулі з вивчення сенсорики (адаптивних систем керування обробкою; цифрових двійників виробничих процесів; систем автономної оптимізації технологічних параметрів).
2. Співпрацювати з підприємствами, що вже використовують системи моніторингу типу Open Mind або NC-Brain.
3. Розвивати Soft Skills: адаптивність до нових інтерфейсів, які постійно оновлюються.

Висновки

Інтеграція ШІ в підготовку операторів верстатів з ЧПК — це не майбутнє, а сьогодення. Випускник закладу професійної освіти має бути «оператором-аналітиком інтелектуальних систем обробки», який керує системою роботи сучасних верстатів. Саме такий підхід дозволить молодим фахівцям бути затребуваними на сучасному ринку праці та забезпечити розвиток вітчизняного машинобудування.

Перспективами подальших досліджень є розробка конкретних методик викладання тем, пов'язаних із ШІ для професії «Оператор верстатів з програмним керуванням», а також вивчення можливостей співпраці з підприємствами, які впроваджують інтелектуальні виробничі системи.

Посилання

1. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, 2016.
2. Матеріали конференції "Smart Manufacturing & Metalworking 2024".
3. Стандарт професійної освіти України за професією 8211.
4. Штучний інтелект у верстатах з ЧПК. Fabryka Maszyn CNC. URL: https://obrabiarki-cnc.pl/uk/.
5. Індустрія 4.0: які навички потрібні оператору ЧПК за новим стандартом? НМЦ ПТО. URL: https://nmc-pto.dp.ua/.
6. Майбутнє обробки з ЧПК: як робототехніка та ШІ революціонізують обробку з ЧПК. CNCRUSH. URL: https://cncrush.com/uk/.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОСТОРОВОГО ПОКРИТТЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КРАУДСОРСИНГОВОГО ЗБОРУ ДАНИХ МІСЬКОЇ ДОСТУПНОСТІ

Студент В.О. Зіма
Керівник – к.т.н., ст. викладач І.О. Кобилін
Кафедра інформатики
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна

При зборі даних про доступність міської інфраструктури з краудсорсингових платформ, класичною системною проблемою є похибка вибірки (sampling bias). Сутність проблеми полягає в тому, що велика кількість репортів формується у центральних районах в той самий час околиці мають недостатній рівень покриття. В наслідок, система генерує неправдиві висновки про просторові пріоритети та залишає «сліпі зони» на мапі доступності. При чому проблематику можна назвати замкненою, люди обирають вже відомий маршрут, при такому розкладі нові ділянки дорогу можуть навіть не запропоновуватись користувачу, бо ваги впевненості у маршруті будуть меншими за той, де репортів є більше.

Перш ніж приступити до розв'язання цієї задачі, пропонується сформулювати математичну модель оцінки пріоритетності збору даних. На початку територія міста розбивається на просторову сітку (наприклад, за допомогою діаграми Вороного або гексагональної сітки H3), де кожна комірка Z_i отримує динамічний індекс пріоритету $P(Z_i)$. Цей індекс розраховується як функція поточної щільності повідомлень та соціальної важливості місця розташування:

$$P(Z_i) = \alpha \cdot \frac{1}{D(Z_i) + \text{т}} + \beta \cdot I(Z_i)$$

де $D(Z_i)$ – кількість існуючих валідованих репортів у зоні Z_i, т – мала константа для уникнення ділення на нуль, а $I(Z_i)$ – коефіцієнт інфраструктурної важливості (наявність лікарень, зупинок громадського транспорту, соціальних закладів). Вагові коефіцієнти α та β дозволяють системі гнучко балансувати між дослідженням нових територій та деталізацією критично важливих зон.

Розроблена математична модель слугує базисом для підсистеми управління краудсорсингом, яка реалізує концепцію просторового мікро-таскінгу (spatial micro-tasking). Ідея цього підходу полягає в гейміфікації збору даних, а саме те, що система може давати завдання користувачам для покриття «слабких» зон. Таким чином з пасивного очікування репортів, система переходить до активного управління збору даних.

Алгоритм працює за наступним сценарієм: серверна частина системи безперервно перераховує індекси пріоритету $P(Z_i)$ для всіх комірок міста. Коли користувач (наприклад волонтер) з увімкненою геолокацією на мобільному пристрої, наближається до зони з критично високим показником пріоритету (наприклад перехрестя біля лікарні, де відсутня інформація про пониження бордюру), система ініціює таргетований запит. У мобільному додатку це може бути реалізовано через push-повідомлення формату: «Ви знаходитесь поруч із недослідженою ділянкою. Зробіть фото інфраструктури, щоб допомогти іншим, і отримайте додаткові бали».

Критично важливою властивістю такої архітектури є її динамічна саморегуляція. Як тільки користувач виконує завдання і завантажує валідований репорт, параметр $D(Z_i)$ для цієї зони зростає. Відповідно, індекс пріоритету автоматично зменшується, разом з цим система динамічно перемикає фокус на найближчу «сліпу зону». Застосування елементів гейміфікації (рейтинги, віртуальні нагороди) додатково стимулює користувачів свідомо відхилятися від звичних маршрутів заради збору соціально важливих просторових даних, розриваючи таким чином проблему замкненого кола недостатнього покриття.

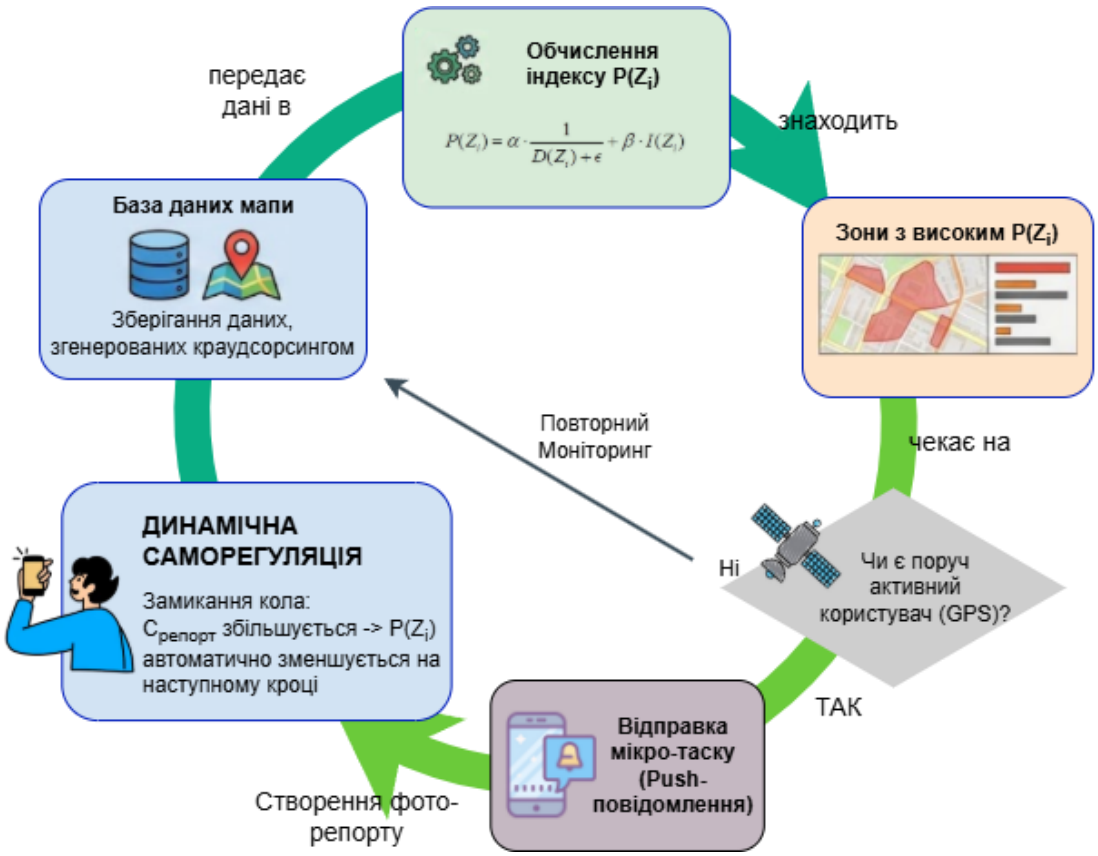


Рисунок 1 – Схема динамічної саморегуляції краудсорсингової системи збору даних

Отже, застосування методів системного аналізу та математичного моделювання дозволяє перетворити стихійний краудсорсинг на керовано-динамічний процес. Запропонована модель просторового мікро-таскінгу ефективно розв'язує проблему похибки вибірки (sampling bias) та сприяє ліквідації просторових «сліпих зон». Завдяки алгоритму динамічної саморегуляції система здатна автоматично балансувати рівень покриття даних, враховуючи соціальну та інфраструктурну значущість міських локацій. У глобальній перспективі впровадження такого підходу забезпечить маломобільні групи населення максимально повною, актуальною та об'єктивною інформацією для безпечного прокладання маршрутів незалежно від популярності чи віддаленості району.

Посилання

1. Котелевець К. А. Кластеризація та дискретизація геоданих / К. А. Котелевець; наук. кер. Л. Е. Чала // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 28-го Міжнар. молодіж. форуму (16–18 квітня 2024 р.). – Харків : ХНУРЕ, 2024. – Т. 6. – С. 107–109. – DOI: https://doi.org/10.30837/IYF.IIS.2024.107.
2. Goodchild M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography / M. F. Goodchild // GeoJournal. – 2007. – Vol. 69, № 4. – P. 211–221. – DOI: https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y.
3. Zhang G. The representativeness and spatial bias of volunteered geographic information: a review / G. Zhang, A. X. Zhu // Annals of GIS. – 2018. – Vol. 24, № 3. – P. 151–162. – DOI: https://doi.org/10.1080/19475683.2018.1501607.
4. Haklay M. How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets / M. Haklay // Environment and Planning B: Planning and Design. – 2010. – Vol. 37, № 4. – P. 682–703. – DOI: https://doi.org/10.1068/b35097.

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ CAD/CAM-СИСТЕМИ В ПРОЦЕСІ ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Ст. викладач В.М. Карабут
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми:

В процесі програмування обробки деталей на верстатах з ЧПК, при використанні різних CAD/CAM-систем, виникають помилки як на етапі імпортування файлів моделей (деталей, заготовок і т.і.) з CAD-системи у CAM-систему, так і на етапі розташування імпортованих моделей (деталей,

заготовок і т.і.) у системі координат установа, розпізнавання елементів на імпортованій моделі деталі, побудови траєкторій переміщення інструменту та створення керуючої програми обробки деталі у CAM-системі.

Для виправлення цих помилок витрачається багато часу.

Використання різних CAD/CAM-систем мало ефективне та має меншій економічний ефект.

Мета роботи:

Для зменшення помилок і втрат часу, а також для збільшення ефективності використання та підвищення економічного ефекту використовуємо інтегровану CAD/CAM-систему Autodesk [1, 2]. Вона складається з CAD-системи Autodesk Inventor Professional [1] і CAM-системи Autodesk Inventor CAM [2].

У ознайомчої версії CAD-системи Autodesk Inventor Professional [1] було створено 3D модель деталі (рисунок 1) та 3D модель заготовки деталі (рисунок 2).

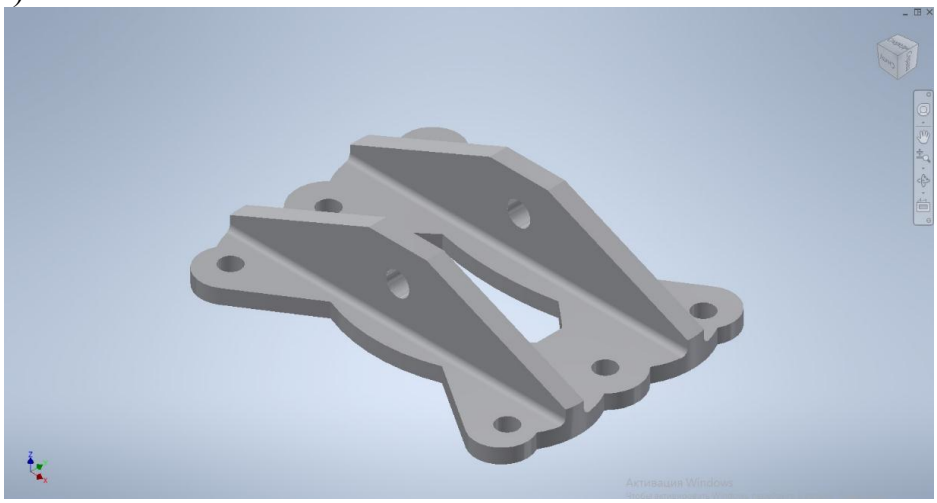


Рисунок 1 – Створена 3D модель деталі у CAD-системі Autodesk Inventor Professional [1]

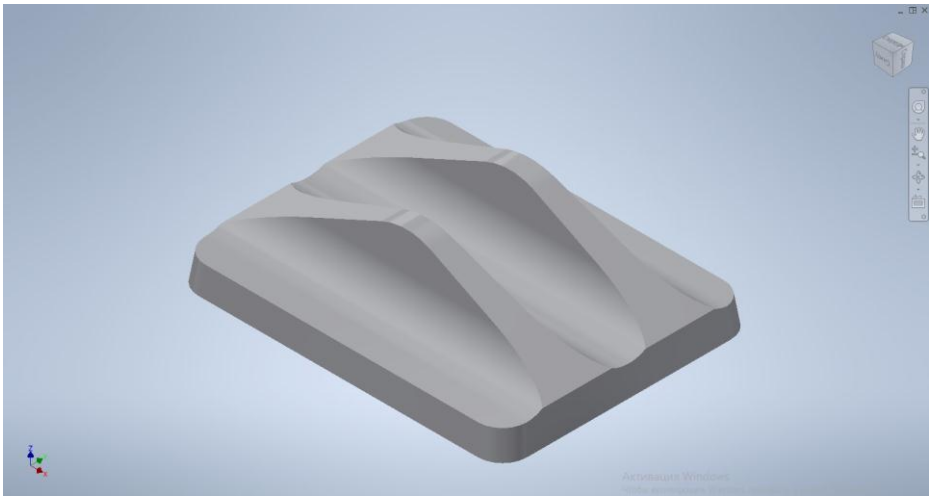


Рисунок 2 – Створена 3D модель заготовки деталі у CAD-системі Autodesk Inventor Professional [1]

У ознайомчої версії CAM-системи Autodesk Inventor CAM [2] було проведено розпізнавання елементів на моделі деталі, побудовані траєкторії переміщення інструменту (рисунок 3) та створена керуюча програма обробки деталі для верстата з ЧПК (рисунок 4).

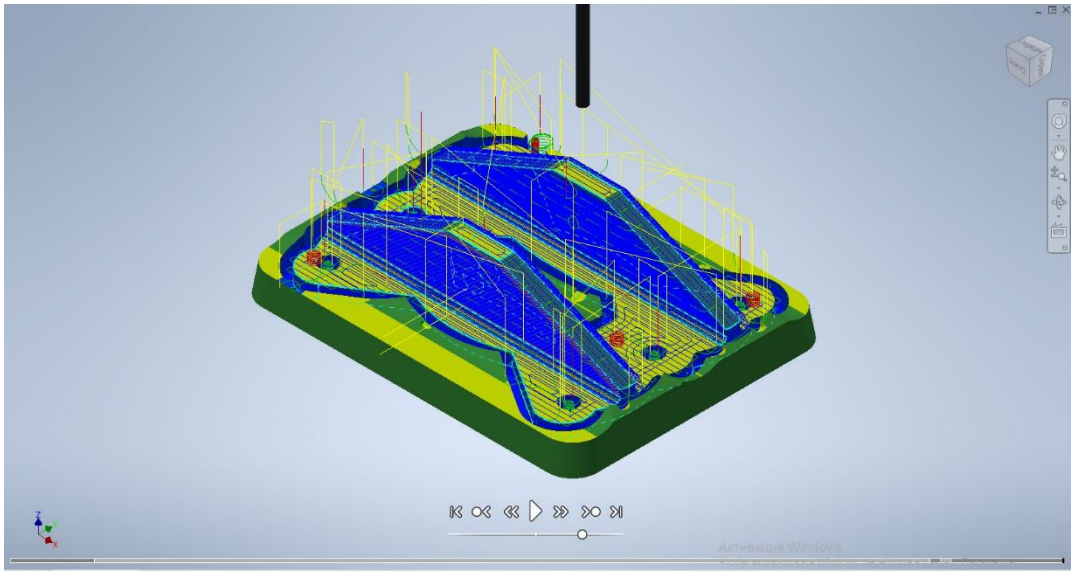


Рисунок 3 – Побудовані траєкторії переміщення інструменту у CAM-системі Autodesk Inventor CAM [2]

```
%
O10011
(T1 D=4. CR=0. - ZMIN=-8. - FLAT END MILL)
N10 G90 G94 G17 G49 G40 G80
N15 G21
N20 G28 G91 Z0.
N25 G90

(1)
N30 T1 M06
N35 S500 M03
N40 G54
N45 M08
N50 G00 X0. Y29.3
N55 G43 Z40. H01
N60 G00 Z28.
N65 G01 Z26.5 F700.
N70 G19 G02 Y27.8 Z25. J-1.5
N75 G01 X0.003 Y27.737
N80 X0.011 Y27.674
N85 X0.731 Y23.5
N90 G17 G02 X0. Y22.632 I-0.731 J-0.126
N95 G01 X-7.442 F300.
N100 G03 X-8.656 Y21.419 J-1.213
N105 G01 X-8.655 Y20.581
N110 G03 X-7.442 Y19.368 I1.214
N115 G01 X7.442
N120 G03 X8.655 Y20.581 J1.214
N125 G01 X8.656 Y21.419
N130 G03 X7.442 Y22.632 I-1.213
N135 G01 X0.
N140 G02 X-2.226 Y24.116 J2.411
N145 G03 X-4.452 Y25.6 I-2.226 J-0.927
N150 G01 X-9.992
N155 G03 X-11.624 Y23.904 I-0.026 J-1.607
N160 G01 X-11.623 Y17.988
N165 G03 X-9.992 Y16.4 I1.601 J0.014
N170 G01 X9.992
N175 G03 X11.623 Y17.988 I0.029 J1.601
N180 G01 X11.624 Y23.904
```

Рисунок 4 – Створена керуюча програма обробки деталі у CAM-системі Autodesk Inventor CAM [2]

Висновки:

1. Інтегрована CAD/CAM-система Autodesk [1, 2], яка складається з CAD-системи Autodesk Inventor Professional [1] і CAM-системи Autodesk Inventor CAM [2] дозволяє в одному середовищі, як створювати 3D моделі (деталей, заготовок і т.і.), так і проводити розпізнавання елементів на моделях деталей, будувати траєкторії переміщення інструменту та створювати керуючі програми обробки деталей для верстатів з ЧПК.

2. Використання інтегрованої CAD/CAM-системи Autodesk [1, 2] дозволяє повністю виключити помилки пов'язані з імпортуванням файлів моделей та розташування імпортованих моделей (деталей, заготовок і т.і.) у системі координат установа, а також зменшує виникнення інших помилок і зменшує втрати часу.

3. Інтегрована CAD/CAM-система Autodesk дозволяє збільшити ефективність використання та підвищити економічний ефект [1, 2].

Посилання

1. Програмне забезпечення Autodesk Inventor. [Електронний ресурс].
– Режим доступу: https://www.autodesk.com/products/inventor
2. Програмне забезпечення Autodesk Inventor CAM. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.autodesk.com/products/inventor-cam

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ STEM-ЛАБОРАТОРІЇ З ВІДДАЛЕНИМ КЕРУВАННЯМ РОБОТАМИ ЯК ІННОВАЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ З ТЕХНОЛОГІЙ

Аспірант С. В. Кашуба
Керівник - доц., канд. фіз.-мат. наук Л. Г. Хоменко
Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка
м. Полтава, Україна

Сучасна трансформація освітнього простору в умовах цифровізації та переходу до парадигми STEM-освіти 4.0 актуалізує потребу в створенні інтелектуальних освітніх середовищ, що поєднують технології штучного інтелекту, робототехніки та дистанційного доступу до лабораторного обладнання. Одним із перспективних напрямів є розробка та впровадження інтелектуальних STEM-лабораторій з віддаленим керуванням роботами, які забезпечують реалізацію компетентнісного, діяльнісного та дослідницького підходів у освіті.

У світовій науково-педагогічній спільноті проблематику інтеграції робототехніки, розвитку STEM-лабораторій та формування цифрової

компетентності здобувачів освіти досліджують Pang, Cui, Yang, Teng, Tang, Wu, Tsui, Tsang, Chen, Li, Wang, Hanine, Smith, Johnson, Brown, Müller, Schneider, Kim, Lee, Garcia, Patel, Singh, Rossi, Novak, Andersson, Dubois, Ivanov та Petrov, які аналізують ефективність дистанційних та інтелектуальних лабораторій, проєктно-технологічної діяльності та впровадження цифрових освітніх технологій у навчальний процес. В Україні проблематику впровадження освітньої робототехніки та розвитку STEM-освіти в освітньому процесі досліджують І. Закарлюка, Ю. Матвієнко, І. Пукальський, Н. Скрипничук, І. Лусте та Б. Яшан, Т. Азізов, В. Люльченко та О. Орлова, О. Табінська, М. Ростока та Ю. Кравченко, С. Баранов, О. С. та А. Василюк, а також низка інших вітчизняних дослідників STEM-освіти і цифровізації освіти, котрі вивчають освітні інновації, міждисциплінарні підходи, цифрові та робототехнічні компетентності в навчальному середовищі України [1].

Аналіз сучасних досліджень, свідчить, що використання віртуальних і віддалених лабораторій суттєво підвищує рівень залученості здобувачів освіти, сприяє розвитку критичного мислення, дослідницьких навичок і STEM-компетентностей. Такі середовища створюють умови для реалізації адаптивного освітнього процесу, персоналізації освітніх траєкторій [2].

Інтелектуальні STEM-лабораторії доцільно розглядати як інтегровані цифрові освітні середовища, що поєднують кіберфізичні системи, IoT-технології, цифрові двійники та AI-алгоритми для організації експериментально-дослідницької діяльності здобувачів освіти. Важливою характеристикою таких лабораторій є можливість віддаленого доступу до реального обладнання, що дозволяє долати просторово-часові обмеження та забезпечує безперервність освітнього процесу [3].

Особливого значення набуває інтеграція робототехнічних систем з елементами віддаленого керування (teleoperation), що забезпечує можливість виконання практичних завдань у реальному часі. Емпіричні дослідження демонструють, що використання дистанційних робототехнічних лабораторій підвищує ефективність формування практичних умінь та професійних компетентностей студентів, зокрема у сфері інженерії та технологій [4].

У контексті цифрової трансформації освіти та реалізації ідей STEM-освіти й технологічної освітньої галузі НУШ, особливої актуальності набуває впровадження інтелектуальних STEM-лабораторій як інноваційного освітнього середовища для організації освітнього процесу з технологій [5-6]. Такі лабораторії забезпечують інтеграцію проєктно-технологічної діяльності, інженерного дизайну та цифрових технологій, що відповідає сучасним вимогам до формування компетентного випускника.

Інтелектуальна STEM-лабораторія розглядається як адаптивне освітнє середовище, яке поєднує робототехнічні системи, хмарні сервіси, інструменти штучного інтелекту та технології віддаленого доступу (Рис. 1). У межах освітнього процесу з технологій це створює умови для реалізації компетентнісного, діяльнісного, проєктного та дослідницького підходів, що є базовими для сучасної технологічної освіти.



Рисунок 1 – Структурно-функціональна модель інтелектуальної STEM-лабораторії як адаптивного освітнього середовища

Такі лабораторії забезпечують реалізацію персоналізованого та адаптивної освіти, сприяють формуванню дослідницької культури, алгоритмічного мислення та інженерного дизайну.

Застосування технології віддаленого керування роботами (teleoperation) у структурі STEM-лабораторій дозволяє організувати практико-орієнтовану діяльність здобувачів освіти незалежно від їх фізичної присутності в майстерні. Це особливо важливо в умовах змішаного та дистанційного формату освіти, де забезпечується безперервність освітнього процесу та доступ до матеріально-технічної бази.

Інтеграція робототехніки в освітній процес з технологій виступає ефективним засобом формування цифрової компетентності здобувачів освіти, що охоплює здатність до свідомого, критичного та креативного використання цифрових технологій у проєктно-технологічній діяльності (Рис. 2).

У цьому контексті цифрова компетентність включає (Рис. 3):

– здатність до створення та опрацювання цифрового контенту, зокрема розробки програмного коду для керування робототехнічними системами;

– розвиток алгоритмічного мислення та цифрової грамотності як основи ефективної взаємодії з автоматизованими системами;

– формування навичок цифрового моделювання, симуляції та віртуального прототипування технічних об’єктів;

– здатність до використання хмарних сервісів, онлайн-платформ і середовищ віддаленого доступу для організації проєктної діяльності;

– набуття досвіду роботи з цифровими інструментами автоматизації, аналізу даних та елементами штучного інтелекту в освітньому процесі.



Рисунок 2. - Схема інтеграції робототехніки в освітній процес з технологій як засобу формування цифрової компетентності здобувачів освіти



Рисунок 3 – Концептуальна схема розвитку цифрової компетентності в умовах інтеграції робототехніки в технологічну освіту

Використання інтелектуальних систем (AI) у STEM-лабораторіях забезпечує реалізацію принципів персоналізації освітнього процесу та адаптивного освітнього середовища. Такі системи виконують функції:

– формувального оцінювання (автоматизований аналіз результатів діяльності);
– надання інтелектуальної підтримки під час виконання проєктів;
– генерації індивідуальних освітніх траєкторій відповідно до рівня сформованості компетентностей.

Особливого значення набуває організація проєктно-технологічної діяльності учнів у форматі колаборативної взаємодії. Використання віддалених лабораторій дозволяє реалізувати мережеву взаємодію та командну роботу, що сприяє розвитку soft skills: комунікації, критичного мислення, відповідальності за результат спільної діяльності.

Освітній процес з технологій у таких умовах набуває міждисциплінарного характеру, оскільки інтегрує знання з математики, фізики, інформатики та інженерії. Це відповідає концепції інтегрованого STEM-підходу, де технологічна діяльність виступає засобом практичного застосування теоретичних знань.

Крім того, інтелектуальні STEM-лабораторії сприяють реалізації принципів освіти через діяльність (learning by doing), проблемно-орієнтованого та дослідницького освітнього процесу, що є ключовими для сучасної технологічної підготовки учнів.

Висновки:

1. Інтелектуальні STEM-лабораторії з віддаленим керуванням роботами створюють адаптивне освітнє середовище, що поєднує сучасні робототехнічні системи, хмарні сервіси та інструменти штучного інтелекту, що сприяє підвищенню ефективності освітнього процесу з технологій та забезпечує практико-орієнтоване формування компетентностей учнів.
2. Використання віддалених робототехнічних платформ у межах STEM-лабораторій стимулює розвиток цифрової та технологічної компетентності здобувачів освіти, зокрема формування алгоритмічного та інженерного мислення, навичок цифрового моделювання, програмування, проєктування технічних об’єктів і роботи з сучасними інструментами автоматизації.
3. Інтеграція робототехніки та цифрових технологій у технологічну освіту реалізує компетентнісний, проєктний та діяльнісний підхід, забезпечує міждисциплінарний характер навчального процесу та створює умови для розвитку критичного мислення, командної взаємодії та здатності до самостійного навчання учнів.
4. Впровадження інтелектуальних STEM-лабораторій відкриває перспективи для модернізації змісту технологічної освіти, адаптації освітнього процесу до вимог цифрового суспільства та підготовки учнів до професійної діяльності у сфері науки, технологій, інженерії та математики.

5. Системне використання інтелектуальних STEM-лабораторій дозволяє реалізувати персоналізовану освіту, формувати індивідуальні освітні траєкторії та підвищувати мотивацію учнів до активної пізнавальної та проєктно-технологічної діяльності в умовах сучасного освітнього середовища.

Посилання

1. Kryvonos O., Kryvonos M. Educational robotics integration into the school learning process : Zhytomyr Ivan Franko State University Journal. *Pedagogical Sciences*, No. 1(120), 2025, 19. DOI: https://doi.org/10.35433/pedagogy.1(120).2025.19
2. Pang D., Cui S., Yang G. Remote laboratory as an educational tool in robotics experimental course // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. – 2022. – Vol. 17, № 21. – URL: https://doi.org/10.3991/ijet.v17i21.33791
3. Teng L., Tang Y. M., Wu R. P., Tsui G. C., Tsang Y. P., Tang C. Y. Collaborative learning in a remote robotics laboratory // *Smart Learning Environments*. – 2024. – Vol. 11. – Article 15. – URL: https://doi.org/10.1186/s40561-024-00305-w
4. Hanine H. Virtual laboratories in STEM education: A review // *Engineering Proceedings*. – 2025. – Vol. 112, № 1. – Article 17. – URL: https://doi.org/10.3390/engproc2025112017
5. Кабінет Міністрів України. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року : розпорядження КМУ від 05.08.2020 № 960-р. – Київ : КМУ, 2020. – URL: https://mon.gov.ua/news/uryad-ukhvaliv-kontseptsiyu-rozvitku-stem-osviti-do-2027-roku
6. Кабінет Міністрів України. План заходів щодо реалізації Концепції розвитку STEM-освіти до 2027 року : розпорядження КМУ від 13.01.2021 № 131-р. – Київ : КМУ, 2021. – URL: https://mon.gov.ua/news/oprilyudneno-plan-zakhodiv-shchodo-realizatsii-kontseptsii-rozvitku-stem-osviti-do-2027-roku
7. ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти». Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах освіти у 2025/2026 н.р. – Київ : ДНУ «ІМЗО», 2025. – URL: https://imzo.gov.ua/2025/08/08/lyst-imzo-vid-18-07-2025-21-08-624-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2025-2026-navchal-nomu-rotsi
8. Міністерство освіти і науки України. Про реалізацію інноваційного освітнього проєкту щодо створення STEM-центрів : наказ МОН України від 12.10.2023 № 1237. – Київ : МОН, 2023. – URL: https://roippo.org.ua/ua/diialnist/stem/normatyvni-dokumenty
9. Вакалюк Т. А., Носенко Ю. Г., Шишкіна М. П. Хмароорієнтовані освітні середовища як основа цифровізації освіти / Т. А. Вакалюк, Ю. Г. Носенко, М. П. Шишкіна та ін. – Київ, 2020.

РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ МОНІТОРІНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ З ІНТЕГРАЦІЄЮ WI-FI МОДУЛІВ ESP32

Студент М.О. Куропятник
Керівник – ст. викладач Л.С. Тимошенко
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Інтенсивний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та активне впровадження концепції Інтернету речей (IoT, від англ. Internet of Things) зумовлюють появу нових підходів до організації систем контролю та управління енергетичними ресурсами [1]. У сучасних умовах особливого значення набуває створення інтелектуальних систем моніторингу енергоспоживання, які забезпечують безперервний збір, передавання та аналіз даних про використання електричної енергії.

Застосування таких систем дозволяє здійснювати оперативний контроль параметрів енергоспоживання в режимі реального часу, що сприяє підвищенню енергоефективності, зменшенню втрат електроенергії та оптимізації режимів роботи електротехнічного обладнання. Крім того, використання сучасних мікроконтролерних платформ і бездротових технологій передачі даних відкриває можливості для створення масштабованих і економічно ефективних систем моніторингу, інтегрованих у єдину інформаційну інфраструктуру.

Таким чином, розробка елементів систем моніторингу енергоспоживання на основі технологій Інтернету речей є актуальним науково-прикладним завданням, спрямованим на підвищення ефективності управління енергетичними ресурсами та впровадження сучасних підходів до енергоменеджменту. Зростання вартості електроенергії та збільшення кількості електронних пристроїв у домогосподарствах потребує впровадження сучасних засобів контролю споживання енергії. Використання IoT-технологій дозволяє створювати розподілені системи моніторингу, які забезпечують віддалений доступ до інформації та можливість аналізу енергоспоживання в режимі реального часу. Застосування бездротових мікроконтролерів із вбудованими мережевими модулями значно спрощує інтеграцію таких систем у сучасну цифрову інфраструктуру.

Основою апаратної частини системи виступає мікроконтролер ESP32, який має інтегрований модуль бездротового зв’язку Wi-Fi та достатні обчислювальні ресурси для оброблення вимірювальних даних [2]. До мікроконтролера підключаються сенсори вимірювання параметрів електричної мережі, що дає можливість визначати показники споживаної потужності, напруги та струму. Отримані дані обробляються мікроконтролером і передаються через бездротову мережу до серверної частини системи або веб-інтерфейсу користувача.

Принцип функціонування системи полягає у періодичному зчитуванні показників із вимірювальних сенсорів та їх подальшому передаванні через Wi-Fi до віддаленого інформаційного ресурсу. Користувач може отримувати інформацію про стан енергоспоживання за допомогою веб-інтерфейсу або мобільного застосунку. Такий підхід дозволяє не лише відстежувати поточні показники споживання електроенергії, але й накопичувати статистичні дані для подальшого аналізу. У результаті з'являється можливість виявляти неефективне використання електроенергії та приймати рішення щодо оптимізації роботи електричних пристроїв.

Наукова новизна роботи полягає у запропонованому підході до побудови елементів системи моніторингу енергоспоживання з використанням мікроконтролера ESP32 та бездротових технологій передавання даних. Запропонована архітектура дозволяє поєднати функції вимірювання, оброблення та передавання даних у межах одного мікроконтролерного вузла, що спрощує структуру системи та підвищує її ефективність. Використання бездротового зв'язку забезпечує можливість інтеграції системи в IoT-середовище та організації віддаленого контролю енергоспоживання. Такий підхід створює основу для подальшого розвитку інтелектуальних систем керування енергетичними ресурсами.

Висновки:

1. Використання сучасних мікроконтролерних платформ дозволяє створювати компактні та енергоефективні системи контролю електроспоживання. Отримані результати можуть бути використані для розроблення практичних рішень у сфері енергоменеджменту та автоматизації побутових і промислових об'єктів.

2. Запропонований підхід до організації моніторингу енергоспоживання дозволяє забезпечити віддалений доступ до інформації та накопичення статистичних даних про використання електроенергії. Це створює можливості для проведення подальшого аналізу та оптимізації енергоспоживання в різних сферах застосування. Використання бездротових технологій підвищує гнучкість і масштабованість системи. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів оброблення даних та інтеграцію системи з іншими компонентами інтелектуальних енергетичних мереж.

Посилання

1. Bahga A. Internet of Things: A Hands-On Approach / A. Bahga, V. Madisetti. – Atlanta: VPT, 2015. – 446 p.
2. ESP32 Technical Reference Manual // Espressif Systems: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.espressif.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF VECTOR SEARCH EFFICIENCY IN GCP FIRESTORE

PhD student Yevhen Lebid
Scientific advisor – Associate Professor, PhD (Economics) Ivan Klymenko
Ukrainian State University of Science and Technologies
Dnipro, Ukraine

Recent work on dense retrieval and RAG has demonstrated the potential of vector search for knowledge-intensive natural language processing tasks [1, 3]. At the same time, many practical applications, such as medical information systems, recruitment and HR platforms, require strict control over data access, audit, and latency. In these scenarios, cloud-native NoSQL databases with built-in vector capabilities become attractive as both a storage and retrieval layer. In realistic applications documents usually contain both vector embeddings and structured metadata. This raises an important practical question: what is the most efficient search strategy when both types of information are available?

The aim of this study is to perform a comparative analysis of the time efficiency of two vector search approaches in Firestore – standard vector search and vector search with preliminary metadata filtering – under realistic conditions using an IT recruitment dataset. The experimental dataset choice is motivated by the growing interest in applying AI and machine learning to automate the formation and management teams in IT projects [2, 5]. The processed data were stored in Firestore documents combining text, embedding vectors, and metadata in a unified structure. To support metadata-based filtering, composite indexes were created in Firestore for combinations of the most selective fields.

Both search strategies (standard and pre-filtered search) used identical parameters, so that the comparison isolates the impact of preliminary filtering rather than differences in configuration. To quantitatively compare the time efficiency of the two search strategies, we've used the S- and R-efficiency indicators [4]. These indicators are based on pairwise comparison of execution times across repeated trials and allow us to characterize both the average relative advantage (S-indicator) and the stability of that advantage (R-indicator).

Img. 1 shows representative execution time measurements for test query executed in the GCP VM environment. Note, that absolute execution times are significantly lower than in the local environment due to reduced network latency, and the variability of measurements is also smaller. However, the relative advantage of the search with preliminary filtering persists.

Table 1 summarizes the mean execution time, median, and confidence interval for both searches. In GCP VM environment, the search with preliminary filtering is about 3.2 times faster than standard vector search.

Table 2 shows the S- and R-efficiency indicators for the two search strategies obtained in the local environment. Standard vector search is treated as the baseline, and search with preliminary filtering is the compared method.

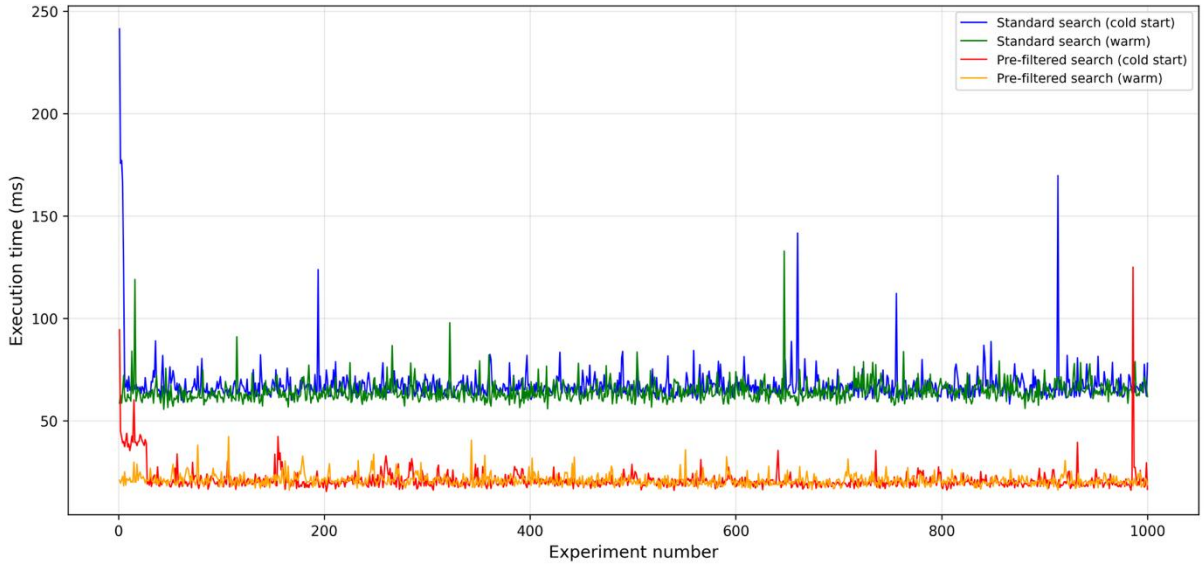


Image 1 – Execution time for query in the GCP VM environment

Table 1 – Execution time of search strategies (GCP VM)

Parameter	Standard search	Pre-filtered search
Mean time (ms)	67.31	21.08
Median (ms)	65.68	19.87
Conf. interval (± ms)	1.97	3.19

Table 2 – S- and R-indicators (local)

Search type	Standard search	Pre-filtered search
Standard search	X	S: 65.52 ±1.91
		R: 100
Pre-filtered search	S: -65.52 ±1.91	X
	R: 0	

The results indicate that the search with preliminary filtering is on average 65.52% faster than standard search, with the advantage observed in 100% of the trials. The small confidence interval (±1.91%) suggests a high degree of statistical stability.

Img. 2 illustrates the acceleration achieved by cache warming in the GCP VM environment for the search with preliminary filtering across all test queries with 1000 iterations. For most queries, warm cache reduces execution time relative to cold cache, as expected.

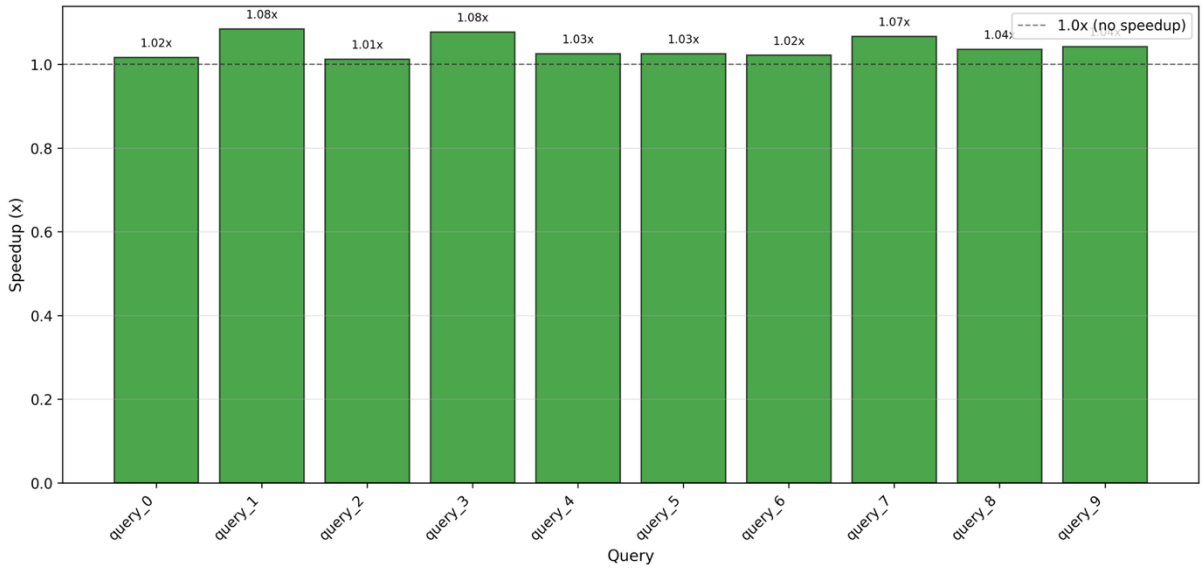


Image 2 – Acceleration after cache warming in the GCP VM environment

However, the impact of cache on standard vector search is less uniform: for some queries, cache warming even leads to slower execution, which may be related to internal Firestore caching strategies for a large number of repeated queries.

Overall, the experiments show that complex queries with three or more filters benefit the most from preliminary metadata filtering, as additional filters more effectively reduce the search space before vector operations are applied.

Conclusions:

1. The experiments demonstrate that combining metadata-based filtering with vector search in Firestore provides a substantial improvement in time efficiency compared to standard vector search without preliminary filtering.
2. The experiments also confirm that queries with multiple filters (three or more constraints) obtain the largest performance gains from preliminary filtering, as metadata constraints effectively shrink the candidate set for vector search.
3. The analysis of cache behavior shows that cache warming generally improves response times for the search with preliminary filtering in the GCP VM environment, while its impact on standard vector search can be mixed and workload-dependent.
4. Finally, the S- and R-efficiency indicators have proven to be a robust tool for quantitative comparison of time efficiency between functionally equivalent search strategies.

The obtained results may serve as a basis for future work on comprehensive comparative analysis of Firestore vector search performance against specialized vector databases (such as Pinecone, Weaviate, MongoDB, or PostgreSQL-based solutions), as well as for studies of how embedding dimensionality influences both search performance and retrieval quality.

References

1. Karpukhin V., Barlas O., Min S., Lewis P., Wu L., Edunov S., Chen D., Yih W. Dense Passage Retrieval for Open-Domain Question Answering. EMNLP. – 2020. DOI:10.48550/arXiv.2004.04906
2. Klymenko I., Lebid Y. An approach to automated candidate profile processing with Retrieval-Augmented Generation for cross-functional IT team formation. Science, technology and global challenges. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Tokyo, Japan. 2026. Pp. 87-93. Available at: https://sci-conf.com.ua/vi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-technology-and-global-challenges-5-7-02-2026-tokio-yaponiya-arhiv/.
3. Lewis P., Perez E., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., Goyal N., Küttler H., Lewis M., Yih W., Rocktäschel T., Riedel S., Kiela D. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. NeurIPS. – 2020. DOI:10.48550/arXiv.2005.11401
4. Shynkarenko V. I. Comparative Analysis of Time Efficiency of Functionally Equivalent Algorithms. Problems in Programming. – 2001. № 3–4. P. 31–39.
5. Nikolaou I. What is the Role of Technology in Recruitment and Selection? The Spanish Journal of Psychology. – 2021. 24. e2. P. 1-6. DOI: 10.1017/SJP.2021.6

СУЧАСНІ МІКРОКОНТРОЛЕРИ В СИСТЕМАХ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Студент Е-815сп І.В. Лемешко
Керівник – ст. викл. М.В. Антонова
Національний університете «Запорізька політехніка»
м. Запоріжжя, Україна

Існуючі мікроконтролерні засоби зчитування, обробки та передачі сигналів мають розвинену периферію, зокрема і спрямовану безпосередньо на отримання інформації з різноманітних датчиків. Про те такі засоби виконуються в переважно для промислового застосування, і саме тому їх можливості та собівартість є завищеною, ніж у восьмирозрядних мікроконтролерів, що можуть бути застосовані при побудові базових побутових потреб. Використання мікроконтролера з обмеженими периферійними можливостями автоматично накладає обмеження на значення вхідного сигналу, що отримується з чутливого елемента. В такому випадку зменшення вартості всієї системи можливе при зміні кількості передавальних ланок між датчиком та системою керування. Тобто необхідно сконцентрувати

максимум функцій, що отримуються із зовнішніх схем на периферичні компоненти самого контролера або напрограмні засоби.

Розробка систем на основі індуктивних перетворювачів, що значно відрізняються простотою за конструкцією та широким розповсюдженням. До завдань що виконує індуктивний датчика і мікроконтролера входять вирішення, зчитування та передача інформації. Наприклад, завдання лінеаризації характеристик датчиків легко можна вирішити при використанні математичної обробки, при цьому водночас можна вирішити завдання калібрування датчику і перетворення вхідної величини індуктивності по відношенню до реального значення вхідної величини.

При використанні мікроконтролерів в апаратурі виникають специфічні завдання, відмінні від тих, що характерні для суто апаратних рішень у сфері вимірювання та управління. Зокрема, архітектурні особливості мікроконтролерів накладають певні обмеження та потребують їх урахування під час розв’язання практичних задач, водночас залишається актуальною проблема оптимального співвідношення між складністю додаткових апаратних засобів і досягнутим ефектом, наприклад, точністю вимірювань. Крім того, використання мікроконтролерів відкриває нові можливості для вирішення питань масштабування, лінеаризації передавальних характеристик і компенсації початкового зміщення нуля, а також дозволяє завдяки поєднанню апаратних і програмних засобів застосовувати нові підходи та методи, які раніше вважалися неприйнятними.

Спеціалізовані мікроконтролери та інші апаратні засоби з вбудованими функціональними вузлами для побудови подібних систем є значно дорожчими за восьмибітні мікроконтролери, оскільки зазвичай орієнтовані на використання у складних виробничих комплексах. У зв’язку з цим особливо актуальною є задача розробки програмних і апаратних засобів обробки інформації з індуктивних датчиків на основі недорогих восьмибітних мікроконтролерів з обмеженими периферійними можливостями.

Під перетворювачем параметрів електричного кола приймають пристрої або схеми, що виконують перетворення одного з параметрів системи у форму, що є зручною для подальшої обробки сигналу та застосування певного рішення відносно об’єкту. До таких задач належать процеси вимірювання потрібного параметра, обробка інформації від датчика, що зчитує та перетворює контрольовану величину на відповідний параметр елемента електричного кола (опір, ємність або індуктивность).

У вимірювальній системі виділяють основні блоки, що беруть участь у перетворенні вхідної величини (рисунок 1).

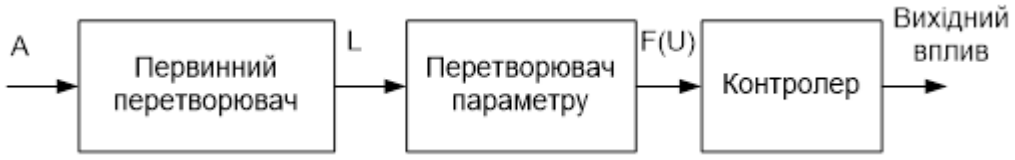


Рисунок 1 – Структурна схема інтелектуального датчику

Первинним перетворювач побудований на котушці індуктивності, що призначена для перетворення вхідної величини «А» в відповідне значення індуктивність котушки. При цьому в якості перетворювачі параметру візьмемо схему, що перетворює значення індуктивності котушки з первинного перетворювача на електричний параметр напругу або частоту. Первинний перетворювач і перетворювач параметру виконують перетворення фізичної величини електричний сигнал. В контролері виконується обробка отриманого сигналу та формується вихідна інформація, що напряму буде залежати від конкретного використання системи. Це може бути регулювання процесу, або звичайне вимірювання (контроль величини), що буде передане по лінії зв'язку в цифровому вигляді.

Незалежно від способу зчитування інформації з датчика, отриманий результат потребує подальшого обчислення. В найпростішому випадку використовують лінійну апроксимацію на всьому робочому діапазоні, проте через наявність значної нелінійності в характеристик датчиків може виникнути необхідність використання спеціальних методів лінеаризації. Такий підхід зумовлений особливостями схемного рішення і відповідно самим принципом перетворення індуктивності. Як прикладом можемо навести визначення рівня пального в баку неправильної форми, у випадку коли вимірюваний рівень не відповідає об’єму баку. При таких складних випадках частіше використовують частково-лінійну апроксимацію, при цьому реальна залежність розбивається на певну кількість прямих, при цьому їх параметри заносяться у таблицю. Налаштування приладу зводиться до заповнення цієї таблиці. Таблиця формується або шляхом багатократних вимірювань із подальшим записуванням результатів, що є довготривалим та недоцільний, або при аналітичному представлені характеристики через функцію, для визначення її коефіцієнтів за результатами вимірювань у контрольних точках. Одержана функція дозволяє точно визначити індивідуальні особливості автоматичної системи та сформувати таблицю величин для зменшення похибок, при цьому використовують методи апроксимації, як приклад за допомогою хорд або січних.

Висновки: Проведений аналіз сучасних методів обробки сигналів з використанням індуктивних датчиків, що дозволяє використовувати вибору між амплітудними і частотними способами модуляції сигналу перетворення з первинного перетворювача. При такому підході враховують граничної частоти вимірюваного процесу, що відповідно сприяє зменшенню термінів синтезу систем, спрощенню програмних і апаратних систем керування. При цьому, можна досягти вдосконалення методів вимірювання частоти та періоду сигналу, враховуючи можливість сучасних мікроконтролерів виконувати вимірювань із мінімальним використанням додаткових апаратних ресурсів.

Посилання

1. Мікропроцесори в системах керування : навч. посіб. / [П. І. Бідюк та ін.]. – Київ : НТУУ «КПІ», 2018. – 250 с.

OPTIMISATION OF LARGE LANGUAGE MODEL (LLM) DEPLOYMENT THROUGH MODERN METHODS OF WEIGHT QUANTISATION, ACTIVATION AND KV-CACHE

Student D.O. Lysenko
Supervisor – I.O. Kobylyn, PhD
Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

Modern large language models (LLMs), such as Llama 2 70B or GPT-4, contain billions of parameters, resulting in significant memory consumption. For example, a model with 70 billion parameters in FP16 requires about 140 GB of VRAM for weights alone. This limits deployment on conventional servers or edge devices, requiring powerful GPU clusters and increasing inference costs. In the context of computing resource scarcity and growing demand for LLMs, optimization becomes critical, but it must preserve high model accuracy while avoiding significant losses in accuracy or performance tests such as MMLU. The purpose of this paper is to analyze current methods of quantizing weights, activations, and KV-cache for efficient LLM deployment with minimal performance degradation.

The Activation-aware Weight Quantization (AWQ) format optimizes model weights into 4-bit integers by leveraging activation statistics from a small calibration dataset, which allows quantization parameters to minimize distortion in the output. As a post-training method (PTQ), it eliminates the need for retraining, enabling a model as large as Llama 70B to be processed in just a few hours on a single A100 GPU while maintaining performance close to FP16, typically seeing less than a 2% drop on the MMLU benchmark. This approach significantly enhances efficiency by reducing memory requirements up to fourfold and accelerating inference through lower bandwidth demands. While the method's robustness can be sensitive to the specific choice of calibration data, AWQ provides a sophisticated balance between high-level compression and accuracy that makes deploying massive models on limited hardware both practical and effective.

The ExLlamaV2 (EXL2) format introduces flexible quantization, allowing different levels of precision to be mixed within a single layer or model, unlike rigid formats such as GPTQ. This format focuses on normalized Frobenius error for better reproduction of hidden states. This results in less accuracy degradation for the same model size compared to traditional methods, with higher token generation speed and lower VRAM consumption on consumer GPUs. The downside is more complex implementation due to hybrid bits, but the accuracy benefits make EXL2 effective for inference where high performance is required without significant quality loss.

Half-Quadratic Quantization (HQQ) is a calibration-free quantization method that uses hyper-Laplacian loss to penalize large weight quantization errors, avoiding the need for calibration data and achieving speeds 50 times faster

than GPTQ for Llama-2-70B. It focuses on weight error with an emphasis on sparsity, which correlates with final accuracy, allowing memory savings with minimal quality loss. Although layer sensitivity may require fine-tuning, HQQ outperforms the above formats in zero-shot scenarios, making it ideal for fast compression of large LLMs.

The GPT-Generated Unified Format (GGUF) is optimized for hybrid inference on CPUs and GPUs with support for layer-wise offloading, allowing for efficient distribution of computational load. This format supports flexible compression levels, significantly reducing memory consumption while maintaining high text generation quality. The downside is lower performance on graphics cards compared to competing solutions due to the overhead of data exchange between system components. However, GGUF perfectly balances flexibility and accuracy, especially with the use of modern IQ quantization (equivalent to EXL2 in quality), making it the optimal choice for running large models on ordinary local devices.

In addition to weight quantization, there are methods for KV cache and activations that complement memory optimization during inference.

Quantization of the KV cache, which accumulates in the attention mechanism and becomes the main memory consumer for long contexts, uses low-bit formats (e.g., 2 bits) with an asymmetric approach for keys and values, storing extreme values (outliers) in full precision to avoid quality loss. This is a ready-to-use solution that does not require additional model training and reduces peak memory consumption by 2.6 times for Llama or Mistral. It allows you to increase the size of the batch of processed requests by 4 times and increase throughput by 2.35–3.47 times with less than 1% accuracy loss on LM-Eval tests. The downside is the sensitivity of the key cache to uniform 2-bit compression, which requires differentiated strategies, but the overall efficiency makes this method key for large-scale language model operations.

Quantisation of activations is more complex than compressing fixed weights due to their constant variability. However, the use of normalisation methods (e.g., SmoothQuant) allows for effective balancing of extreme values (outliers) and avoids significant errors during calculations. This provides high-quality 8-bit or 4-bit compression, which significantly reduces memory consumption and speeds up the model's performance on compatible hardware. Activation optimisation remains a critical step for end-to-end acceleration of large language models.

To prepare analytical materials, we compiled the following summary table based on the processed data, which reflects the main technical characteristics of the Llama-2-13b model for different quantisation methods.

For a deeper analysis, we transformed this raw data by introducing relative metrics that allow us to evaluate the actual compression efficiency. We calculated the compression ratio, which determines how many times video memory consumption has decreased compared to the base FP16 format, as well as the specific efficiency (number of tokens per 1 GB of VRAM).

This transformation allowed us to level out the large-scale impact of the high values of the original model and clearly identify the methods that provide the best balance between generation speed and hardware resource savings.

Table 1 – Average values for tests

Llama-2-13b	Perplexity (WikiText)	VRAM (GB)	Speed (tok/s)
FP16	4,63	25,60	46,00
AWQ	4,52	9,22	40,02
HQQ	4,72	8,05	56,00
EXL2	4,39	8,54	55,91
GGUF	4,34	8,77	33,07

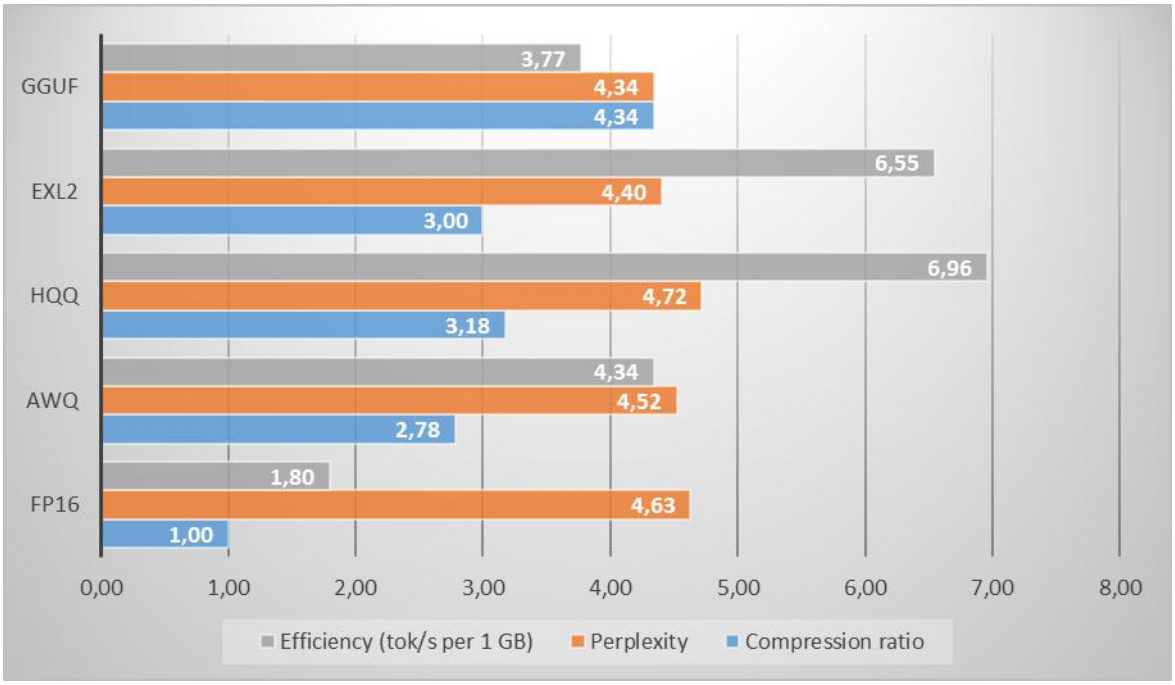


Figure 1 – Quantisation results for Llama-2-13b

Within the scope of the study based on the Llama-2-13b model, it was established that the EXL2 and AWQ methods provide the most rational balance between architectural compression and preservation of logical accuracy. The use of quantisation made it possible to achieve a threefold reduction in the amount of video memory required, with the HQQ method demonstrating the highest specific efficiency – 6.96 tokens/s per 1 GB of VRAM. Although the GGUF format provides minimal degradation of the Perplexity metric (4.34), it significantly lags behind other approaches in terms of speed on graphics processors.

The results confirm that combining optimised weight compression methods with KV-cache quantisation technologies allows large language models to be

deployed efficiently on resource-constrained devices without critical loss of generation quality. These data verify the possibility of widespread implementation of highly efficient AI algorithms on consumer equipment.

References

1. GPU-Accelerated INT8 Quantization... (2601.04719v1) Taneja, M., & Shingvi, P. (2026). GPU-accelerated INT8 quantization for KV cache compression in large language models. arXiv. https://arxiv.org/abs/2601.04719
2. AWQ: Activation-aware Weight Quantization... (2306.00978) Lin, J., Tang, J., Tang, H., Yang, S., Chen, W.-M., Wang, W.-C., Xiao, G., Dang, X., Gan, C., & Han, S. (2023). AWQ: Activation-aware weight quantization for LLM compression and acceleration. arXiv. https://arxiv.org/abs/2306.00978
3. Towards Superior Quantization Accuracy... (2503.06518v1) Zhang, F., Liu, Y., Li, W., Lv, J., Wang, X., & Bai, Q. (2025). Towards superior quantization accuracy: A layer-sensitive approach. arXiv. https://arxiv.org/abs/2503.06518

ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМ KAHOOT! ТА QUIZIZZ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАЛУЧЕНОСТІ СТУДЕНТІВ НА ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТТЯХ

Студенти Л.М. Лисенко, Н.Ю. Біленька
Керівник – викладач К.М. Дуброва
Відокремлений структурний підрозділ «Конотопський індустріально-педагогічний фаховий коледж Сумського державного університету» м. Конотоп, Україна

Кожен викладач знає це відчуття, коли на 20-й хвилині лекції смартфони в руках студентів стають цікавішими за слова лектора. Навчаючи сучасну молодь, яка зростає з електронними пристроями в руках, система освіти повинна оновлюватися й адаптуватися до нових реалій, адже змінюється не лише навколишній світ, а й сама людина та способи сприйняття, отримання й опрацювання інформації.

Тому перед викладачами постає питання: Як зацікавити та залучити студентів до активного навчання?

Одним із найефективніших інструментів вирішення цієї проблеми є гейміфікація. Термін «гейміфікація» використовується на позначення зв’язку між грою та тим, що грою не є, тобто це «інтеграція елементів гри та ігрового мислення в діяльності, відмінній від гри» [1]. В освіті під цим терміном розуміють використання на занятті креативних ігор, які не завдають шкоди науковості навчального процесу [2].

Саме завдяки інформаційним технологіям стало можливим використання в освітньому просторі ігрових платформ, таких як Kahoot! та

Quizizz. Ігрові активності дозволяють педагогам перетворити монотонне заняття на захопливу пригоду, стимулюючи викид дофаміну, що покращує концентрацію уваги.

Особливої гостроти питання залученості набуває в умовах змішаного навчання, що стало вимушеною нормою для української вищої школи. Дистанційний формат часто створює психологічний та комунікативний бар'єр, призводячи до зниження мотивації студентів, що перебувають поза межами аудиторії. У такому контексті платформи Kahoot! та Quizizz виступають як «технологічний міст», що об'єднує студентів у єдиному цифровому просторі незалежно від їхнього місцеперебування. Використання цих платформ дозволяє ефективно реалізувати концепцію BYOD (Bring Your Own Device), перетворюючи смартфони з чинників відволікання на потужні інструменти пізнання. Це, за словами академіка В. Ю. Бикова, створює динамічне, відкрите та прозоре освітнє середовище, де кожен студент отримує миттєвий зворотний зв'язок та відчуває себе активним учасником навчального процесу [3].

Практичні аспекти використання гейміфікації на лекційних заняттях:

– можливості практичного застосування Kahoot! під час лекційних занять.

Платформа Kahoot! найбільш ефективна як фронтальний інструмент роботи з аудиторією.

1. «Битва за увагу» (Warm-up).

На початку лекції викладач запускає короткий тест із 5 запитань за попередньою темою. Змагальний елемент та рейтингова таблиця сприяють швидкій концентрації уваги студентів.

2. Дискусійний режим (Jumble).

Завдання на встановлення правильної послідовності (етапи алгоритму, історичного процесу, технологічного циклу) стимулюють розвиток логічного мислення.

3. «Ефект привида» (Ghost Mode).

Студенти можуть проходити тест повторно, змагаючись зі своїми попередніми результатами. Це дозволяє відстежувати індивідуальний прогрес та формує внутрішню мотивацію до самовдосконалення.

– можливості практичного застосування Quizizz під час лекційних занять.

Платформа Quizizz більш гнучка для індивідуальної та асинхронної роботи.

1. Режим «Student-paced» (Self-paced).

Під час лекції студентам надається обмежений час для проходження тесту у власному темпі. Такий формат особливо ефективний в умовах інклюзивного навчання, оскільки враховує індивідуальні особливості сприйняття інформації. Цей режим мінімізує «стрес від дедлайну», який часто виникає під час синхронних змагань (як у Kahoot). Це дозволяє

студенту зосередитися на змісті запитання, а не на швидкості натискання кнопки.

2. Використання бонусів (Power-ups).

Ігрові механіки, такі як «Щит» або «Подвійні бали», додають елемент стратегії, що підвищує зацікавленість студентів і знижує формальність тестування.

3. Інтегровані уроки (Lessons).

Платформа дозволяє поєднувати презентаційні слайди з інтерактивними запитаннями, створюючи безперервний інтерактивний освітній процес. Інтегровані уроки дозволяють уникнути розриву між теорією та практикою.

Підготовчий етап впровадження гейміфікаційних платформ.

Використання ігрових платформ: Kahoot! та Quizizz, потребує від викладача попередньої підготовки. Організаційний процес доцільно поділити на кілька етапів:

1. Готуємо контент. Створюємо 10–15 інтерактивних питань. Замість сухої теорії — реальні кейси та ситуативні задачі, що чіпляють увагу.
2. Обираємо інструмент. Для швидкого драйву та змагання запускаємо Kahoot!. Для вдумливої роботи у власному темпі — Quizizz.
3. Впроваджуємо в лекцію. Робимо ігрову паузу на 20-й або 45-й хвилині. Це ідеальний час, щоб «перезавантажити» мозок студента та повернути фокус.
4. Аналізуємо миттєво. Одразу після гри розбираємо «червоні зони» (питання з найбільшою кількістю помилок). Виправляємо неточності в знаннях тут і зараз.

Спостерігаючи за роботою студентів у реальному часі, було помічено цікаву закономірність: цифрові платформи працюють як потужний тригер уваги. Наші дані та статистика Kahoot! підтверджують, що залученість групи зростає в середньому на 25-30%. Головна перевага тут у миттєвому результаті: викладач одразу бачить, де студенти "плавають", а студенти позбуваються страху помилитися завдяки анонімності нікнеймів. Фактично, ми зводимо час на зворотний зв’язок до мінімуму, роблячи контроль знань частиною живої дискусії, а не формальним іспитом».

Висновоки. Інтеграція платформ Kahoot! та Quizizz у лекційні заняття дозволяє викладачу оперативно здійснювати моніторинг якості засвоєння матеріалу. Елементи гейміфікації — змагальний аспект, аудіосупровід та часові обмеження — сприяють активізації пізнавальної діяльності студентів, допомагають подолати втому та підвищують концентрацію уваги. Можливість використання нікнеймів забезпечує психологічний комфорт та анонімність, що нівелює страх помилки, притаманний традиційним формам опитування. Крім того, автоматизований аналіз результатів дозволяє викладачу миттєво ідентифікувати складні для групи теми та оперативно коригувати подальшу траєкторію навчання.

Посилання

1. Михайлова Н. В. Гейміфікація як інструмент активізації навчальної діяльності студентів у закладах вищої освіти. *Перспективи та інновації науки*. 2023. № 5(23). С. 142–153.
2. Göksün D. O., Gürsoy K. Comparing success and engagement in gamified learning environments via Kahoot and Quizizz. *Journal of Educational Computing Research*. 2019. Vol. 57, No. 5. P. 1226–1255.
3. Биков В. Ю. Цифрова трансформація суспільства і розвиток комп'ютерно-технологічної бази освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019. Т. 74, № 6. С. 1–17.
4. Методичні рекомендації до вивчення онлайн-платформи Kahoot та її можливостей. *Професійна освіта онлайн*. *Цифрова навчальна платформа для учнів закладів професійної освіти та здобувачів професійних кваліфікацій*. URL: https://lnk.ua/iZltd3jg2 (дата звернення: 01.03.2026).

ПОВЕДІНКОВЕ ВИЯВЛЕННЯ ПСЕВДОДУБЛІКАТІВ WORKFLOW ДЛЯ LoRA-МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ВІЗУАЛЬНИХ ЕМБЕДДИНГІВ ЗОБРАЖЕНЬ

Здобувач вищої освіти Н.Д. Лі
Керівник - к.т.н., асистент І.О. Кобилін
Кафедра інформатики
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна

Розвиток генеративних систем створення зображень та поширення вузлових середовищ (зокрема, ComfyUI) призвели до появи маркетплейсів workflow-конфігурацій для LoRA-моделей. Однією з ключових проблем таких платформ є повторне завантаження ідентичних або функціонально еквівалентних workflow із незначними модифікаціями структури. Структурні методи виявлення дублікатів, засновані на аналізі графової топології, ефективно знаходять точні та близькі за структурою копії, однак можуть не виявляти функціонально однакові, але структурно змінені варіанти.

У роботі запропоновано альтернативний підхід — поведінкову перевірку унікальності, що базується на аналізі вихідних зображень, які генерує workflow. Ідея полягає в тому, що функціонально еквівалентні workflow, навіть за відмінної внутрішньої структури, генерують статистично близькі результати при однакових умовах запуску.

Для кожного workflow формується тестовий набір із 3–5 фіксованих промптів та відповідних значень seed. Вибір фіксованих умов забезпечує

відтворюваність результатів. Кожен workflow виконується на цьому наборі, формуючи множину вихідних зображень I = {I1, I2, ..., In}

Для кожного зображення обчислюється компактне векторне представлення за допомогою попередньо навченої моделі мультимодального кодування (наприклад, CLIP). Нехай f(Ii) ∈ R^d — ембеддинг зображення розмірності d. Поведінковий відбиток workflow визначається як агрегована характеристика:

F = (1/n) * sum_{i=1..n} f(Ii)

або як конкатенація нормалізованих ембеддингів тестового набору. Отриманий вектор F є поведінковим fingerprint workflow.

Для оцінювання схожості двох workflow використовується косинусна близькість або евклідова відстань між їхніми fingerprint-векторами. Якщо значення відстані менше заданого порогу

D(F1, F2) < τ

workflow вважаються функціонально еквівалентними або псевдодублікатами.

Перевагою запропонованого підходу є інваріантність до структурних змін графа, перестановки вузлів, додавання допоміжних операцій або незначних варіацій параметрів, які не впливають суттєво на візуальний результат. Метод орієнтований на семантичну близькість вихідних даних, а не на синтаксичну схожість конфігурації.

Експериментальна оцінка проводилась на наборі базових workflow та їх модифікованих версіях: (1) структурна перебудова графа без зміни логіки; (2) заміна вузлів на функціонально еквівалентні; (3) незначні зміни параметрів семплінгу. Результати показали, що поведінковий fingerprint стабільно виявляє функціонально близькі варіанти навіть у випадках, коли структурні методи не демонструють достатньої чутливості.

Поведінковий підхід може застосовуватися як незалежний модуль перевірки унікальності workflow або як частина комбінованої системи аналізу. У такій системі структурний аналіз графа використовується для швидкого виявлення точних копій, тоді як поведінковий аналіз забезпечує виявлення функціонально еквівалентних, але структурно відмінних конфігурацій.

Практична реалізація методу передбачає попереднє формування еталонного набору тестових промптів, стандартизацію параметрів генерації та автоматичне обчислення векторних представлень зображень. Отримані fingerprint-вектори можуть зберігатися у спеціалізованій базі та використовуватися для швидкого пошуку найближчих сусідів у просторі ознак.

Окремою перевагою запропонованого підходу є можливість масштабування на великі колекції workflow. Оскільки кожен workflow представлений компактним вектором ознак, пошук подібних конфігурацій може виконуватися за допомогою методів наближеного пошуку найближчих сусідів у просторі ембеддингів. Це дозволяє ефективно аналізувати тисячі

або навіть мільйони workflow у межах маркетплейсу без значного зростання обчислювальних витрат.

Крім того, поведінковий fingerprint може використовуватися не лише для виявлення дублікатів, але й для класифікації workflow за стилем генерації, типом використовуваних моделей або характером візуальних результатів. Такий підхід відкриває можливості для побудови систем рекомендацій та автоматичної категоризації контенту на платформах обміну workflow.

Запропонований метод може бути інтегрований у систему модерації маркетплейсу як додатковий рівень перевірки після структурного аналізу. Комбінування графового та поведінкового підходів дозволяє підвищити точність виявлення псевдодублікатів та забезпечити захист авторських workflow.

Посилання

1. Radford A. et al. Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision. ICML, 2021.
2. Ramesh A. et al. Hierarchical Text-Conditional Image Generation with CLIP Latents. 2022.
3. Heusel M. et al. GANs Trained by a Two Time-Scale Update Rule Converge to a Local Nash Equilibrium. NIPS, 2017.
4. Karras T. et al. Analyzing and Improving the Image Quality of StyleGAN. CVPR, 2020.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ЧАСТОТИ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ ЦИФРОВОГО СИГНАЛУ НА ЗМІНУ ЯКОСТІ ЙОГО НАБЛИЖЕННЯ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНИМИ АНАЛОГАМИ ОПЕРАТОРІВ ФЕЙЄРА

Асистент А. В. Макарчук
Кафедра інженерії програмного забезпечення в енергетиці
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна

Використання інтерполяційних аналогів операторів, породжених лінійними методами підсумовування рядів Фур’є, періодично розглядається як можливий інструмент для вирішення задачі наближення [1, 2], фільтрації [3] та обробки одновимірних цифрових сигналів [4] загалом. Деякі з операторів, інтерполяційні аналоги яких розглядаються в цьому ракурсі, є досить добре дослідженими з точки зору аналізу Фур’є, але є аспекти, важливі для цифрової обробки сигналів, які, як показує аналіз публікацій, є недослідженими взагалі.

Одним із таких аспектів є те, чи корелюють між собою фактична частота дискретизація розглядуваного сигналу та зміна точності наближення цього сигналу за допомогою інтерполяційного при її збільшенні? В даній роботі зроблена спроба статистично дати відповідь на дане питання для випадку, коли реальний сигнал може бути описаним функцією

$$f = f(t) \in H^1, \quad t \in [0;T],$$

А його цифровий варіант «наближається» за допомогою інтерполяційного аналога оператора Фейєра, який може бути записаним наступним чином

$$\tilde{\sigma}_{mn}(t) = \frac{1}{n(m+1)} \sum_{k=0}^{m} f(t_k) \frac{1-\cos\dfrac{2\pi n(t_k - t)}{T}}{1-\cos\dfrac{2\pi(t_k - t)}{T}}. \qquad (1)$$

Розглянемо, для прикладу, розподіл середньоквадратичних відхилень поліномів (1) від сигналів, які можуть бути описані функціями

$$f = f(t) \in H^1, \quad t \in [0;2\pi] \qquad (2)$$

для випадків $n=5$, $n=10$ та $n=25$. Для цього скористаємося наступною діаграмою розсіювання.

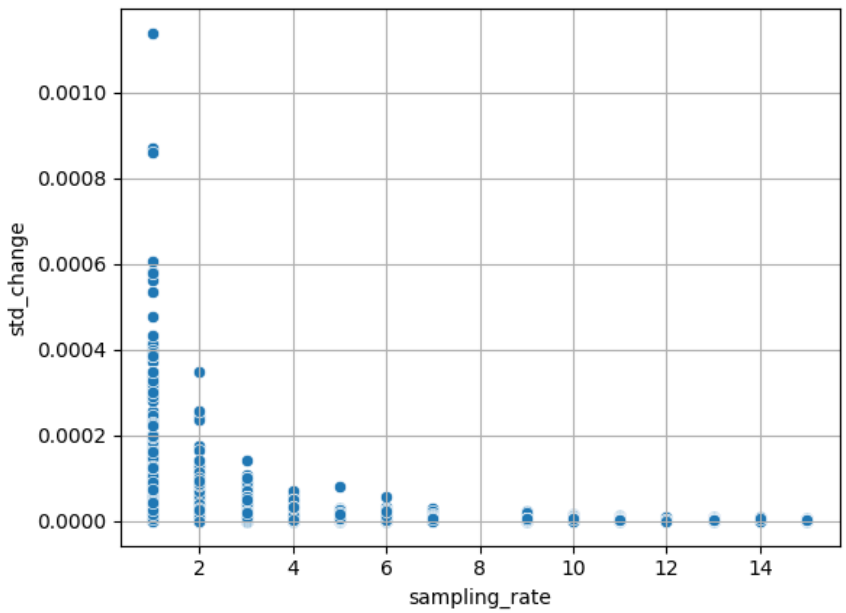


Рисунок 1 – Розподіл середньоквадратичного відхилення (1) від сигналу, що описується функцією (2), у випадку $n=5$

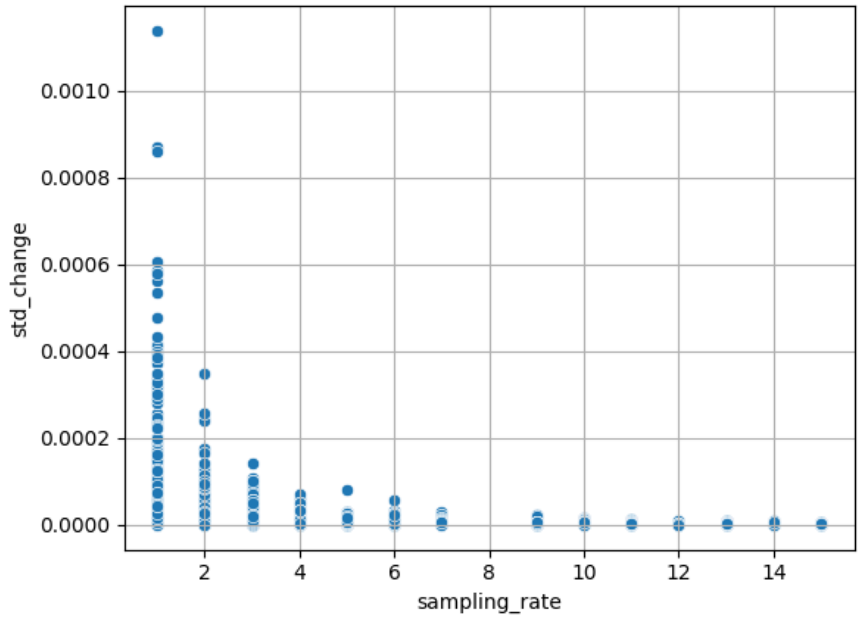


Рисунок 2 – Розподіл середньоквадратичного відхилення (1) від сигналу, що описується функцією (2), у випадку $n = 10$

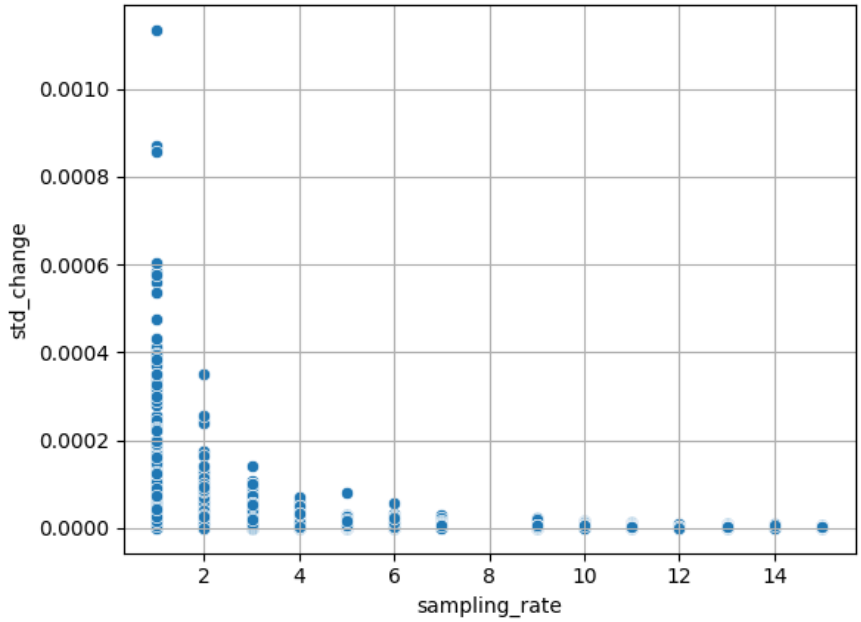


Рисунок 3 – Розподіл середньоквадратичного відхилення (1) від сигналу, що описується функцією (2), у випадку $n = 25$

На рис. 1-3 можна бачити повністю еквівалентну поведінку: збільшення частоти дискретизації розглядуваного сигналу призводить до того, що подальше її збільшення давати все менший ефект щодо покращення точності наближення сигналу за допомогою (1). Це означає, що незалежно від значення параметра n існує таке значення частоти дискретизації, при збільшенні якого подальше використання (1) є невиправданим.

Висновки:

1. В роботі досліджено зв’язок між фактичною частотою дискретизації сигналу, що описується функціями з класу Ліпшиця, та зміною якості його наближення за допомогою поліномів (1) при подальшому її збільшенні.

2. Статистичний аналіз показує, що значуща зміна якості наближення сигналу за допомогою (1) при збільшенні частоти дискретизації спостерігається лише тоді, коли фактична частота дискретизації не перевищує певного значення.

Посилання

1. Барабаш О.В., Макарчук А.В., Білявський Б.А., Ткачов В.В. Метод наближення цифрових сигналів інтерполяційними аналогами операторів для дослідження випромінювання радіолокаційних станцій радіотехнічними засобами розвідки / О.В. Барабаш, А.В. Макарчук, Б.А. Білявський, В.В. Ткачов // Повітряна міць України. – 2025. – Т. 1. – № 8. – С. 100–104. – DOI: https://doi.org/10.33099/2786-7714-2025-1-8-100-104
2. Schafer R., Rabiner L. A digital signal processing approach to interpolation / R. Schafer, L. Rabiner // Proceedings of IEEE. – 1973. – Vol. 61, № 6. – P. 692–702.
3. Hamming R. W. Digital filters / R. W. Hamming. – New Jersey : Prentice-Hall, International, 1977. – 224 p.
4. Копійка О., Барабаш О., Коваль О., Макарчук А. Метод оцінки локальних екстремумів цифрових сигналів, на основі інтерполяційних аналогів оператора Фейєра / О. Копійка, О. Барабаш, О. Коваль, А. Макарчук // Measuring and Computing Devices in Technological Processes. – 2025. – № 2 (82). – С. 232–239. – DOI: https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-32

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАЛУЧЕННЯ УВАГИ КОРИСТУВАЧІВ САЙТІВ

Студентка К. В. Маловічко
Керівник – доц., канд. техн. наук О. С. Куроп’ятник
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро

З кожним днем інтернет наповнюється все більшою кількістю веб-сторінок, і через це, навіть маючи дуже корисний для людей вміст, сайт може не користуватися популярністю. Часто аналоги, хоч і є біднішими на інформацію, привертають увагу користувачів своїм виглядом. Наше дослідження має на меті розібратися, на що саме привертає найбільшу увагу людини, що заходить на сайт.

Наукові праці за 2022–2026 роки підтверджують, що увага користувача – це обмежений ресурс, і її розподіл часто залежить від візуальних ефектів, що є засобами залучення уваги. Наприклад, дослідження доводять, що колір та яскравість елементів визначають поведінку нашого погляду від 62% до 96% [5]. Це пояснює, чому яскраві сайти виграють у більш інформативних, але посередніх на вигляд [7].

Щодо технологій, то останні тести показують: звичайна веб-камера з використанням сучасних алгоритмів уже має точність у межах 1.3° – 1.5° [1]. Цього цілком достатньо, щоб зрозуміти, на які кнопки чи написи дивиться людина, не купуючи професійне обладнання за тисячі доларів. Проте цифри самі по собі не дають повної відповіді. Хоча тривалий погляд на об'єкт зазвичай свідчить про інтерес до нього, трекер не може пояснити, чому користувач проігнорував решту інформації. Саме тому сучасні науковці радять не просто стежити за очима, а поєднувати ці дані з опитуваннями користувачів [4]. Це дозволяє отримати повну картину: куди людина дивилася і чому.

При цьому існує когнітивний дисонанс: дані eye-tracking фіксують лише близько 27% реальних когнітивних стратегій користувача [3]. Більшість існуючих рішень або занадто дорогі (лабораторні системи), або не мають модулів для зіставлення об’єктивного погляду із суб’єктивним усвідомленням — самозвітами [4]. Це зумовлює необхідність створення доступної платформи, що поєднує браузерний трекінг із інструментами верифікації.

Метою нашої роботи є розробка веб-платформи для аналізу користувацької уваги, яка поєднує доступність веб-камерного трекінгу з інструментами психологічної верифікації. Технічна реалізація проєкту базується на фреймворку React, що забезпечує гнучкість інтерфейсу, та інтегрованій бібліотеці WebGazer.js [6]. Остання використовує регресійні моделі для перетворення відеопотоку з камери у координати погляду (x, y) у реальному часі.

Процес дослідження побудований на принципі тріангуляції даних. На першому етапі система проводить калібрування за допомогою рухів курсора, після чого фіксує «шлях погляду» користувача під час взаємодії з контентом. Одразу після сесії платформа автоматично пропонує ретроспективне опитування. Це критично важливо для подолання «когнітивного розриву», оскільки дозволяє зіставити об’єктивні фіксації з усвідомленими стратегіями пошуку інформації [4].

Для обробки отриманих даних застосовується математичний аналіз просторового розподілу. Ми будуємо теплові карти інтенсивності уваги та розраховуємо ентропію погляду [2]. Високий рівень ентропії слугує маркером візуального шуму: якщо погляд хаотично блукає екраном, це свідчить про перевантаженість дизайну. Обробка відео виконується локально на пристрої користувача, що гарантує конфіденційність та захист персональних даних.

Очікується, що розроблена платформа дозволить отримувати точні дані про ефективність UI-елементів для залучення уваги без витрат на професійне обладнання. Поєднання теплових карт та ентропії допоможе розробникам виявляти зони когнітивного дискомфорту, де користувач втрачає фокус. За результатами дослідження з використанням описаної веб-платформи може бути сформовано методику, що дозволяє створювати інтерфейси користувача, які мінімізують втому та максимально ефективно доносять важливу інформацію.

Посилання

1. Kaduk, T., Goeke, C., Finger, H., & König, P. (2023). "Webcam eye tracking close to laboratory standards: Comparing a new webcam-based system and the EyeLink 1000." Behavior Research Methods, 56(3).
2. Lee, Y., Jung, K., & Lee, H. (2023). "Human performance and heat map entropy in system state judgment task using a visual interface screen." Engineered Science, 23, 854.
3. Falkowska, J., Sobecki, J., & Falkowski, M. (2025). "Utilization of Eye-Tracking Metrics to Evaluate User Experiences—Technology Description and Preliminary Study." Sensors, 25(19), 6101.
4. Kim, K., & et al. (2025). "Comparing Eye-Tracking and Verbal Reports in L2 Reading Process Research." Research Methods in Applied Linguistics.
5. "The general importance of local scene color on gaze behavior in visual search." (2024). Journal of the Optical Society of America A, 31(4), A254-A262.
6. Brown University. (2026). WebGazer.js: Democratizing Webcam Eye Tracking on the Browser. [Online]
7. "Visual hierarchy: Complete guide on visual hierarchy for 2025." (2025). UX Tigers. [Online]

ПРОБЛЕМА ГАЛЮЦИНАЦІЙ У ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЯХ ТА МЕТОДИ ЇЇ ЗМЕНШЕННЯ

Магістрант М.С. Матвєєв
Керівник - доц., канд. техн. наук Н.М. Сердюк
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

Проблема виникнення галюцинацій у великих мовних моделях є однією з головних наукових і прикладних проблем, що актуальні для сучасних інтелектуальних інформаційних систем. Галюцинація означає створення граматично вірного, стилістично збалансованого, але фактично недостовірного або вигаданого змісту, який не має підтвердження в

реальних даних або зовнішніх джерелах знань. У відміну від класичних алгоритмічних помилок, галюцинації виглядають переконливо і логічно структуровано, що ускладнює їх автоматичне виявлення та підвищує ризики використання LLM в системах підтримки прийняття рішень, аналітичних сервісах та професійних інформаційних платформах. З урахуванням ймовірнісного характеру мовного моделювання, великі мовні моделі в першу чергу оптимізують ймовірність наступного токена, а не істинність твердження, що створює передумови для виникнення фактологічних відхилень [1].

У сучасних дослідженнях з обробки природної мови виділяють кілька типів галюцинацій. Фактичні галюцинації проявляються у генерації неіснуючих даних, вигаданих посилань, помилкових дат або авторів. Логічні галюцинації виникають тоді, коли модель формує некоректні причинно-наслідкові зв’язки або суперечливі висновки. Контекстуальні галюцинації пов’язані з відхиленням від поставленого запиту, коли модель доповнює відповідь нерелевантною або надмірною інформацією, що формально відповідає тематиці, але не узгоджується з конкретною задачею. Окремо виділяють феномен порушення faithfulness, коли згенерований текст містить факти, що відсутні у вхідному джерелі, що особливо характерно для задач автоматичного узагальнення або переформулювання текстів [2].

Ключові фактори, що спричиняють галюцинації, мають складний характер появи. Архітектурно великі мовні моделі ґрунтуються на механізмах самоуваги, які дозволяють ефективно кодувати контекст, але не передбачають механізму перевірки достовірності інформації. Додатковим чинником є використання стохастичних стратегій декодування, таких як temperature sampling або top-k/top-p sampling, які збільшують різноманітність генерації, але збільшують ймовірність фактологічних помилок. Також важливу роль відіграє відсутність прив'язки до структурованої бази знань під час інференсу, що призводить до того, що модель опирається на статистичні патерни замість перевірених джерел.

Методи зниження галюцинацій можна умовно поділити на кілька груп. До архітектурних підходів відносяться моделі Retrieval-Augmented Generation, що поєднують механізм пошуку релевантних документів з генеративною частиною системи. Це дозволяє формувати відповіді з опорою на конкретні фрагменти зовнішньої бази знань, що підвищує фактологічну обґрунтованість результату. Алгоритмічні підходи включають instruction tuning та Reinforcement Learning from Human Feedback, які коригують поведінку моделі шляхом доналагодження на прикладах, оцінених людиною, і спрямовані на підвищення релевантності та безпечності відповідей. Перспективним напрямом є self-consistency prompting, що передбачає генерацію кількох варіантів відповіді з подальшим вибором найбільш узгодженого результату, а також використання окремих модулів постгенераційної перевірки фактів.

Серед всіх методів елімінації галюцинацій слід також виділити напрям досліджень пов'язаний з проблемою калібрування впевненості великих мовних моделей, а саме з відповідністю між прогнозованою ймовірністю відповіді та її фактичною коректністю. Відомо, що нейронні моделі, зокрема трансформерні архітектури, можуть демонструвати явище overconfidence – високу ймовірнісну оцінку навіть у випадках фактичної помилки. Це особливо критично для прикладних інтелектуальних систем, де користувач інтерпретує впевненість моделі як індикатор достовірності результату. Некалібрована модель може генерувати невірну інформацію з високою впевненістю, що підвищує ризики прийняття некоректних рішень.

Калібрування спрямоване на узгодження розподілу ймовірностей з реальною якістю прогнозу. Один з базових методів - температурне масштабування, що налаштовує розподіл softmax, зменшуючи надмірну концентрацію ймовірності на окремих токенах, без впливу на саму модель. Додатково застосовуються методи посттренувального калібрування, які оптимізують параметри на валідаційній вибірці з використанням метрик очікуваної помилки калібрування (ECE) або оцінки Бріера. У контексті генеративних моделей важливими є методи оцінювання достовірності відповіді через аналіз ентропії розподілу токенів, вибіркове моделювання методом Монте-Карло та ансамблеві оцінки, які дозволяють визначати рівень невизначеності моделі [3].

Додатковим аспектом є інтеграція механізмів невизначеності безпосередньо в процес генерації, використовуючи такі підходи, як Bayesian-підходи або dropout під час інференсу, що дозволяє оцінювати варіативність відповідей. Практичне значення також мають системи, що поєднують генеративну модель із модулем перевірки фактів або зовнішнім ретривером, де рівень впевненості моделі враховується під час прийняття рішення про необхідність додаткової перевірки. Таким чином, калібрування є важливою складовою архітектури надійних LLM-орієнтованих систем.

Таким чином, галюцинації є системною властивістю LLM, що виникає внаслідок поєднання ймовірнісного механізму генерації, масштабності параметрів та відсутності механізмів верифікації істинності. Сучасні підходи до їх зменшення охоплюють архітектурні рішення, алгоритмічні методи адаптації та постобробку результатів. Подальший розвиток інтелектуальних систем передбачає інтеграцію генеративних моделей із зовнішніми джерелами знань, удосконалення механізмів навчання з людським зворотним зв'язком та формування комплексних процедур контролю достовірності, що є необхідною умовою їх безпечного застосування в інформаційних технологіях.

Посилання

1. Ji Z., Lee N., Frieske R. et al. Survey of Hallucination in Natural Language Generation [Електронний ресурс] // ACM Computing Surveys. – 2023. – Vol.

55, No. 12. – Режим доступу: https://arxiv.org/abs/2202.03629 (дата звернення: 19.02.2026).
2. Maynez J., Narayan S., Bohnet B., McDonald R. On Faithfulness and Factuality in Abstractive Summarization [Електронний ресурс] // Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL). – 2020. – Режим доступу: https://aclanthology.org/2020.acl-main.173/ (дата звернення: 19.02.2026).
3. Lewis P., Perez E., Piktus A. et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks [Електронний ресурс] // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2020. – Режим доступу: https://arxiv.org/abs/2005.11401 (дата звернення: 19.02.2026).

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ ШВИДКОДІЮЧОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В КАМЕРНИХ КОНВЕКТИВНИХ СУШАРКАХ

Аспірант В.С. Мельник
Керівник - доц., канд. техн. наук Я.В. Смітюх
Національний університет харчових технологій
м. Київ, Україна

Камерні конвективні сушарки широко застосовуються у харчовій, фармацевтичній та інших галузях промисловості для зневоднення рослинної та іншої сировини. Незважаючи на відносну конструктивну простоту, такі сушарки не можна вважати простими об’єктами автоматизації [1]. Сировина для сушіння може мати різну якість, початкову вологість, масу завантаження та неоднорідну укладку на сітках. Проте основною причиною складності є суттєва зміна параметрів сушарки як об’єкта керування протягом технологічного процесу сушіння. Вологість і, відповідно, маса продукту, завантаженого в сушильну камеру, можуть змінюватися під час сушіння у декілька разів. Крім того, змінюються теплофізичні характеристики завантаженої сировини, її розміри та, відповідно, розподіл потоків теплоносія в камері сушарки [2]. У результаті об’єкт керування характеризується значною нелінійністю та нестаціонарністю параметрів, що істотно ускладнює забезпечення високої якості регулювання температури повітря в камері сушарки.

Процес сушіння є тривалим та енергоємним, а оброблювана сировина може мати високу вартість. Недостатня точність підтримання температурного режиму може призводити до перевитрат енергії, погіршення якості кінцевого продукту або навіть до його незворотної втрати. Повільний вихід температури на задане значення зменшує продуктивність сушарки, збільшує енергоспоживання та підвищує собівартість продукції. Саме тому

одночасне підвищення швидкості виходу температури на уставку та забезпечення високої якості регулювання температури в камерних конвективних сушарках є важливою науково-практичною задачею.

Найбільш поширеним методом регулювання температури в сушильних установках є ПІД-регулювання. Налаштування ПІД-регулятора, оптимальні для однієї стадії процесу сушіння, можуть призводити до недостатньої якості регулювання температури на інших стадіях.

Система керування процесом сушіння в камерних конвективних сушарках повинна забезпечувати максимально швидкий вихід температури в сушильній камері на задану уставку з мінімальним перерегулюванням та коливальністю перехідного процесу або взагалі без них. Для вирішення поставленої задачі пропонується використовувати нейромережу (або окремі нейромережі) для визначення моменту перемикання з режиму швидкої зміни температури на режим ПІД-регулювання, а також для початкової ініціалізації ПІД-регулятора. Багатовходова нейромережа повинна працювати на основі мультисенсорних вимірювань параметрів процесу сушіння в реальному часі, наприклад, за даними датчиків температури зовнішнього повітря, температури та відносної вологості повітря в сушильній камері, датчиків маси завантаженої сировини та бути навченою на даних, автоматично зібраних під час проведення попередніх сушок такої ж сировини [3].

Алгоритм швидкого дворежимного регулювання температури із використанням нейромережі є наступним. На початковій стадії переходу до нової уставки температури нагрівальний елемент працює в режимі релейного перемикання потужності (максимальна потужність або нагрівання вимкнено залежно від напрямку зміни уставки відносно поточної температури в камері сушарки), що дозволяє максимально швидко наблизити температуру до заданого значення. У процесі роботи система в реальному часі отримує мультисенсорні вимірювання параметрів процесу сушіння, які подаються на входи нейромережі. Нейромережева модель аналізує поточний стан процесу сушіння та визначає момент перемикання режиму нагріву з режиму максимальної потужності на режим ПІД-регулювання температури. Одночасно нейромережа визначає початкове значення вихідного сигналу ПІД-регулятора у момент перемикання режимів керування для задання керуючого впливу, максимально наближеного до необхідної потужності нагріву для підтримання заданої температури в сушильній камері. Завдяки цьому ПІД-регулятор починає роботу з керуючого сигналу, близького до необхідного стаціонарного значення потужності нагріву для поточного стану процесу, що дозволяє скоротити тривалість перехідного процесу та зменшити коливальність температури після перемикання режимів керування. Настроювання ПІД-регулятора при цьому можуть бути усередненими для всіх стадій процесу, забезпечуючи робастність регулювання температури. Після досягнення визначеного нейромережею моменту перемикання система переходить від режиму

максимальної швидкості зміни температури до режиму ПІД-регулювання, у якому регулятор забезпечує стабілізацію температури сушіння на заданому рівні.

Висновок. У запропонованому алгоритмі фактично використовується комплексування різних методів керування, що поєднує режим інтенсивного нагріву або охолодження, нейромережеве визначення параметрів перемикання режимів та режим ПІД-регулювання. Використання багатовходової нейромережевої моделі із мультисенсорними вимірюваннями в реальному часі дозволяє враховувати поточний стан технологічного процесу сушіння та визначати оптимальний момент переходу до режиму ПІД-регулювання разом із правильною початковою ініціалізацією ПІД-регулятора. Таке поєднання дозволить підвищити якість регулювання температури в камерних конвективних сушарках та, відповідно, ефективність технологічного процесу в цілому.

Посилання

1. Asrate D. A. Review on the recent trends of food dryer technologies // Results in Engineering. 2025. Vol. 25. Art. 103511.
2. Daza-Gomez M. A. M., Gomez Velasco C. A., Gomez Daza J. C., Ratkovich N. 3D Computational Fluid Dynamics Analysis of a Convective Drying Chamber // Processes. 2022. Vol. 10, No. 12. Art. 2721.
3. Мельник В.С., Смітюх Я.В. Експериментальна установка для дослідження систем автоматичного керування сушінням харчових продуктів. // Матеріали XI Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 27 листопада 2024. – К: НУХТ, 2024 р. – с. 240.

АВТОМАТИЗОВАНІ НАПРЯМИ ЦИФРОВОГО КОНТРОЛЮ МОНІТОРИНГОВИХ СИСТЕМ КОМУНАЛЬНИХ ВИТРАТ

Канд. пед. наук, доц., доц. кафедри В.О. Ніжегородцев
Кафедра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем
Державний податковий університет, м. Ірпінь, Україна

В умовах глобального курсу на енергоефективність та сталий розвиток, цифрова трансформація житлово-комунального господарства еволюціонує з інноваційного тренду в базову стратегічну потребу. Сучасний споживач вимагає не лише безперебійного надання послуг, а й повної прозорості, високої якості та оперативності взаємодії. Центральним елементом цієї трансформації є впровадження автоматизованих систем моніторингу споживання ресурсів та оптимізації відповідних платежів.

Попри очевидні переваги, процес модернізації сфери ЖКП стикається з низкою суттєвих бар'єрів: технічний знос наявної інфраструктури, що потребує значних капіталовкладень; високий поріг вартості інтеграції новітніх ІТ-рішень; спротив бюрократичного апарату та корупційні ризики; криза довіри між кінцевими споживачами та постачальниками енергоресурсів, тощо.

На сучасному етапі автоматизація контрольних функцій виходить за межі простого встановлення «розумних» приладів обліку. Мова йде про формування цілісної екосистеми, яка забезпечує збір, обробку та інтелектуальний аналіз даних у режимі реального часу. Це створює підґрунтя для економічної вигоди споживачів та дозволяє підприємствам галузі раціонально планувати модернізацію мереж.

Впровадження систем моніторингу допомагає вчасно виявляти проблеми та адекватно на них відреагувати, не допускати дестабілізацію бізнес-процесів та діяльності підприємства в цілому [1, с. 110].

Сьогодні в Україні вже активно експлуатується програмне забезпечення, що автоматизує повний цикл - від зчитування показників до формування електронних квитанцій. Особливу роль у цифровій трансформації відіграють мережеві технології Інтернету речей (IoT), такі як: LoRaWAN та NB-IoT; Zigbee; Jooby RDC.

Згідно з експертними прогнозами, до 2026 року переважна більшість підприємств (понад 80%) інтегрують IoT-рішення для діагностики обладнання. Використання інтелектуальних систем дозволяє містам знизити енерговитрати майже на 30% [2].

Наступним рівнем еволюції є перехід до хмарних обчислень (AWS, Azure, Google Cloud). Це позбавляє комунальні підприємства необхідності утримувати дорогі дата-центри. Справжнім технологічним проривом є застосування алгоритмів Machine Learning, які здатні: виявляти аномалії (миттєво фіксувати несанкціоновані підключення або витоки); прогнозувати попит (моделювати рівень споживання залежно від погоди чи сезону); оптимізувати мережі (визначати вузли з найбільшими тепловтратами).

Роль цифрових технологій у забезпеченні прозорості комунального сектору є фундаментальною. Перехід від пасивного споживання до моделі усвідомленого енергозбереження можливий лише через впровадження складних аналітичних платформ та нових приладів обліку. Це не тільки підвищує якість послуг, а й виводить на новий рівень екологічну відповідальність та взаємодію між суспільством і державою.

Посилання

1. Малтиз В.В. Автоматизація обліку та моніторингу показників ефективності використання персоналу на підприємствах. Актуальні проблеми економіки № 2 (272), 2024. С. 105-110. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://eco-science.net/wp-content/uploads/ 2024/02/2.24._ topic_Viktoriia-V.-Maltyz-105-110.pdf.
2. Прогноз тенденцій розвитку інтернету речей у 2025 році. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:https://jooby.eu/uk/blog/prognoz-tendencij-rozvitku-internetu-rechej-u-2025-roci/.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ ПОДАЧ ВАГОНІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ МАСОВИХ ВАНТАЖІВ

Аспірант С.В. Пархоменко
Керівник - доц., канд. техн. наук П.В. Бех
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Для України актуальним є розвиток системи залізничного транспорту з метою досягнення необхідної потужності перевезення масових вантажів, наприклад зерна, з мінімальними витратами. Подорожчання транспортних послуг виникає через скорочення пропозицій АТ «Укрзалізниця» та штучного формування попиту на рухомий склад з боку посередників. Тоді як реальний попит власників/експортерів/виробників рухомого складу як транспортний фактор, визначений фактичним обсягом експортованих товарів за контрактом, наразі не впливає на ціну.

Автором досліджується залежність кількості подач за добу від їх вартості, вагоногодини простою в очікуванні подавання від кількості подач.

Якщо K – кількість подач вагонів за добу, а E – прибуток залізниці, то вибір оптимального варіанту зводиться до самої простої табличної форми наведеної в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вибір оптимального варіанту кількості подач вагонів

K	1	2	3	4	5
E	y	z	x	a	b

Прибуток залізниці можна розрахувати по формулі:

$$E = C_1 - C_2 \quad (1)$$

В свою чергу C_1 визначається по формулі:

$$C_1 = (D - C_{\text{витр}})K, \text{ при умові } D > C_{\text{витр}}, \quad (2)$$

де D – тарифний або договірний збір за одне подавання на дане підприємство, $C_{\text{витр}}$ – витрати на саме подавання, утримання штату, інфраструктури тощо.

Визначення C_2 проводиться по формулі:

$$C_2 = nt\, C_{\text{ваг.год}}, \quad (3)$$

де $C_{\text{ваг.год}}$, – витратна ставка однієї вагоно-години, n – добова або тижнева кількість вагонів на прибуття, що прогнозується з даних обчислювальних центрів Укрзалізниці, t – час простою вагонів на станції в очікуванні подачі.

Розрахувати і виконати всі подавання вагонів, щоб їх початок співпадав з часом прибуття вагонів в поїздах практично неможливо. Якщо вважати, що подавання вагонів на промислові підприємства проводяться з середнім інтервалом $I_{сер}$, то час прибуття вагонів на станцію як події, не залежні від розкладу подач, можуть трапитись у будь-який час, тобто середнє очікування подачі вагонами на станції можна приблизно прийняти рівним половині інтервалу між подачами. Тому t можна розрахувати по формулі:

$$t = 24/2K = 12/K\,, \tag{4}$$

звідси:

$$E = (D - C_{витр})K - 12nC_{ваг.год}/K \tag{5}$$

Обмеження по кількості локомотивів, клієнтів, що обслуговуються однією станцією, де K_i та t_i кількість та тривалість подач на відповідне підприємство, вводиться по формулі:

$$K_1t_1 + K_2t_2 + \ldots + K_i\,t_i \le (24 - t_{тех})M_{ман}, \tag{6}$$

у формулі (5) вводяться D_i та $C_{витр.i}$ відповідно.

Врахування орендованих та власних вагонів пропонується враховувати змінами до формули (3):

$$C_2 = (n - n_{власн})\,t_{УЗ}\,C_{ваг.год} \tag{7}$$

Висновки:

Запропонований метод оптимізації подавання вагонів на вантажні фронти, особливо для масових вантажів надає можливість не тільки зменшити експлуатаційні витрати залізниць, отримати додатковий прибуток, а й підвищити свою конкурентоздатність.

Посилання

1. Дослідження впливу потужності вагонопотоків на показники плану формування поїздів [Текст] / А. І. Кузьменко, П. В. Бех, О. В. Лашков, Є. А. Максименков. Системи та технології, № 1 (63), 2022, с. 15-39. DOI: 10.32782/2521-6643-2022.1-63.2
2. Дослідження технології роботи пунктів переробки великовагових вантажів [Текст] / П.В. Бех, О.В. Лашков, Є.А. Максименков, О.Ю. Папахов // Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень», 2021, № 22, с. 48-55. DOI: 10.15802/tstt2021/247883.

ВРАЗЛИВІСТЬ КЛАСИЧНИХ СТЕГАНОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ ДО АЛГОРИТМІВ СТИСНЕННЯ У СУЧАСНИХ МЕСЕНДЖЕРАХ

Аспірант Я.В. Ращупкін
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Стрімке зростання обсягів передачі мультимедійних даних через популярні платформи зв'язку робить питання захисту інформації надзвичайно актуальним. Одним із найефективніших інструментів прихованої передачі даних є стеганографія, яка дозволяє інтегрувати таємні повідомлення безпосередньо у цифрові зображення, приховуючи сам факт комунікації.

Однак на практиці використання таких методів стикається з серйозною проблемою: сучасні комунікаційні сервіси (зокрема WhatsApp, Signal, Facebook Messenger) застосовують алгоритми автоматичного стиснення зображень з метою економії пропускної здатності мережі. Метою дослідження стало експериментальне визначення рівня робастності класичних стеганографічних методів – LSB (просторова область) та F5 (частотна область) – до втратних перетворень у сучасних месенджерах.

У ході експерименту було сформовано тестовий набір стего-контейнерів на базі трьох типів зображень різної структурної складності (портрет, пейзаж, текстура), що дозволило врахувати вплив насиченості контенту на збереження даних. Створені файли були надіслані через зазначені комунікаційні платформи у двох базових режимах: як стандартне «Зображення» та як «Файл».



Рисунок 1 – Тестовий набір зображень

Для об'єктивної оцінки ступеня деградації прихованих даних після передачі застосовувалися такі метрики, як пікове відношення сигнал/шум (PSNR), індекс структурної подібності (SSIM), середньоквадратична помилка (MSE) та частка змінених пікселів.

Отримані результати продемонстрували критичну невідповідність між візуальним сприйняттям отриманого зображення та його внутрішньою цілісністю. При передачі даних у стандартному режимі алгоритми стиснення (особливо агресивні у WhatsApp) призводили до суттєвого падіння значень PSNR та SSIM.



Рисунок 2 – карта різниць між зображеннями: (a) Режим «Файл»; (b) Режим «Зображення»

Як видно з наведених даних, попри те, що для людського ока зміни залишаються практично непомітними, вбудована стеганографічна інформація зазнавала повного руйнування. Метод LSB виявився вкрай чутливим до зміни значень найменш значущих бітів, а більш складний метод F5 втрачав дані через деквантування DCT-коефіцієнтів у процесі рекомпресії.

Єдиним надійним способом збереження прихованого повідомлення виявилася передача стего-контейнера в режимі «Файл». За таких умов платформи не застосовують додаткову компресію, що дозволяє зберегти показники PSNR та SSIM на рівні теоретичних максимумів та уникнути спотворення цілісності даних.

Висновки:

Проведені експерименти доводять, що класичні стеганографічні алгоритми (LSB та F5) не забезпечують достатньої робастності для використання в умовах сучасних комунікаційних платформ при стандартному режимі передачі фотографій. Для забезпечення надійного прихованого зв’язку необхідно або обов'язково використовувати режим передачі без втрат («Файл»), або ж розробляти нові, адаптивні алгоритми, що будуть стійкими до JPEG-рекомпресії.

Посилання

1. Ращупкін Я. Дослідження стійкості LSB ТА F5 стеганографічних методів до компресії комунікаційних платформ. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security. 2025. № 4. С. 224–231. URL: https://doi.org/10.32782/it/2025-4-26 (дата звернення: 14.03.2026).

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ПІДПИСУ ДОКУМЕНТІВ

Магістранти М.В. Слабишев, Г.Ю. Шпурик
Керівник – ст. викл., доктор філософії В.В. Шаравара
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Електронний документообіг є одним з ключових напрямів цифровізації державного та корпоративного сектору. Основною вимогою до таких систем є забезпечення юридичної значимості електронних документів, що досягається використанням кваліфікованого електронного підпису (КЕП).

В Україні правове поле електронного підпису регулюється законами про електронні довірчі послуги та впровадженням стандартів електронного підпису, гармонізованих з європейським регламентом eIDAS. Це забезпечує можливість використання міжнародних форматів підпису, таких як PAdES, CAdES та XAdES, що дозволяє інтегрувати українські системи документообігу з європейською інфраструктурою електронної ідентифікації [4].

Зростання попиту на системи електронного документообігу підтверджується розвитком комерційних платформ. Одним з найбільш відомих сервісів в Україні є система електронного документообігу «Вчасно», яка була запущена приблизно у 2016 році. За відкритими даними компанії, у перші роки платформа обслуговувала десятки тисяч компаній, а станом на початок 2024 року кількість користувачів перевищила 1 млн організацій. Така динаміка демонструє швидке зростання попиту на електронні підписи та цифрові договори.

Серед основних факторів розвитку ринку послуг електронного документообігу можна виділити:

- цифровізацію державних сервісів;
- розвиток електронної комерції;
- віддалену роботу та дистанційне підписання документів;
- інтеграцію України з цифровою інфраструктурою ЄС.

Таким чином, розробка нових систем електронного документообігу залишається актуальною задачею. Конкуренція з існуючими платформами можлива за рахунок:

- оптимізації процесу підписання;
- інтеграції з різними центрами сертифікації;
- автоматизації пакетного підписання документів;
- підтримки сучасних стандартів електронного підпису.

Метою проєкту є створення кросплатформної вебсистеми, яка дозволяє користувачам накладати юридично значущий КЕП на документи у форматі PDF, забезпечуючи їх довгострокове зберігання та валідацію.

Центральною підзадачею є розробка надійного модуля накладання та верифікації підписів. Це включає:

1. Інтеграцію JavaScript-бібліотеки від АТ «ІІТ», яка є де-факто стандартом для роботи з криптографічними алгоритмами, затвердженими ДСТУ 4145-2002;
2. Побудову надійної системи взаємодії з Акредитованими центрами сертифікації ключів (АЦСК), зокрема з АЦСК ПриватБанку, що забезпечує безкоштовну та доступну інфраструктуру для кінцевого користувача.

У процесі розробки виникло питання: чи можливо реалізувати підпис виключно на стороні клієнта? Аналіз документації ІІТ та протоколів взаємодії підтверджує: повний CSR неможливий.

Хоча сам процес підписання (обчислення хешу та накладання КЕП) відбувається в браузері для забезпечення безпеки ключа, бібліотека EUSign вимагає активної взаємодії з серверами АЦСК для:

– отримання позначок часу;
– перевірки статусу сертифіката.

Браузери, згідно з політикою безпеки (Cross-Origin Resource Sharing — CORS), блокують прямі запити до серверів АЦСК. Тому бібліотека використовує метод SetXMLHTTPProxyService, який перенаправляє запити через проксі-сервер [3].

Функціональна схема бібліотеки показана на рис. 1.

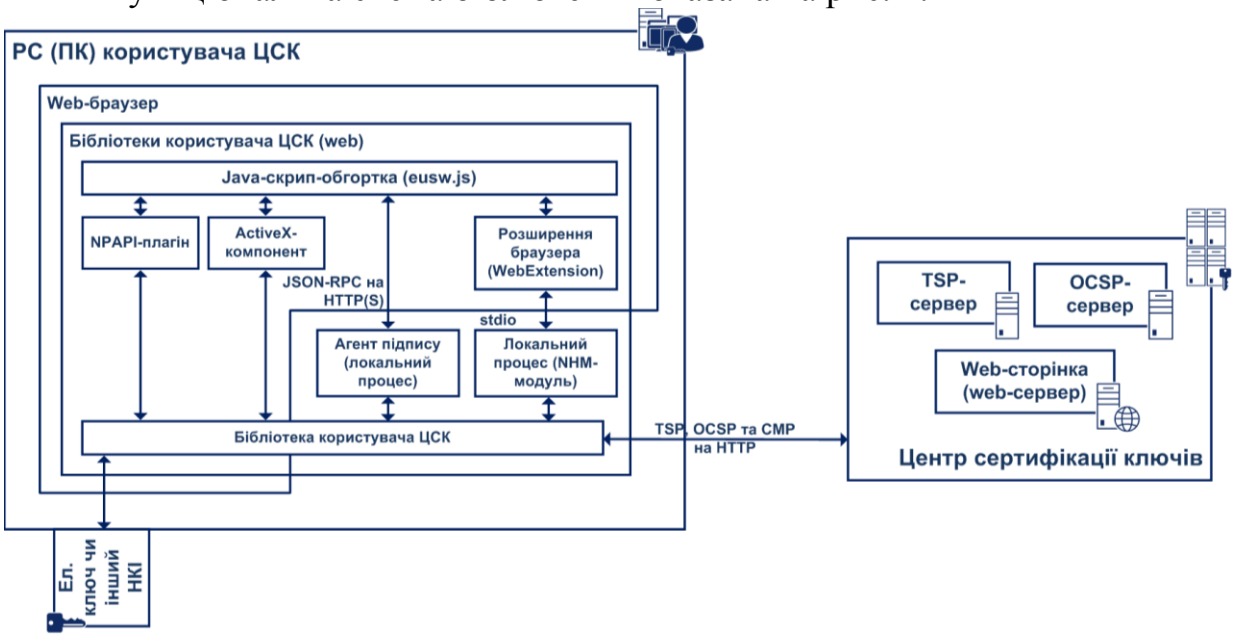


Рисунок 1 — Функціональна схема бібліотек

Ми реалізуємо серверний компонент на Next.js, який виступає посередником між клієнтом та АЦСК, додаючи необхідні заголовки та обходячи CORS Керування конфігурацією точок доступу до АЦСК та сертифікатів виконується динамічно на сервері. Для покращення

користувацького досвіду було вирішено завантажувати важкі модулі бібліотеки асинхронно, не блокуючи інтерфейс користувача.

Існує декілька підходів до зберігання підпису: Detached та Enveloped. Detached підпис зберігається в окремому файлі, наприклад, .p7s. Це незручно, оскільки документ і підпис можна легко роз'єднати. Натомість, Enveloped підпис стає частиною структури файлу.

В рамках розроблюваного проєкту було обрано стандарт PAdES (англ. PDF Advanced Electronic Signature). Його головна перевага — підпис інтегрується безпосередньо в PDF-файл. Це дозволяє будь-якому користувачу відкрити файл у звичайному переглядачі і миттєво побачити статус підпису та інформацію про підписувача.

У нашому застосунку реалізується підформат PAdES B-LTA, який додає архівні штампи часу. Це критично для документообігу, оскільки забезпечує валідність документа навіть через багато років, коли термін дії сертифіката самого АЦСК вже закінчиться [1].

Пакетне підписання дозволяє користувачу підписати групу документів одним введенням пароля. У форматі PAdES це реалізується виключно як ітеративний процес. Оскільки кожен підпис має бути вбудований всередину свого PDF-файлу, система не може створити «один підпис на всі документи». Замість цього клієнтська частина в циклі обчислює хеш для кожного файлу, підписує його та формує оновлений PDF-документ. Це гарантує, що кожен документ із пакета залишається самостійною юридичною одиницею.

Наш застосунок згодом підтримуватиме два основні методи роботи з ключами:

1. Користувач завантажує файл ключа зі свого пристрою. Це класичний метод. Пароль використовується для розшифрування ключа безпосередньо в пам'яті WASM-модуля бібліотеки EUSign.
2. Хмарне рішення від ПриватБанку — SmartID. Приватний ключ ніколи не потрапляє на пристрій користувача. Замість цього клієнт надсилає запит на підпис через проксі-сервер, а користувач підтверджує операцію у мобільному застосунку Приват24 [2].

SmartID є безпечнішим, оскільки ключ неможливо скопіювати, проте він потребує стабільного зв'язку з серверами АЦСК. Файловий КЕП забезпечує швидшу роботу при слабкому інтернет-з'єднанні.

Висновки:

1. Обраний архітектурний підхід (Next.js + EUSign) дозволяє створити сучасну систему, яка не поступається за можливостями великим порталам, але надає більше гнучкості для корпоративного використання.
2. Реалізація формату PAdES B-LTA є найбільш перспективною, оскільки вона задовольняє вимоги щодо довготривалого зберігання документів, що є критичним для юридичної та бухгалтерської звітності.

Посилання

1. Вхідні та вихідні дані (інтерфейс програмування) на мові JavaScript // Типи даних: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://iit.com.ua/download/productfiles/EUSignJavaScriptAppendixJ.doc
2. Підключення до SmartID // Формування QR-коду: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://acsk.privatbank.ua/arch/docs/SmartID.pdf
3. Програмний комплекс користувача ЦСК Web-бібліотеки підпису користувача ЦСК // Загальні відомості: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://iit.com.ua/download/productfiles/EUSignWebD.doc
4. Цифрова інтеграція в ЄС – користуйтесь новим форматом Дія.Підпису: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://diia.gov.ua/news/tsyfrova-intehratsiia-v-ies-korystuites-novym-formatom-diiapidpysu

ЗГОРТКОВА НЕЙРОННА МЕРЕЖА ЯК МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КЛАСИФІКАЦІЇ БІЗНЕС-ДОКУМЕНТІВ

Аспірант В.А. Тодоров
Керівник – доц., канд. техн. наук В.М. Пахомова
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Сучасні інформаційні системи підприємств обробляють значні обсяги електронних документів, таких як рахунки-фактури, транспортні накладні, митні декларації, сертифікати походження та інші види ділової документації. Значна частина цих документів надходить у вигляді сканованих копій або зображень, що створює необхідність застосування автоматизованих методів їх аналізу. Однією з ключових задач у системах електронного документообігу є класифікація документів за їх типом.

Традиційні підходи до аналізу документів базуються на системах оптичного розпізнавання символів (Optical Character Recognition, OCR). Однак їх ефективність значною мірою залежить від якості сканування, складності структури документа та наявності шуму. У зв’язку з цим у сучасних дослідженнях активно застосовуються методи машинного навчання та глибокого навчання для аналізу документних зображень.

Одним із перспективних напрямів є використання методів активного навчання, які дозволяють підвищити ефективність класифікації документів за умов обмеженої кількості розмічених даних [1]. У межах напряму штучного інтелекту для аналізу документів (Document Artificial Intelligence, Document AI) також розробляються мультимодальні моделі, що поєднують аналіз текстової інформації та просторової структури документа. Зокрема, модель LayoutLMv3 використовує спільне попереднє навчання текстових і

візуальних представлень документів [2]. Іншим підходом є використання трансформерних архітектур для аналізу документів без застосування систем OCR [3].

Водночас важливу роль у задачах класифікації документних зображень продовжують відігравати згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN). Дослідження показують, що CNN ефективно формують ієрархію ознак різного рівня складності та можуть застосовуватися для класифікації і пошуку документних зображень [4]. Зокрема, такі мережі дозволяють автоматично виділяти інформативні візуальні характеристики документів, включаючи структуру сторінки та розташування її елементів [5].

Незважаючи на розвиток складних моделей Document AI, для прикладних систем автоматизації документообігу актуальним залишається використання компактних та обчислювально ефективних моделей. У даній роботі розглядається математична модель згорткової нейронної мережі, призначеної для класифікації зображень бізнес-документів.

1. Постановка задачі

Задача класифікації документних зображень може бути сформульована як задача відображення простору зображень у множину класів документів.

Нехай задано навчальну вибірку

$$D = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^{N}, \tag{1.1}$$

де

x_i — зображення документа;

$y_i \in \{1, \dots, K\}$ - клас документа;

K — кількість класів;

N — кількість зразків у навчальній вибірці.

Необхідно побудувати параметричну модель

$$f_\theta(x): X \to Y, \tag{1.2}$$

де

X — простір зображень документів;

Y — множина класів документів;

θ — параметри моделі.

Навчання моделі полягає у мінімізації функції втрат

$$L(\theta) = -\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K} y_{ik} \log p_k(x_i; \theta), \tag{1.3}$$

де

y_{ik} — індикатор належності i-го зразка до класу k

$p_k(x_i; \theta)$ — ймовірність належності документа до класу k.

2. Архітектура нейронної мережі

Запропонована модель складається з трьох послідовних згорткових блоків (Convolutional Block). Кожен блок включає згортковий шар (Convolution), функцію активації випрямленої лінійної одиниці (Rectified Linear Unit, ReLU) та шар підвибірки максимального об'єднання (Max Pooling)

Нехай вхідне зображення документа задається тензором

$$X^l \in R^{C_{in}^l \times H_{img}^l \times W_{img}^l}, \tag{2.1}$$

де

C_{in}^l — кількість вхідних каналів на шарі l;

H_{img}^l та W_{img}^l — висота та ширина зображення на шарі l;

l — номер шару нейронної мережі.

Згортковий шар характеризується параметрами

$$W^l \in R^{C_{out}^l \times C_{in}^l \times k \times k}, b^l \in R^{C_{out}^l}, \tag{2.2}$$

де

W^l — тензор ваг згорткового шару;

b^l — вектор зміщень;

C_{out}^l — кількість вихідних каналів на шарі l;

k — розмір ядра згортки.

Вихід згорткового шару визначається як

$$Y_{c,i,j}^l = \sum_{m=1}^{C_{in}^l} \sum_{u=0}^{k-1} \sum_{v=0}^{k-1} W_{c,m,u,v}^l \times X_{m,i+u,j+v}^l + b_c^l \tag{2.3}$$

де

$Y_{c,i,j}^l$ — значення вихідного тензора в каналі c, у позиції (i,j) на шарі l;

$W_{c,m,u,v}^l$ — елемент ядра згортки, який з'єднує вихідний канал c з вхідним каналом m;

$X_{m,i+u,j+v}^l$ — значення вхідного тензора в m-му каналі в позиції $(i+u, j+v)$;

b_c^l — зміщення для вихідного каналу c на шарі l

m — індекс вхідного каналу;

u, v — індекси елемента ядра згортки;

c — індекс вихідного каналу;

i, j — просторові координати вихідної ознаки.

У моделі використовується ядро згортки розміром 3×3.

Кількість каналів у послідовних шарах збільшується наступним чином:

$$32 \rightarrow 64 \rightarrow 128.$$

Після кожного згорткового шару застосовується функція активації

$$Z_{c,i,j} = \max(0; Y_{c,i,j}) , \quad (2.4)$$

де

$Z_{c,i,j}$ — значення після застосування функції активації ReLU;

$Y_{c,i,j}$ — значення до активації.

Це дозволяє моделі враховувати нелінійні залежності.

Для зменшення розмірності використовується операція MaxPooling з вікном 2×2

$$P^l_{c,i,j} = \max_{u,v \in \{0,1\}} Z^l_{c,2i+u,2j+v} \quad (2.5)$$

де

$P^l_{c,i,j}$ — значення вихідного тензора після операції підвибірки;

$Z^l_{c,2i+u,2j+v}$ — значення активацій у відповідному вікні 2×2.

Після трьох згорткових блоків вхідне зображення розміром

$$1 \times 256 \times 256$$

перетворюється на тензор ознак

$$128 \times 32 \times 32$$

3. Формування вектора ознак

Для зменшення кількості параметрів використовується Global Average Pooling. Для кожного каналу обчислюється середнє значення

$$h_c = \frac{1}{HW} \sum_{i=1}^{H} \sum_{j=1}^{W} P_{c,i,j} \quad (3.1)$$

де

h_c — усереднене значення c-го каналу;

$P_{c,i,j}$ — значення тензора ознак у каналі c в позиції (i, j);

H та W — висота та ширина карти ознак.

У результаті формується вектор ознак

$$h \in R^{128} \quad (3.2)$$

Далі використовується повнозв'язний шар

$$a = W^{fc1} h + b^{fc1} \quad (3.3)$$

де

a — вектор комбінації ознак на прихованому повнозв'язному шарі;

W^{fc1} — матриця ваг першого повнозв'язного шару;

h — вхідний вектор ознак;

b^{fc1} — вектор зміщень першого повнозв'язного шару.

Після функції активації ReLU застосовується вихідний шар класифікації

$$S = W^{fc2} z + b^{fc2} \quad (3.4)$$

де

S — вектор логітів вихідного шару;

W^{fc2} — матриця ваг вихідного шару;

z — вектор активацій прихованого шару після ReLU;

b^{fc2} — вектор зміщень вихідного шару.

Для отримання ймовірностей використовується функція Softmax

$$p_k = \frac{e^{S_k}}{\sum_{j=1}^{K} e^{S_j}} \quad (3.5)$$

де

p_k — ймовірність належності документа до класу k;

S — вектор логітів;

K — кількість класів документів.

4. Обгрунтування вибору параметрів

Первинна конфігурація моделі була сформована евристично на основі загальних принципів побудови згорткових нейронних мереж та особливостей документних зображень.

Конфігурація каналів 32–64–128 дозволяє поступово збільшувати складність ознак: від простих контурів і текстур до складніших структурних елементів документа, таких як текстові блоки, таблиці та службові поля.

Розмір вхідного зображення 256×256 було обрано як компроміс між збереженням просторової структури документа та обчислювальною складністю моделі.

Швидкість навчання 10^{-3} була використана як базове значення для оптимізатора Adam, оскільки на практиці вона забезпечує стабільну збіжність алгоритму навчання.

Для підвищення узагальнюючої здатності моделі застосовано dropout-регуляризацію.

Серія експериментів показала, що така конфігурація забезпечує стабільний процес навчання та високу точність класифікації документів.

Наукова новизна та практичне значення

Наукова новизна запропонованого підходу полягає у формалізації компактної згорткової нейронної мережі для задачі класифікації бізнес-документів з урахуванням структурних особливостей документних зображень. На відміну від сучасних моделей Document AI, що базуються на складних трансформерних архітектурах [2,3], запропонована модель має значно меншу обчислювальну складність, що робить її придатною для використання у прикладних системах автоматизації документообігу.

Практична цінність підходу полягає у можливості інтеграції моделі у корпоративні інформаційні системи для автоматичної класифікації документів у процесах логістики, фінансового обліку та електронного документообігу.

Висновки:

1. Для класифікації зображень бізнес-документів у якості математичної моделі обрано згорткову нейронну мережу.

2. Показано, що використання трьох згорткових блоків у поєднанні з Global Average Pooling дозволяє отримати компактне та інформативне представлення ознак документа.

3. Проведені експерименти підтвердили ефективність запропонованої конфігурації нейронної мережі та її придатність для задач автоматичної класифікації документів.

Посилання

1. Saifullah S., Dengel A., Ahmed S. Analyzing the potential of active learning for document image classification. *International Journal on Document Analysis and Recognition (IJDAR).* 2023. DOI:10.1007/s10032-023-00429-8
2. Huang Y., Lv T., Cui L., Lu Y., Wei F. LayoutLMv3: Pre-training for Document AI with Unified Text and Image Masking. *Proceedings of the 30th ACM International Conference on Multimedia (ACM MM).* 2022. DOI: 10.1145/3503161.3548112.
3. Kim G., Hong T., Yim M., Nam J., Park J., Yim J., Hwang W., Yun S., Han D., Park S. OCR-Free Document Understanding Transformer. *Computer Vision – ECCV 2022.* Lecture Notes in Computer Science, Vol. 13688. Springer, 2022. С. 498–517. DOI: 10.48550/arXiv.2111.15664
4. Harley A. W., Ufkes A., Derpanis K. G. Evaluation of deep convolutional nets for document image classification and retrieval. *13th International Conference on Document Analysis and Recognition(ICDAR).* 2015. DOI: 10.1109/ICDAR.2015.7333910.
5. Kang L., Kumar J., Ye P., Li Y., Doermann D. Convolutional Neural Networks for Document Image Classification. *22nd International Conference on Pattern Recognition (ICPR).* 2014. С. 3168–3172. DOI: 10.1109/ICPR.2014.546.

ОЦІНЮВАННЯ ВАГ ПОРТФЕЛЯ З НАЙМЕНШОЮ ДИСПЕРСІЄЮ НА ОСНОВІ СПІВВІДНОШЕННЯ ДОХІДНІСТЬ-ДИСПЕРСІЯ

Аспірант О.В. Цяпа
Докт. екон. наук, професор Т.М. Заболоцький
Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України
Львівський національний університет імені Івана Франка
м. Львів, Україна

Вступ. Теорія портфеля, розроблена Марковіцем [1], відіграє важливу роль у фінансовій математиці. Одними з основних її понять є ефективний портфель та ефективна множина портфелів. Портфель називають ефективним за Марковіцем якщо неможливо збільшити його сподівану

дохідність не збільшуючи дисперсію (чи більш загально, ризик), чи еквівалентно, неможливо зменшити дисперсію не зменшуючи сподівану дохідність. Об'єднання усіх таких портфелів називають ефективною множиною. Властивості ефективної множини досліджувалися в [2]-[3]. В [2] показано, що ефективна множина є параболою в просторі сподівана дохідність-дисперсія та наведено рівняння, що описує цю параболу, натомість в [3] рівняння параболи, що описує ефективну множину, записано у термінах сподіваної дохідності та дисперсії портфеля з найменшою дисперсією та коефіцієнта нахилу s і побудовано статистичні тести та інтервали довіри для цих трьох параметрів. Побудова ефективної множини, запропонована Марковіцем, полягає в мінімізації дисперсії портфеля за заданого рівня сподіваної дохідності. Змінюючи рівень сподіваної дохідності від мінімально можливого до $+\infty$, отримуємо ефективну множину. Існують інші способи побудови ефективної множини портфелів, зокрема, максимізація очікуваної корисності портфеля (змінюючи значення коефіцієнта, що описує ставлення до ризику інвестора від 0 до $+\infty$), чи мінімізація Value-at-Risk портфеля (змінюючи рівень довіри до Value-at-Risk від 1 до мінімально можливого, за якого задача мінімізації має розв'язок).

Особливе місце серед портфелів ефективної множини займає портфель з найменшою дисперсією, який є вершиною ефективної множини. Властивості цього портфеля добре досліджені у літературі з фінансової математики. У [4] знайдено розподіл вибіркових оцінок ваг портфеля з найменшою дисперсією за припущення, що вектор дохідностей активів портфеля має багатовимірний нормальний розподіл. У [3], за того ж припущення щодо поведінки вектора дохідностей, знайдено розподіли вибіркових оцінок сподіваної дохідності та дисперсії цього портфеля. Результати роботи [4] поширено на випадок еліптично розподілених векторів дохідностей у [5]. Асимптотичні властивості вибіркових оцінок ваг, сподіваної дохідності та дисперсії портфеля з найменшою дисперсією за невиконання припущень про нормальність розподілу та неавтокорельованість вектора дохідностей активів досліджено в [6]-[8]. Властивості вибіркової оцінки бета коефіцієнта цього портфеля досліджено в [9].

Зауважимо, що більшість вищеописаних результатів грунтуються на певних припущеннях щодо розподілу вектора дохідностей активів портфеля (часто припускається, що вектор дохідностей активів є нормально розподіленим) та властивості оцінок характеристик портфеля вивчаються за наявності вибірок «великих» об'ємів, відносно розмірності портфеля. У випадку, коли попередні умови не задовільнені, попередньо згадані результати щодо властивостей оцінок ваг та характеристик портфеля можуть бути неточними [10], що ускладнює чи взагалі унеможливлює прийняття рішень на їх основі.

Тому виникає потреба у дослідженні оцінок ваг портфеля з найменшою дисперсією не залежно від розподілу вектора дохідностей

активів портфеля та при відсутності вибірок історичних значень його дохідностей «великого» розміру. Для дослідження таких задач використовують теорії випадкових матриць та асимптотику Колмогорова [11], коли припускається, що і кількість спостережень для побудови вибіркових оцінок n і розмірність портфеля k прямують до нескінченості причому відношення k / n прямує до певної константи більшої за 0 при $n \to \infty$. Зазначимо, що в таких умовах класичні вибіркові оцінки ваг портфеля не є ефективними, натомість використовують стиснені оцінки [12]. Особливої уваги в даному контексті заслуговують праці [13]-[17]. У [13] побудовано стиснену оцінку ваг портфеля з найменшою дисперсією на основі мінімізації позавибіркової дисперсії та показано, що така оцінка є суттєво кращою за існуючі оцінки ваг цього портфеля та її поведінка є стійкою при відхиленні розподілу вектора дохідностей від нормального розподілу. Статистичний тест для ваг портфеля з найменшою дисперсією запропоновано [14]. У [15] результати роботи [13] поширено на випадок портфеля з максимальною квадратичною очікуваною корисністю та у [16] побудовано статистичний тест для ваг цього портфеля. У [17] досліджено асимптотичний розподіл вибіркових оцінок характеристик ефективної множини та побудовано консистентні оцінки цих характеристик.

В даній роботі побудовано стиснену оцінку ваг портфеля з найменшою дисперсією на основі максимізації позавибіркового відношення сподівана дохідність-дисперсія, яка не залежить від розподілу вектора дохідностей активів портфеля. Критерій максимізації відношення сподівана дохідність-дисперсія вибрано з огляду на те, що звичайне відношення Шарпа не може бути використане для побудови вищезазначеної стисненої оцінки, оскільки задача максимізації позавибіркового відношення в загальному випадку не має розв'язку, тому нами вибрана модифікація відношення Шарпа, де в знаменнику замість середньоквадратичного відхилення портфеля є його дисперсія. Зауважимо, що інтенсивність стиснення отриманої оцінки залежить від параметрів розподілу вектора дохідностей активів. Тому в роботі побудовано консистентну оцінку для інтенсивності стиснення та проведено аналіз ефективності побудованої оцінки.

Стиснена оцінка ваг портфеля з найменшою дисперсією. Позначимо $\mathbf{x}_t = (x_{1t}, x_{2t},\ldots,x_{kt})'$ вектор дохідностей k активів в момент часу t, які ми включатимемо в портфель $\mathbf{w} = (w_1, w_2,\ldots,w_k)$. Під портфелем (вектором ваг портфеля) розумітимемо вектор часток коштів вкладених у відповідний актив. Припустимо, що $\mathrm{E}(\mathbf{x}_t) = \boldsymbol{\mu}_n$ та $\mathrm{Cov}(\mathbf{x}_t) = \boldsymbol{\Sigma}_n$ для всіх t. Нехай нам задана матриця даних $\mathbf{X}_n = (\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \ldots, \mathbf{x}_n)$ щодо дохідностей активів розміру $k \times n$ та припустимо, що кількість активів k не є сталою, а залежить від n, тобто $k \equiv k(n)$, причому $k / n = c \neq 0$ при $n \to \infty$. Надалі припускатимемо, що стосовно поведінки вектора дохідностей активів портфеля та його характеристик виконуються наступні припущення [15]:

Припущення 1. Існує випадкова матриця $\mathbf{Z}_n$ розмірності $k \times n$, яка складається з незалежних та однаково розподілених випадкових величин з нульовими математичними сподіваннями та дисперсіями, що дорівнюють 1 така, що

$$\mathbf{X}_n = \boldsymbol{\mu}_n \mathbf{1}_n' + \boldsymbol{\Sigma}_n^{1/2}\mathbf{Z}_n, \quad (1)$$

де $\mathbf{1}_n$ $n \times 1$ вектор складений з 1, тобто $\mathbf{1}_n = (1, 1, \ldots, 1)'$.

Припущення 2. Матриця коваріацій $\boldsymbol{\Sigma}_n$ є невипадкова $k \times k$ додатно визначена матриця

Припущення 3. Існує $\varepsilon > 0$, таке що для всіх елементів матриці $\mathbf{Z}_n$ моменти порядку $4 + \varepsilon$ є рівномірно обмежені.

$$s_n = \boldsymbol{\mu}_n' \left(\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1} - \frac{\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}}{\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k} \right) \boldsymbol{\mu}_n > \delta$$

Припущення 4. Існує $\delta > 0$, таке що рівномірно відносно k.

Розглянемо задачу мінімізації дисперсії портфеля з вагами $\mathbf{w}$. Позначимо сподівану дохідність портфеля $R_{\mathbf{w}} = \mathbf{w}_n'\boldsymbol{\mu}_n$, а дисперсію $V_{\mathbf{w}} = \mathbf{w}_n'\boldsymbol{\Sigma}_n\mathbf{w}_n$. Задачу мінімізації дисперсії портфеля можемо записати у вигляді

$$\mathbf{w}_n'\boldsymbol{\Sigma}_n\mathbf{w}_n \to \min \text{ за умови, що } \mathbf{w}_n'\,\mathbf{1}_k = 1. \quad (2)$$

Вектор ваг портфеля $\mathbf{w}_{GMV;n}$, який є розв'язком попередньої оптимізаційної задачі (2) має вигляд

$$\mathbf{w}_{GMV;n} = \frac{\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k}{\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k}. \quad (3)$$

Оскільки параметри розподілу вектора дохідностей $\mathbf{x}_t$ активів портфеля $\mathbf{w}_{GMV;n}$ (3) невідомі на практиці, для їх оцінювання використаємо вибіркові оцінки [15]

$$\hat{\boldsymbol{\mu}}_n = \frac{1}{n}\mathbf{X}_n\mathbf{1}_n = \boldsymbol{\mu}_n + \boldsymbol{\Sigma}_n^{1/2}\hat{\mathbf{v}}_n, \quad (4)$$

$$\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n = \frac{1}{n}\mathbf{X}_n\left(\mathbf{I}_n - \frac{1}{n}\mathbf{1}_n\mathbf{1}_n'\right)\mathbf{X}_n' = \frac{1}{n}\boldsymbol{\Sigma}_n^{1/2}\mathbf{Z}_n\left(\mathbf{I}_n - \frac{1}{n}\mathbf{1}_n\mathbf{1}_n'\right)\mathbf{Z}_n'\boldsymbol{\Sigma}_n^{1/2}, \quad (5)$$

де $\mathbf{I}_n$ – $n \times n$ одинична матриця, $\hat{\mathbf{v}}_n = \frac{1}{n}\mathbf{Z}_n\mathbf{1}_n$, $\mathbf{V}_n = \left(\frac{1}{n}\mathbf{Z}_n\mathbf{Z}_n' - \hat{\mathbf{v}}_n\hat{\mathbf{v}}_n'\right)$.

Надалі, залежно від значення c, розглянемо два випадки. Якщо $c < 1$, то розглянуті оцінки (4)-(5) є коректними. Натомість, якщо $c > 1$, вибіркова оцінка матриці коваріацій $\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n$ (5) буде сингулярною. Оскільки ваги портфеля $\mathbf{w}_{GMV;n}$ (3) залежать від оберненої матриці коваріацій $\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}$, ми змушені в цьому випадку використати узагальнену обернену матрицю [15]

$$\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n^{*} = \frac{1}{n}\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1/2}\left(\frac{1}{n}\mathbf{Z}_n\mathbf{Z}_n' - \mathbf{v}_n\mathbf{v}_n'\right)^{+}\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1/2} = \boldsymbol{\Sigma}_n^{-1/2}\mathbf{V}_n^{+}\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1/2}, \quad (6)$$

для якої виконується рівність $\hat{\mathbf{\Sigma}}_n^{*}\hat{\mathbf{\Sigma}}_n\hat{\mathbf{\Sigma}}_n^{*}=\hat{\mathbf{\Sigma}}_n^{*}$ та $\hat{\mathbf{\Sigma}}_n\hat{\mathbf{\Sigma}}_n^{*}\hat{\mathbf{\Sigma}}_n=\hat{\mathbf{\Sigma}}_n$. Символом '+' позначено псевдообернення Мура-Пенроуза, $\mathbf{V}_n^{+}=\left(\frac{1}{n}\mathbf{Z}_n\mathbf{Z}_n'-\hat{\mathbf{v}}_n\hat{\mathbf{v}}_n'\right)^{+}$ псевдообернення Мура-Пенроуза матриці $\mathbf{V}_n$.

Тому вибіркова оцінка ваг портфеля з найменшою дисперсією $\mathbf{w}_{GMV;n}$ (3) матиме вигляд

$$\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}=\frac{\hat{\mathbf{\Sigma}}_n^{-1}\mathbf{1}_k}{\mathbf{1}_k'\hat{\mathbf{\Sigma}}_n^{-1}\mathbf{1}_k}\text{, при } c<1 \text{ та } \hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}=\frac{\hat{\mathbf{\Sigma}}_n^{*}\mathbf{1}_k}{\mathbf{1}_k'\hat{\mathbf{\Sigma}}_n^{*}\mathbf{1}_k}\text{, при } c>1. \quad (7)$$

Розглянемо стиснену оцінку для $\mathbf{w}_{GMV;n}$ (3) у вигляді лінійної комбінації звичайної вибіркової оцінки $\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}$ (7) та довільного невипадкового портфеля $\mathbf{w}_{0;n}$ розмірності k, сума елементів якого дорівнює одиниці, тобто $\mathbf{w}_{0;n}'\mathbf{1}_k=1$

$$\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}=\alpha_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}+(1-\alpha_n)\mathbf{w}_{0;n}. \quad (8)$$

Оптимальне значення параметра α_n знайдемо з задачі максимізації відношення сподівана дохідність-дисперсія портфеля $\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}$ (8).

$$\frac{\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}'\boldsymbol{\mu}_n}{\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}'\mathbf{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}}=\frac{\left(\alpha_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}+(1-\alpha_n)\mathbf{w}_{0;n}\right)'\boldsymbol{\mu}_n}{\left(\alpha_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}+(1-\alpha_n)\mathbf{w}_{0;n}\right)'\mathbf{\Sigma}_n\left(\alpha_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}+(1-\alpha_n)\mathbf{w}_{0;n}\right)}\to\max. \quad (9)$$

Позначимо:

$$a=\frac{\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\mathbf{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}-2\mathbf{w}_{0;n}'\mathbf{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}+\mathbf{w}_{0;n}'\mathbf{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n}}{\left(\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\boldsymbol{\mu}_n-\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n\right)^2},$$

$$b=\frac{2\left(-\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\mathbf{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}+\left(\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\boldsymbol{\mu}_n+\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n\right)\mathbf{w}_{0;n}'\mathbf{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}-\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\boldsymbol{\mu}_n\mathbf{w}_{0;n}'\mathbf{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n}\right)}{\left(\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\boldsymbol{\mu}_n-\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n\right)^2},$$

$$d=\frac{\left(\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n\right)^2\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\mathbf{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}-2\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\boldsymbol{\mu}_n\mathbf{w}_{0;n}'\mathbf{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}+\left(\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\boldsymbol{\mu}_n\right)^2\mathbf{w}_{0;n}'\mathbf{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n}}{\left(\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\boldsymbol{\mu}_n-\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n\right)^2},$$

$$t=\left(\alpha_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}+(1-\alpha_n)\mathbf{w}_{0;n}\right)'\boldsymbol{\mu}_n.$$

З останньої рівності отримаємо

$$\alpha_n=\frac{t-\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n}{\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n}'\boldsymbol{\mu}_n-\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n}. \quad (10)$$

Підставимо (10) у вираз цільової функції задачі (9)

$$\frac{(\alpha_n \hat{\mathbf{w}}_{GMV;n} + (1 - \alpha_n)\mathbf{w}_{0;n})' \boldsymbol{\mu}_n}{(\alpha_n \hat{\mathbf{w}}_{GMV;n} + (1 - \alpha_n)\mathbf{w}_{0;n})' \boldsymbol{\Sigma}_n (\alpha_n \hat{\mathbf{w}}_{GMV;n} + (1 - \alpha_n)\mathbf{w}_{0;n})} = \frac{t}{at^2 + bt + d}.$$

Розв'яжемо оптимізаційну задачу

$$\frac{t}{at^2 + bt + d} \to \max. \quad (11)$$

Маємо

$$\left(\frac{t}{at^2 + bt + d} \right)'_t = \frac{at^2 + bt + d - t(2at + b)}{(at^2 + bt + d)^2} = \frac{-at^2 + d}{(at^2 + bt + d)^2} \overset{!}{=} 0$$

Звідки $t^*_{1,2} = \pm\sqrt{\frac{d}{a}}$. Врахувавши, що

$$\left(\frac{t}{at^2 + bt + d} \right)''_t (t^*_{1,2}) = \frac{-2at^*_{1,2}}{(at^2 + bt + d)^2},$$

отримаємо, що $t^* = \sqrt{\frac{d}{a}}$ є розв'язком задачі (11). Підставивши t^* в (10), отримаємо розв'язок задачі (9) у вигляді

$$\alpha^*_n = \frac{\sqrt{\frac{(\mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\mu}_n)^2 \hat{\mathbf{w}}'_{GMV;n}\boldsymbol{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n} - 2\mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\mu}_n\hat{\mathbf{w}}'_{GMV;n}\boldsymbol{\mu}_n\mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n} + (\hat{\mathbf{w}}'_{GMV;n}\boldsymbol{\mu}_n)^2\mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n}}{\hat{\mathbf{w}}'_{GMV;n}\boldsymbol{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n} - 2\mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\Sigma}_n\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n} + \mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n}}} - \mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\mu}_n}{\hat{\mathbf{w}}'_{GMV;n}\boldsymbol{\mu}_n - \mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\mu}_n}. \quad (12)$$

Наступним етапом дослідження є вивчення асимптотичних властивостей інтенсивності стиснення α^*_n.

Теорема 1. Позначимо

$$\alpha^* = \frac{\sqrt{\frac{(\mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\mu}_n)^2}{(1-c)\mathbf{1}'_k\boldsymbol{\Sigma}^{-1}_n\mathbf{1}_k} - 2\mathbf{w}'_0\boldsymbol{\mu}_n\frac{\boldsymbol{\mu}'_n\boldsymbol{\Sigma}^{-1}_n\mathbf{1}_k}{(\mathbf{1}'_k\boldsymbol{\Sigma}^{-1}_n\mathbf{1}_k)^2} + \frac{(\boldsymbol{\mu}'_n\boldsymbol{\Sigma}^{-1}_n\mathbf{1}_k)^2}{(\mathbf{1}'_k\boldsymbol{\Sigma}^{-1}_n\mathbf{1}_k)^2}\mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n}}{\frac{1}{(1-c)\mathbf{1}'_k\boldsymbol{\Sigma}^{-1}_n\mathbf{1}_k} - 2\frac{1}{\mathbf{1}'_k\boldsymbol{\Sigma}^{-1}_n\mathbf{1}_k} + \mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n}}} - \mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\mu}_n}{\frac{\boldsymbol{\mu}'_n\boldsymbol{\Sigma}^{-1}_n\mathbf{1}_k}{\mathbf{1}'_k\boldsymbol{\Sigma}^{-1}_n\mathbf{1}_k} - \mathbf{w}'_{0;n}\boldsymbol{\mu}_n},$$

$$\alpha^{+} = \frac{\sqrt{\dfrac{c^2\left(\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n\right)^2}{(c-1)\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k} - 2\mathbf{w}_0'\boldsymbol{\mu}_n\dfrac{\boldsymbol{\mu}_n'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k}{\left(\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k\right)^2} + \dfrac{\left(\boldsymbol{\mu}_n'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k\right)^2}{\left(\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k\right)^2}\mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n}}}{\dfrac{c^2}{(c-1)\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k} - 2\dfrac{1}{\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k} + \mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n}}} - \mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n}{\dfrac{\boldsymbol{\mu}_n'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k}{\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k} - \mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n},$$

Та припустимо, що припущення 1-4 виконуються. Тоді

$$\left|\hat{\alpha}_n^{*} - \alpha^{*}\right| \xrightarrow{a.s.} 0 \text{ при } n \to \infty,\ k/n \to c < 1,$$

$$\left|\hat{\alpha}_n^{*} - \alpha^{+}\right| \xrightarrow{a.s.} 0 \text{ при } n \to \infty,\ k/n \to c > 1.$$

Консистентні оцінки коефіцієнта стиснення та $\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}$. В цьому розділі запропонуємо консистентні оцінки коефіцієнта стиснення та ваг портфеля $\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}$. Зауважимо, що вирази для α^{*} та α^{+} залежать від невідомих параметрів розподілу вектора дохідностей активів $\mathbf{x}_t$. Для того, щоб мати можливість використати стиснену оцінку $\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}$ на практиці потрібно спершу запропонувати консистентну оцінку параметра стиснення. Для цього позначимо

$$R_{0;n} = \mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\mu}_n,\ V_{0;n} = \mathbf{w}_{0;n}'\boldsymbol{\Sigma}_n\mathbf{w}_{0;n},\ R_{GMV;n} = \frac{\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\boldsymbol{\mu}_n}{\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k},\ V_{GMV;n} = \frac{1}{\mathbf{1}_k'\boldsymbol{\Sigma}_n^{-1}\mathbf{1}_k}.$$

З [15] маємо, що оцінки

$$\hat{R}_0 = \mathbf{w}_0'\hat{\boldsymbol{\mu}}_n,\ \hat{V}_0 = \mathbf{w}_0'\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n\mathbf{w}_0,\ \hat{R}_{GMV} = \frac{\mathbf{1}_k'\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n^{-1}\hat{\boldsymbol{\mu}}_n}{\mathbf{1}_k'\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n^{-1}\mathbf{1}_k},\ \hat{V}_{GMV} = \frac{1}{1-k/n}\frac{1}{\mathbf{1}_k'\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n^{-1}\mathbf{1}_k},$$

є консистентними для вищенаведених параметрів при $n \to \infty,\ k/n \to c < 1$. А при $n \to \infty,\ k/n \to c > 1$ консистентними для цих параметрів оцінками будуть

$$\hat{R}_0^{*} = \mathbf{w}_0'\hat{\boldsymbol{\mu}}_n,\ \hat{V}_0^{*} = \mathbf{w}_0'\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n\mathbf{w}_0,\ \hat{R}_{GMV}^{*} = \frac{\mathbf{1}_k'\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n^{*}\hat{\boldsymbol{\mu}}_n}{\mathbf{1}_k'\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n^{*}\mathbf{1}_k},\ \hat{V}_{GMV}^{*} = \frac{1}{k/n(k/n-1)}\frac{1}{\mathbf{1}_k'\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n^{*}\mathbf{1}_k},$$

де $\hat{\boldsymbol{\mu}}_n$, $\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n$ та $\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_n^{*}$ задані в (4)-(6).

Отже, при $n \to \infty,\ k/n \to c < 1$ консистентною оцінкою параметра α^{*} є

$$\hat{\alpha}^{*} = \frac{\sqrt{\dfrac{\hat{R}_0^2\hat{V}_{GMV}}{(1-k/n)} - 2\hat{R}_0\hat{R}_{GMV}\hat{V}_{GMV} + \hat{R}_{GMV}^2\hat{V}_0}}{\dfrac{1}{(1-k/n)}\hat{V}_{GMV} - 2\hat{V}_{GMV} + \hat{V}_0} - \hat{R}_0}{\hat{R}_{GMV} - \hat{R}_0},$$

а консистентною оцінкою для $\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}$

$$\hat{\mathbf{w}}^{*}_{SH;n} = \hat{\alpha}^{*}\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n} + (1 - \hat{\alpha}^{*})\mathbf{w}_{0;n}.$$

Відповідно при $n \to \infty$, $k / n \to c > 1$ консистентні оцінки параметра α^{+} та вектора $\hat{\mathbf{w}}_{SH;n}$ матимуть вигляд

$$\alpha^{+} = \frac{\sqrt{\dfrac{(k/n)^2(\hat{R}^{*}_{0})^2\hat{V}^{*}_{GMV}}{(k/n-1)} - 2\hat{R}^{*}_{0}\hat{R}^{*}_{GMV}\hat{V}^{*}_{GMV} + (\hat{R}^{*}_{GMV})^2\hat{V}^{*}_{0}}}{\dfrac{(k/n)^2}{(k/n-1)}\hat{V}^{*}_{GMV} - 2\hat{V}^{*}_{GMV} + \hat{V}^{*}_{0}} - \hat{R}^{*}_{0}}}{\hat{R}^{*}_{GMV} - \hat{R}^{*}_{0}},$$

$$\hat{\mathbf{w}}^{+}_{SH;n} = \hat{\alpha}^{+}\hat{\mathbf{w}}_{GMV;n} + (1 - \hat{\alpha}^{+})\mathbf{w}_{0;n}.$$

Висновки. У роботі побудовано стиснену оцінку ваг портфеля з найменшою дисперсією на основі максимізації позавибіркового відношення сподівана дохідність-дисперсія. З задачі максимізації позавибіркового відношення сподівана дохідність-дисперсія знайдено оптимальну інтенсивність стиснення та, використовуючи теорію випадкових матриць, запропоновано консистентну оцінку цього параметра та, як наслідок, консистентну оцінку вектора ваг портфеля. Зауважимо, що властивості отриманої в роботі оцінки ваг портфеля не залежать від припущень щодо розподілу вектора дохідності активів портфеля, а грунтуються на припущенні про наявність рівномірно обмежених моментів порядку більшого за 4. Отримана може бути застосована у високовимірних задачах, коли обсяг вибірки історичних даних є співрозмірним (причому не обов'язково більшим) з кількістю активів портфеля.

Посилання

[1] Markowitz H. (1952) Portfolio selection. *Journal of finance*, 7, 77-91. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x

[2] Merton R. C. (1972) An analytic derivation of the efficient portfolio frontier. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 7, 1851-1872. https://doi.org/10.2307/2329621

[3] Bodnar T., Schmid W. (2009) Econometrical analysis of the sample efficient frontier. The European journal of finance 15 (3), 317-335. https://doi.org/10.1080/13518470802423478

[4] Okhrin Y., Schmid W. (2006) Distributional properties of optimal portfolio weights. *Journal of econometrics*, 134, 235–256. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.06.022

[5] Bodnar T., Schmid W. (2008) A test for the weights of the global minimum variance portfolio in an elliptical model. *Metrika*, 67, 127-143. https://doi.org/10.1007/s00184-007-0126-7

[6] Bodnar T., Zabolotskyy T. (2008) Distributions of the weights of sample optimal portfolios in multivariate conditionally heteroscedastic elliptical

models. *Journal of money, investment and banking*, 1, 5-23. https://doi.org/10.1080/02331880902760603

[7] Bodnar T., Schmid W., Zabolotskyy T. (2009) Statistical inference of the efficient frontier for dependent asset returns. *Statistical papers*, 50, 593-604. https://doi.org/10.1007/s00362-007-0108-x

[8] Bodnar T., Zabolotskyy T. (2010) Sample efficient frontier in multivariate conditionally heteroscedastic elliptical models. *Statistics*, 44 (1), 1-15. https://doi.org/10.1080/02331880902760603

[9] Yaroshko S. M., Zabolotskyy M. V., Zabolotskyy T. M. (2021) Properties of the beta coefficient of the global minimum variance portfolio. *Mathematical modeling and computing*, 8 (1), 11-21. https://doi.org/10.23939/mmc2021.01.011

[10] Ledoit O., Wolf M. (2003) Improved estimation of the covariance matrix of stock returns with an application to portfolio selection. *Journal of empirical finance*, 10, 603–621.

[11] Bai, Z. D., & Silverstein, J. W. (2010). Spectral analysis of large dimensional random matrices. NY: Springer, 568 p.

[12] Golosnoy, V., & Okhrin, Y. (2007). Multivariate shrinkage for optimal portfolio weights. *European Journal of Finance*, 13, 441-458. https://doi.org/10.1080/13518470601137592

[13] Bodnar T., Parolya N., Schmid W. (2018) Estimation of the global minimum variance portfolio in high dimensions. *European Journal of Operational Research*, 266(1), 371-390. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.09.028.

[14] Bodnar T., Dmytriv S., Parolya N., Schmid W. (2019) Tests for the weights of the global minimum variance portfolio in a high-dimensional setting. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 67 (17), 4479-4493. https://doi.org/10.1109/TSP.2019.2929964

[15] Bodnar, T., Okhrin, Y., & Parolya, N. (2021). Optimal shrinkage-based portfolio selection in high dimensions. *Journal of Business & Economic Statistics*, 41(1), 140-156. https://doi.org/10.1080/07350015.2021.2004897

[16] Bodnar T., Dmytriv S., Okhrin Y., Parolya N., Schmid W. (2020) Statistical inference for the EU portfolio in high dimensions. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 69, 1-14. https://doi.org/10.1109/TSP.2020.3037369

[17] Bodnar T., Hautsch N., Okhrin Y., Parolya N. (2025) Consistent estimation of the high-dimensional efficient frontier. *The European Journal of Finance*, 1–28. https://doi.org/10.1080/1351847X.2025.2505043

[18] Kircher F., Rösch D. (2021) A shrinkage approach for Sharpe ratio optimal portfolios with estimation risks. *Journal of Banking & Finance*, 133(7), 106281. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2021.106281

АРХІТЕКТУРА IOT-СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЕННЯМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛУ MQTT

Студент М.М. Чеботарьов
Керівник – ст. викладач Л.С. Тимошенко
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Стрімкий розвиток концепції Інтернету речей (IoT, від англ. Internet of Things) сприяє активному впровадженню інтелектуальних систем керування побутовими пристроями [1]. Одним із найбільш поширених напрямів автоматизації житлових приміщень є системи керування освітленням. Використання сучасних інформаційних технологій дає змогу забезпечити дистанційний контроль освітлювальних приладів, підвищити рівень комфорту користувачів та зменшити споживання електроенергії. У системах «розумного будинку» освітлення може керуватися як вручну, так і автоматично на основі даних датчиків або попередньо заданих сценаріїв роботи.

Актуальність теми зумовлена зростанням потреби в енергоефективних та інтелектуальних системах керування побутовими ресурсами. У сучасних умовах раціональне використання електроенергії є одним із важливих напрямів розвитку енергозберігаючих технологій. Автоматизація освітлення дозволяє оптимізувати споживання електроенергії завдяки використанню датчиків руху та освітленості, а також дистанційного керування освітлювальними приладами. Водночас ефективність таких систем значною мірою залежить від способу організації обміну даними між пристроями. Саме тому використання спеціалізованих протоколів для IoT, зокрема протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), є перспективним напрямом досліджень у сфері побудови розподілених систем керування [2].

Традиційно взаємодія між пристроями в IoT-системах часто реалізується за допомогою HTTP-запитів. Проте такий підхід не завжди є ефективним для малопотужних пристроїв, оскільки створює додаткове навантаження на мережу та потребує постійного ініціювання запитів клієнтом. Альтернативою є використання протоколу MQTT, який спеціально розроблений для обміну повідомленнями між пристроями з обмеженими ресурсами та для роботи в умовах нестабільних мережевих з’єднань. Завдяки невеликому обсягу службових даних і підтримці асинхронної передачі повідомлень MQTT забезпечує більш ефективну взаємодію між компонентами IoT-систем.

Метою роботи є розроблення архітектури IoT-системи управління освітленням із використанням MQTT та дослідження особливостей її

функціонування. Для досягнення поставленої мети було проведено аналіз сучасних рішень у сфері автоматизації освітлення, запропоновано структурну модель системи та досліджено особливості організації обміну даними між її компонентами.

Запропонована система включає кілька основних функціональних елементів, серед яких мікроконтролерний вузол, датчики котролю середовища, виконавчі пристрої для керування освітлювальними приладами, MQTT-брокер та клієнтський інтерфейс користувача. Центральним елементом апаратної частини є мікроконтролер ESP32, який має вбудований модуль Wi-Fi та достатні обчислювальні ресурси для реалізації мережевої взаємодії і керування периферійними пристроями [3]. До мікроконтролера можуть підключатися датчики руху та освітленості, що забезпечує можливість автоматичного реагування системи на зміни умов навколишнього середовища. У ролі виконавчих пристроїв використовуються релейні модулі або драйвери світлодіодного освітлення.

Принцип роботи системи полягає в організації обміну даними між пристроями за допомогою MQTT-брокера. Після підключення до бездротової мережі мікроконтролер встановлює з’єднання з брокером і виступає клієнтом системи. Отримані від датчиків дані передаються у відповідні тематичні канали повідомлень, які називаються топіками. Користувач за допомогою веб-інтерфейсу або мобільного застосунку може надсилати команди керування освітленням, що передаються через MQTT-брокер. Після отримання відповідного повідомлення мікроконтролер обробляє його та змінює стан виконавчого пристрою, наприклад вмикає або вимикає освітлення.

Важливою особливістю протоколу MQTT є використання моделі publish/subscribe, яка дозволяє відокремити джерела даних від їхніх споживачів. У такій архітектурі пристрої не взаємодіють безпосередньо між собою, а обмінюються повідомленнями через брокер. Це значно спрощує розширення системи, оскільки нові пристрої можуть бути додані без зміни існуючих компонентів. Крім того, MQTT підтримує різні рівні якості обслуговування, що дозволяє забезпечити надійну доставку повідомлень залежно від вимог системи.

Наукова новизна роботи полягає у запропонованій архітектурі IoT-системи управління освітленням, що поєднує використання мікроконтролера ESP32, датчиків середовища та протоколу MQTT для організації ефективного обміну даними між компонентами системи. На відміну від традиційних рішень, запропонований підхід передбачає використання тематичних каналів передачі даних для розділення потоків інформації від датчиків і команд керування, що підвищує гнучкість та

масштабованість системи. Також передбачено можливість інтеграції системи з іншими IoT-пристроями без зміни її базової архітектури.

Висновки:

1. Розглянуто архітектуру IoT-системи управління освітленням із використанням протоколу MQTT та мікроконтролера ESP32. Запропонована структура системи забезпечує ефективний обмін даними між датчиками, виконавчими пристроями та користувацьким інтерфейсом за допомогою моделі publish/subscribe. Використання MQTT дозволяє зменшити мережеве навантаження та підвищити швидкість передавання повідомлень між компонентами системи. Це створює передумови для побудови масштабованих та енергоефективних систем керування освітленням у середовищі Інтернету речей. Запропонована архітектура дає можливість інтегрувати систему керування освітленням з іншими підсистемами «розумного будинку» та розширювати її функціональні можливості без суттєвих змін базової структури. Використання датчиків руху та освітленості дозволяє реалізувати автоматичні сценарії роботи освітлювальних пристроїв і підвищити енергоефективність.

2. Розроблене рішення може бути використане як основа для створення прототипів інтелектуальних систем автоматизації житлових приміщень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів керування та підвищення рівня безпеки обміну даними в IoT-мережах. В роботі запропоновано архітектуру IoT-системи управління освітленням на основі використання протоколу MQTT та мікроконтролера ESP32. Реалізація такої системи дозволяє забезпечити ефективний обмін даними між пристроями, підвищити енергоефективність та створити основу для подальшого розвитку систем «розумного будинку». Отримані результати можуть бути використані під час розроблення практичних IoT-рішень для автоматизації побутових процесів.

Посилання

1. Bahga A. Internet of Things: A Hands-On Approach / A. Bahga, V. Madisetti. – Atlanta: VPT, 2015. – 446 p.
2. MQTT Version 3.1.1. OASIS Standard // OASIS: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/
3. ESP32 Technical Reference Manual // Espressif Systems: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.espressif.com

ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НА БАЗІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ В УЧНІВ ПОРУШЕНЬ ПОСТАВИ

Вчителька захисту України, доц., канд. пед. наук В. П. Черній,
вчитель фізики Д. О. Денисов, учениця 9 класу А. М. Голуб
Центральноукраїнський науковий ліцей Кіровоградської обласної ради
м. Кропивницький

Результати сучасних наукових досліджень свідчать, що несприятливі соціально-економічні умови, інтенсифікація освітнього процесу, впровадження інноваційних освітніх технологій, зниження у дітей адаптації до навчальних навантажень призводять до функціональних порушень постави, які є одним з найпоширеніших відхилень у скелетно-м'язовій системі сучасних школярів [1; 5; 7]. У зв'язку з цим актуальними є результати досліджень О. Марченко, Є. Дешевого, В. Куценка, Б. Мицкана [6], В. Язловецького [7].

Необхідно також зазначити, що порушення постави у дітей не діагностують вчасно та помічають лише у старшому віці у зв'язку з прогресуванням деформацій. Саме тому важливого значення набувають питання раннього виявлення та профілактики порушень постави в учнів. У цьому аспекті особливо важливим уважаємо дослідження можливостей використання нейромережевих технологій для раннього виявлення порушень постави в учнів молодшого підліткового віку.

На сьогодні розроблені різноманітні інструментальні та аналітичні методи для вивчення та оцінки стану біогеометричного профілю постави дітей [2; 3; 8], але їхнє застосування у шкільній практиці є обмеженим через високу вартість, потребу в спеціалізованому обладнанні та залученні медичних фахівців. Крім того, зазначені методи не можуть використовуватися для масових обстежень і регулярного моніторингу фізичного стану учнів у освітньому процесі закладу освіти. У цьому контексті визначення стану біогеометричного профілю постави за допомогою нейромережевих технологій виступає як доцільний інструмент первинної діагностики, що дозволяє виявляти ранні ознаки порушень постави без застосування складних апаратних методів.

Розроблена нейромережева система раннього виявлення порушень постави ґрунтується на поєднанні методів комп'ютерного зору та автоматизованої інтерпретації біогеометричних показників відповідно до карти візуального скринінгу [3; 5]. Загальна логіка роботи системи спрямована на цифрове відтворення послідовності дій, які традиційно виконуються спеціалістом під час первинної оцінки постави, але з використанням сучасних алгоритмів штучного інтелекту [4].

На першому етапі здійснюється отримання вхідних даних у вигляді цифрових зображень або відеопотоку, зафіксованих у стандартизованих умовах спостереження.

Другий етап передбачає застосування нейромережевої моделі комп'ютерного зору класу Ultralytics YOLO Pose Estimation [9], яка виконує автоматичне визначення пози людини на зображенні. Модель аналізує кадр та формує набір координат ключових точок тіла. Отримана таким чином координатна структура утворює так звану «скелетну модель» людини, яка використовується як основа для подальшого біомеханічного аналізу постави.

На третьому етапі здійснюється обчислення біогеометричних параметрів, передбачених картою скринінгу.

Четвертий етап полягає у використанні другої нейромережевої моделі – моделі нейромережевого оцінювання, яка на основі обчислених біогеометричних параметрів прогнозує бальні значення кожної з одинадцяти ознак карти скринінгу за шкалою від 1 до 3. Такий підхід дозволяє створити цифровий аналог експертного оцінювання та мінімізувати суб'єктивний вплив людського фактору під час первинного скринінгу.

На п'ятому етапі здійснюється інтегральне оцінювання постави шляхом підсумовування балів усіх одинадцяти показників.

Завершальним етапом роботи системи є формування автоматизованого звіту або візуалізованого висновку щодо стану постави учня. Такий результат може використовуватися в освітньому закладі як інструмент первинного профілактичного моніторингу та раннього виявлення функціональних порушень постави.

Алгоритмічна реалізація системи передбачає послідовну обробку зображень засобами бібліотеки OpenCV, після чого отримані кадри подаються на вхід нейромережевої моделі YOLO Pose Estimation, яка визначає координати ключових точок людського тіла. На основі цих координат розраховуються біогеометричні параметри постави, які далі передаються до нейромережевої моделі оцінювання. Результатом її роботи є прогноз бальних оцінок за кожною з одинадцяти ознак карти скринінгу та формування інтегрального показника стану постави.

За допомогою автоматизованої технології на базі машинного навчання обстежено 32 учні Центральноукраїнського наукового ліцею Кіровоградської обласної ради віком 10–11 років, що дозволило здійснити розподіл дітей за рівнями стану їхньої постави.

Аналіз результатів оцінювання біогеометричного профілю постави у фронтальній площині засвідчив нерівномірний розподіл функціональних відхилень.

Результати дослідження були проаналізовані лікаркою, разом із вчителями фізичної культури та хореографами, доведені до відома батьків для вироблення підходів і засобів, спрямованих на профілактику порушень біогеометричного профілю постави учнів. Лікарка провела консультації із батьками дітей щодо режиму дня, харчування, раціональної рухової активності, правильного розподілу навантаження. Дітям із низьким рівнем стану біогеометричного профілю постави (6 осіб) та з групи ризику (11 осіб) рекомендовані більш поглиблені обстеження у вузькопрофільних спеціалістів.

Таблиця 1. Розподіл дітей за рівнем стану біогеометричного профілю постави та визначення зони ризику порушень постави в обстежуваних учнів

Рівень стану біогеометричного профілю постави	n	%	Бали	Зона ризику		
				Бали	n	%
Низький	6	18,8	11–18	19–22	11	34,4
Середній	15	46,8	19–25			
Високий	11	34,4	26–33			

Вчителі фізичної культури та хореографи значну увагу приділили особливостям фізичної підготовленості учнів, адекватному розподілу фізичних навантажень, формуванню навички правильного динамічного стереотипу, зміцненню м'язів спини, черевного преса, склепіння стопи. В освітній процес із фізичної культури та хореографії педагоги включили вправи у статичному й динамічному диханні, вправи із затримкою дихання на вдиху, видиху, з подовженим видихом; дихальні вправи симетричного і асиметричного типів; елементів; вправи на виховання правильного динамічного стереотипу.

Після проведення комплексної профілактичної роботи, спрямованої на виправлення виявлених порушень постави, ми провели порівняльний аналіз показників стану біогеометричного профілю учнів, які отримали при обстеженні дітей за допомогою автоматизованої технології на базі машинного навчання, на початку і наприкінці дослідження (інтервал 6 місяців).

За даними, представленими на рис. 1, спостерігаємо позитивні зміни.



Рис. 1. Графік нормального розподілу узагальнених сумарних балів у обстежуваних учнів на початку і наприкінці дослідження.

Особливо зазначимо, що кількість дітей у групі ризику зменшилась з 11 осіб до 5 осіб. За результатами опитування батьків відмічаємо в учнів зменшення больового синдрому та скутості у грудному та поперековому відділах хребта.

Позитивну динаміку пов’язуємо з тим, що в результаті вчасно проведеної комплексної профілактичної роботи у дітей покращився функціональний стан м’язів, зменшився їхній дисбаланс, що є основним патогенетичним фактором при порушенні постави. Відповідно змінився і стан біогеометричного профілю постави обстежуваних учнів, що оцінювався за допомогою автоматизованої технології на базі машинного навчання.

Висновки:

1. На основі наукової методики скринінгу біогеометричного профілю постави розроблено та впроваджено в освітній процес ліцею автоматизовану технологію для раннього виявлення в учнів порушень постави на базі машинного навчання, використовуючи програмування Python із застосуванням спеціалізованих бібліотек YOLO Pose Estimation та OpenCV.
2. Застосування розробленої технології дало можливість здійснити обстеження досліджуваних учнів, визначити рівні стану їхнього біогеометричного профілю. Одержані результати дозволили встановити, що значна частина учнів навіть за відсутності виражених структурних змін має функціональні відхилення та потребує своєчасної профілактики й контролю. Отримані дані стали підставою для проведення комплексної профілактичної роботи за участю лікарки, учителів фізичної культури, хореографів і батьків.
3. Результати порівняльного аналізу показників стану біогеометричного профілю учнів, які отримали при обстеженні дітей за допомогою автоматизованої технології на базі машинного навчання, підтвердили позитивну динаміку, яка виявилась у кількісному підвищенні оцінних характеристик та покращенні рівня стану біогеометричного профілю постави учнів. Одержані результати дають можливість стверджувати, що використання автоматизованої технології на базі машинного навчання є доцільним для первинного скринінгу стану постави учнів та подальшого моніторингу змін у процесі комплексної профілактичної роботи.

Посилання

1. Галіздра А. Взаємозв'язок функціональних порушень постави і фізичної підготовленості школярів. *Теорія та методика фізичного виховання*. 2005. № 2(18). С. 25–28.
2. Дудко М. В. Профілактика порушень біогеометричного профілю постави учнів у процесі фізичного виховання : автореф. дис. канд. наук з фіз. вих. і спорт: 24.00.02. Київ, 2016. 20 с.
3. Кашуба В, Попадюха Ю. Біомеханіка просторової організації тіла людини: сучасні методи та засоби діагностики і відновлення порушень: монографія. Київ: Центр учб. літ., 2018. 768 с.
4. Лях Ю, Усова О., Романюк А., Мельничук В., Лях М., Антипов А. Комп'ютерна стабілометрія в оцінці функціонального стану людини. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві.* № 2(46). 2019. С. 66–72.
5. Носова Н. Л. Контроль просторової організації тіла школярів у процесі фізичного виховання : автореф. дис. канд. наук з фіз. вих. і спорт: 24.00.02. Київ, 2008. 19 с
6. Сучасні погляди на проблему «болю в спині», перспективи корекції порушень функціонального стану хребта / О. К. Марченко та ін. *Вісник Прикарпатського університету. Серія : Фізична культура*. 2014. Вип. 20. С. 140–145.
7. Язловецький В. С., Мухін В. М., Турчак А. Л. Коригувальна гімнастика : навч. посіб. Кіровоград : РВВ КДПУ імені Володимира Винниченка. 2010. 388 с.
8. Fong DY., Lee CF., Cheung KM., Cheng JC. et al. A meta-analysis of the clinical effectiveness of school scoliosis screening. *Spine*. 2010. May 1;35(10):1061-71. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181bcc835
9. YOLO Pose Estimation. [Електронний ресурс] URL: https://docs.ultralytics.com/tasks/pose/ (дата звернення: 7.10.2024).

СЕКЦІЯ 4

«ХАРЧОВА І ПЕРЕРОБНА ПРОМИСЛОВІСТЬ, СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ЕКОЛОГІЯ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»

Модератор

Ю.О. СТУПАК
канд. техн. наук, доцент

WORKSHOP 4

« FOOD AND PROCESSING INDUSTRY, AGRICULTURE. ECOLOGY AND LIFE SAFETY »

Moderator

Yurii STUPAK
PhD(Eng.), Assoc. Prof.

СВІТОВИЙ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД СТАНОВЛЕННЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Магістрант І р.н. Д.І. Агоштон
Керівник – доцент, к.с.-г.н. С.П. Паламарчук
Національний університет біоресурсів і природокористування України
м. Київ, Україна

На сьогодні в усіх розвинених країнах світу застосовують механізм оцінки впливу на довкілля. Його розробили на зламі 60-х та 70-х рр. XX ст. у Сполучених Штатах Америки через те, що саме ця країна найперша зіткнулася зі значними негативними наслідками неконтрольованої господарської діяльності.

Ситуація кардинально змінилася в США з прийняттям Національного закону про екологічну політику у 1969 році (набув чинності 1 січня 1970 року) [1]. NEPA став своєрідною «екологічною конституцією» США. Закон вперше зобов'язав усі федеральні агентства готувати детальну Заяву про вплив на довкілля (Environmental Impact Statement — EIS) для будь-яких масштабних федеральних дій, що можуть суттєво вплинути на якість навколишнього середовища. Позитивний досвід США перейняла й Європа.

У 1970–1980-х роках процедури оцінки впливу на довкілля були запроваджені у Канаді, Нідерландах, Німеччині та інших країнах. Це сприяло формуванню міжнародної практики екологічної оцінки.

Важливим етапом розвитку екологічної оцінки стало прийняття міжнародних конвенцій. В середні 80-х рр. XX ст. була прийнята Директива Ради ЄС 85/337/ЕЕС про оцінку впливу на довкілля певних державних і приватних проєктів, яка з кількома етапами змін і до сьогодні регламентує механізм ОВД для країн Європейського Союзу [2].

Базуючись на досвіді застосування Національного акта про екологічну політику в США і Директиви ЄС про ОВД, у 1987 році Генеральна Асамблея ООН затвердила цілі та принципи щодо оцінки впливу на довкілля. Згодом ці цілі та принципи були орієнтиром для становлення інституту ОВД у світі. Відповідно до цього документа «оцінка впливу на довкілля – це процес аналізу позитивних та негативних впливів на довкілля запропонованого проєкту, плану чи діяльності. Конкретною метою оцінки є надання тим, хто ухвалює рішення, інформації, що дозволяє внести питання охорони довкілля до процесу ухвалення рішення щодо схвалення, відхилення чи зміни проєкту, плану чи діяльності, які перебувають на стадії розгляду».

У 90-х роках XX ст. на рівні Європейської економічної комісії були розроблені дві регіональні конвенції – Конвенція Європейської економічної комісії ООН про оцінку впливу на довкілля в транскордонному контексті (Конвенція Еспо) і про доступ до інформації, участь громадськості у процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя щодо питань, що стосуються довкілля (Оргуська конвенція). Обидві були ратифіковані Україною.

Обов’язкові складові процедури ОВД, які сформовані майже сорокарічним досвідом у державах Європейського Союзу дають змогу отримати позитивний екологічний результат, містять зокрема кліматичні аспекти, оцінку альтернатив планової діяльності, прозорість процедури залучення спільноти особливо на початкових етапах.

Досвід ЄС передбачає обов’язкові консультації з сусідніми державами, якщо проект може вплинути на їхню територію. Потужним стимулом для впровадження ОВД у світі стали не лише норми законів, а й фінансові важелі. У 1989 році Світовий банк ввів обов'язкову Директиву щодо екологічної оцінки. Сучасна система (Environmental and Social Framework) категоризує всі проекти за рівнем ризику (A, B, C). Проекти категорії A (високий ризик) не можуть отримати фінансування без проведення повної, незалежної ОВД та згоди місцевих громад [3].

Приклади національних особливостей у країнах ЄС: Словенія: Екологічний дозвіл може бути переданий іншій особі лише за згодою профільного міністерства до моменту початку впливу на довкілля. Естонія: Процедура включає підготовку детальної програми ОВД експертною групою спільно з розробником проекту. Латвія: Система ОВД тісно інтегрована зі сталими практиками управління, що дозволяє бізнесу чітко прогнозувати екологічні ризики. Шотландія. Має унікальні та вразливі екосистеми, тому уряд держави спрямовує свої зусилля на їх захист для майбутніх поколінь через законодавство у сфері екологічної політики.

Процедурі ОВД тут відводиться ключова роль у формуванні майбутніх планів, програм та стратегій. Шотландія використовує ОВД як етап, на якому колективний досвід і знання використовуються для ефективних, потужних заходів щодо покращення стану навколишнього природного середовища та наближення до сталого розвитку. Екологічна політика Шотландії виходить на перше місце завдяки процедурі ОВД, яка дійсно забезпечує екологічні вигоди. Шотландія є країною, яка не входить до складу Європейського Союзу, проте вона посідає перше місце серед держав, що найбільш ефективно використовує процедуру ОВД.

Європейський досвід проведення оцінки впливу на довкілля свідчить про те, що ця процедура в країнах ЄС еволюціонувала з формального етапу проектування у фундаментальний інструмент сталого розвитку. Європейська модель ОВД базується на принципі «уникнути, мінімізувати, компенсувати», що дозволяє виявляти екологічні ризики ще на стадії планування, що значно знижує витрати на подолання наслідків аварій чи забруднень у майбутньому.

Посилання

1. National Environmental Policy Act of 1969 : 42 U.S.C. §§ 4321-4370h. URL: https://www.energy.gov/nepa/national-environmental-policy-act-1969 (дата звернення: 11.03.2026).
2. Оцінка впливу на довкілля: впровадження природоохоронних практик та кліматичної політики ЄС. навч. посіб. – Суми: Сумський національний аграрний університет, 2021. – 152 с.
3. World Bank Environmental and Social Framework. Washington, DC: World Bank Group, 2017. 132 p.

ВПЛИВ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК НА ЕФЕКТИВНІСТЬ БЕТОНІВ ІЗ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ ЗА УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ РІЗНОЇ ЯКОСТІ

Аспірант Р. Ю. Байлін[1]
Керівник - докт. ф.-м. наук, проф. каф., доц. А. Г. Зеленський[2]
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Українського державного університету науки і технологій
[1]romixx@ukr.net [2]a.zelensky@ukr.net

Постановка проблеми. Практика застосування сухих будівельних сумішей (СБС) показує, що хімічні добавки, закладені у рецептуру суміші на заводі, можуть суттєво змінювати свою ефективність залежно від того, якою водою замішується суміш на будмайданчику. Водопровідна вода в різних регіонах України має різний ступінь мінералізації, жорсткості та pH — параметри, на які виробники СБС зазвичай не орієнтуються при підборі складу добавок. Проблема загострюється в умовах відбудови: будівельники нерідко використовують технічну воду з невідомими характеристиками, тоді як рецептура суміші розрахована на стандартну воду. Це створює практичну потребу з'ясувати, наскільки відхилення якості води від норми здатні знизити або нівелювати дію дорогих хімічних модифікаторів [1].

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз механізмів впливу якісного складу води замішування на ефективність основних груп хімічних добавок у бетонах, виготовлених із СБС, та визначення шляхів підвищення стабільності властивостей бетонів при використанні води різного складу.

Результати дослідження. Класифікація хімічних добавок у складі СБС. Регулювання будівельно-технологічних і експлуатаційних властивостей СБС досягається введенням різноманітних хімічних добавок, які за функціональним призначенням поділяють на такі групи: пластифікатори та суперпластифікатори; водоутримуючі; загущуючі; добавки, що покращують адгезію; регулятори строків тужавлення; компоненти, що знижують усадочні деформації; добавки, що підвищують морозостійкість; гідрофобізатори [2]. За хімічною природою це можуть бути мінеральні солі, редиспергованні полімерні порошки (РПП), ефіри целюлози, поверхнево-активні речовини та інші. Для забезпечення заданого рівня властивостей у рецептурі СБС одночасно присутні добавки різної природи [3].

Суперпластифікатори та якість води**.** Суперпластифікатори полікарбоксилатного типу є найбільш ефективними розріджувальними добавками і вводяться у кількості 0,05–1,5 % від маси в'яжучого. Молекулярна архітектура полікарбоксилатних суперпластифікаторів (ПКЕ) — тип анкерних груп, довжина бічних ланцюгів — у поєднанні з якістю води визначають ефективність цементних сумішей [4]. Іони Ca^{2+} та Mg^{2+}, що містяться у жорсткій воді, взаємодіють з аніонними групами ПКЕ-молекул, знижуючи їх адсорбцію на частинках цементу. Дослідженнями встановлено, що підвищений вміст вільного

вапна у воді викликає помітне збільшення водопотреби розчинових сумішей, що нівелює пластифікуючий ефект добавки [2].

Ефіри целюлози та водоутримуюча здатність. Водоутримуючі добавки на основі метилцелюлози і гідроксипропілметилцелюлози вводяться у кількості 0,05–0,5 % і запобігають передчасному зневодненню розчину при нанесенні на пористу основу. Метилцелюлоза стабільна у діапазоні pH 2–12 і має гарні поверхнево-активні властивості [2]. Однак при підвищеному вмісті електролітів ($NaCl$, Na_2SO_4) у воді спостерігається прискорення гелеутворення целюлозних ефірів, що скорочує час відкритої укладки розчину. Деякі методи активації води, зокрема лужна електрохімічна активація, можуть прискорювати гідроліз ефірного зв'язку в целюлозних молекулах.

Редиспергувані полімерні порошки (РПП). При дозуванні 0,5–5 % РПП суттєво підвищують адгезію, міцність на згин, водостійкість та морозостійкість розчинів. При замішуванні РПП утворюють клейову полімерну дисперсію, яка при затвердінні створює еластичні зв'язки в порах цементного каменю [2]. Порівняльні дослідження впливу РПП різної природи (Neolith P 4400, Dairen DA 1400, ПВА) показали, що міцність при згині у віці 28 діб зростає на 8–15 % при оптимальному дозуванні 2,5–5 %. При кислій реакції води (pH < 5) полімерні плівки можуть не формуватися повною мірою, що знижує когезійну міцність розчину [2].

Комплексний підхід до оптимізації системи «вода–добавки–СБС». СБС часто містять комплексні органо-мінеральні модифікатори, до складу яких одночасно входять суперпластифікатор, РПП і кремнеземиста добавка. Дослідження показали, що оптимізація такого модифікатора дозволяє підвищити адгезійну міцність розчинів до 3,0–4,0 МПа і частково компенсувати негативний вплив жорсткості або мінералізації води [2]. Плэнк та ін. встановили, що ефективність ПКЕ-суперпластифікаторів безпосередньо визначається мікроструктурою цементного каменю і змінюється залежно від хімічного складу розчину, зокрема присутності сульфатів та алюмінатів [4]. Таким чином, вода замішування є активним учасником фізико-хімічних процесів, що визначають кінцеві властивості бетону.

Перспективним напрямом є попередня підготовка або активація води замішування. Електрохімічна активація (католіт, pH 9–11) прискорює гідратацію цементу та підвищує ранню міцність, тоді як фізико-хімічна активація з ПАР забезпечує найвищу кінцеву міцність бетону при мінімальній усадці [5]. Однак кожен метод по-різному взаємодіє з добавками в складі СБС, що підкреслює необхідність комплексного підходу до вибору як методу підготовки води, так і рецептури хімічних добавок.

Висновки. Встановлено, що ефективність суперпластифікаторів, ефірів целюлози та РПП у складі СБС не є сталою — вона змінюється залежно від жорсткості, pH та іонного складу води замішування.

Жорстка вода (понад 10 мг-екв/л) знижує пластифікуючий ефект полікарбоксилатних суперпластифікаторів на 15–25 %, підвищений вміст

електролітів прискорює гелеутворення ефірів целюлози, а кисле середовище (pH < 5) порушує формування полімерних плівок із РПП.

Попередня підготовка води — зокрема електрохімічна або магнітна активація — дає приріст міцності бетону, проте її вплив на конкретні добавки в складі СБС потребує окремої перевірки для кожної рецептури.

Отримані дані вказують на доцільність розробки диференційованих рецептур СБС або коригувальних протоколів для регіонів із підвищеною мінералізацією питної та технічної води.

Посилання

1. Heville A. M. Properties of Concrete. — London : Pearson Education, 2011. — 872 p.
2. Дворкін Л. Й., Житковський В. В., Марчук В. В. Ефективні сухі будівельні суміші та розчини на їх основі. — Київ : Каравела, 2024. — 180 с.
3. Рамачандран В. С., Фельдман Р. Ф., Коллепарді М. та ін. Добавки в бетон / за ред. В. С. Рамачандрана. — М. : Стройиздат, 1988. — 575 с.
4. Plank J., Sakai E., Miao C. W., Yu C., Hong J. X. Chemical admixtures — Chemistry, applications and their impact on concrete microstructure and durability // Cement and Concrete Research. — 2015. — Vol. 78. — P. 81–99. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.05.016
5. Mandal R., Chakraborty S., Chakraborty S. Concrete Prepared Using Electrolyzed Water Revealed Benefits in Controlling the Early Age Properties // Journal of Materials in Civil Engineering. — 2021. — Vol. 33, No. 6. — https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003753
6. Глазкова С. В. Розчини і бетони з добавками ПАР та електроліту форміату натрію : дис. … канд. техн. наук / Глазкова Світлана Валентинівна. — Київ, 2010. — 128 с.

PROBLEMS AND WAYS TO REDUCE THE MINERALIZATION OF SURFACE WATERS

Master's students: V. S. Botsenko, Ya. N. Mukhin
Supervisor: Assoc. Prof., PhD (Eng.) O.V. Nesterova
Language consultant: Assoc. Prof. Cand. Sc. (Philol), N.I. Shashkina
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI "Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"
Dnipro, Ukraine

Surface waters are a dynamic reflection of natural and anthropogenic processes occurring within a river basin. Their mineralization is formed as a result of long-term interactions between water and rocks, soils, and the atmosphere; however, under modern technogenic pressures it increasingly becomes an indicator of disturbed natural balance. The growing content of dissolved salts in rivers, lakes,

and reservoirs is now regarded as one of the key challenges of water resources management in many regions of the world [1].

Under natural conditions, the mineralization of surface waters varies seasonally and spatially, remaining within ranges typical of a given physiographic zone. However, under reduced water availability and intense anthropogenic influence, even small additional inputs of salts can substantially alter the hydrochemical regime of water bodies. Recent studies indicate a persistent trend toward increasing salinity of surface waters in large river basins, driven by the combined effects of climate change and human activity [1].

One of the most significant anthropogenic factors contributing to increased mineralization is irrigated agriculture. The return of drainage waters enriched with sulfates, chlorides, and sodium ions to the open hydrographic network creates an additional salt load on rivers. Industrial and mining discharges play a similar role; even when treated to meet regulatory standards, they often retain elevated total mineralization. In urbanized areas, this is further compounded by surface runoff from road pavements laden with salts used for de-icing purposes [4].

For Ukraine, this issue is of particular relevance. Studies of the hydrochemical status of surface waters in southern and coastal regions demonstrate increased mineralization during low-flow periods, which complicates both the economic use of water and the achievement of environmentally safe quality standards [2]. In low-water years, surface waters lose their capacity for effective dilution, and salts accumulated within the basin become concentrated, altering the ionic composition of the water.

Elevated mineralization has complex negative consequences. For drinking water supply, it entails deterioration of taste, increased hardness, and a higher risk of scale formation in distribution networks. For aquatic ecosystems, it results in changes to osmotic conditions for organisms, leading to reduced biodiversity and the displacement of sensitive species. Freshwater ecosystems of deltas and coastal zones are particularly vulnerable, where surface water salinity may change under the influence of both river runoff and anthropogenic factors [3].

Reducing the mineralization of surface waters requires a systemic approach based on the principles of basin-wide management. First and foremost, this involves preventing the entry of salts into water bodies. Optimization of irrigation regimes, reduction of drainage discharges, implementation of closed-loop water use systems in industry, and control of urban surface runoff can significantly reduce salt loads at the stage of runoff formation [4].

In cases where environmental protection measures are insufficient, engineering methods for reducing mineralization are applied. Modern membrane technologies—particularly reverse osmosis and nanofiltration—ensure effective removal of dissolved salts and are widely used in drinking water treatment schemes. At the same time, their implementation requires consideration of energy costs and the issue of concentrate disposal, which makes the search for combined and energy-efficient solutions especially relevant [1].

A distinct place among practical measures is occupied by the strategy of blending waters of different quality. Combining surface waters with groundwater or other less mineralized sources makes it possible to achieve regulatory standards without excessive technical intervention, in line with the concept of sustainable water use and an ecosystem-based approach to water resources management [3].

Thus, the mineralization of surface waters is not only a hydrochemical parameter but also a reflection of the interaction between society and the natural environment. Its increase signals the need to reconsider approaches to water resource use, while its reduction becomes possible only through the integration of scientific knowledge, engineering solutions, and responsible management at the scale of the entire river basin [1–4].

References

1. Gao L., Zhang Y., Liu J. et al. Salinity levels, trends and drivers of surface water: long-term and seasonal patterns in major river basins. Science of the Total Environment, 2025.
2. Mats A. Assessment of the status of the surface water of the Buzky Estuary within Mykolaiv city based on hydrochemical indicators. Scientific Bulletin, 2023.
3. Shamsudduha M. I. H. What drives changes in surface water salinity in coastal and deltaic environments. Frontiers in Water, 2024.
4. Kemmer J. Causes, effects, and solutions for salinization of ground- and surface-water in the Netherlands. Utrecht University, 2024.

ЗНИЖЕННЯ РІВНІВ ВОДИ В ВОДОНОСНИХ ШАРАХ ПРИ ОСУШЕННІ ЇХ БЕЗНАПІРНИХ ЗОН

Магістрант О.С. Варфоломєєв
Студент Д.Є.Брижак
Керівник - доц., канд. техн. наук В.В.Шарков
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Різноманіття гідрогеологічних умов забору підземних вод робить проєктування та експлуатацію водозабірних споруд складними та потребує уважного врахування всіх факторів, які мають вплив на продуктивність колодязів та зниження рівнів води в водоносних шарах.

Водоносні шари, внаслідок розташування гірських порід, можуть бути напірними та безнапірними [1]. В той же ж час, будь-який напірний водоносний шар має вихід на поверхню землі, тобто територію з якої йде

підживлення водоносного шару опадами, чи іншими поверхневими джерелами живлення.

Однією з особливостей обмежених чи напівобмежених напірних водоносних шарів є наявність безнапірних зон, які виникають при виході водоносних шарів на поверхню землі. В таких випадках водоносні шари мають, одночасно, і напірну область фільтрації і безнапірну, що, при відборі води колодязями, призводить до зниження рівнів води в усьому шарі і, що є особливим, до осушення безнапірних зон.

Вся область фільтрації, в цьому випадку може бути розділеною на дві зони: напірну зону та зону, де водоносний шар виходить на поверхню чи перекривається добре водопропускними породами, підземні води пов'язані з атмосферою та виявляються безнапірними. При зниженні рівня,в таких умовах, проходить осушення шару та забір деякої частини статичних запасів.

Така ситуація веде до зменшення напірних потенціалів водоносних шарів, зниження загальних статичних та динамічних рівнів води та зменшення продуктивності водозаборів. Крім того, це потребує додаткової уваги при проєктуванні нових водозаборів, які опиняються в зоні дії існуючих споруд.

Додаткову складність рішенню задачі визначення зниження рівнів води надає використання груп свердловин, які мають взаємний вплив [2]. В такому випадку, до особливостей водоносного шару, як фактору впливу на зниження рівнів води, повинне додаватися додаткове загальне зниження від взаємного впливу свердловин внаслідок розташування колодязів без врахування їх радіусів впливу.

Крім того, повинен бути врахованим вплив нахилу зони виходу водоносних шарів на поверхню на зниження рівнів води та горизонтальне пересування зон осушення від крайових областей водоносних шарів до їх середини.

Для рішення поставлених задач необхідне визначення основних факторів впливу на зниження рівнів води, проведення їх якісного аналізу для використання при проєктуванні та експлуатації водозаборів.

Тому, вивчення характеристик водоносних шарів з виходом їх частин до поверхню землі, факторів, які впливають на зниження рівнів води в водоносних шарах при водозаборі, в таких умовах, є актуальною задачею дослідження та дозволить враховувати місцеві умови та взаємне розташування колодязів для максимально ефективної їх експлуатації.

В проведеній роботі аналізується зниження рівнів води при її заборі з водоносних шарів одиночними свердловинами та їх групами, що мають взаємний вплив. Крім того, аналізується вплив нахилу зони виходу водоносних шарів на поверхню на зниження рівнів води та горизонтального пересування зон осушення від крайових областей водоносних шарів до їх середини.

Висновки:

1. Розглянутий процес осушення водоносних шарів внаслідок роботи водозаборів, проаналізовані особливості напірних та безнапірних зон фільтрації водоносних шарів.

2. Проаналізована роботи одиночної свердловини та зниження рівнів води в умовах осушення безнапірної зони. Визначений вплив терміну експлуатації свердловини, відстані від безнапірної зони до точки аналізу, відстані від свердловини до точки аналізу, коефіцієнту п'єзопровідності водоносного шару, відстані від безнапірної зони до свердловини та потужності водоносного шару на зниження рівня води в ньому.

3. Проведений аналіз роботи групового водозабору та зниження рівня води при осушення безнапірної зони; визначена залежність зниження рівня води в точці аналізу від змін терміну безперервної експлуатації водозабору, відстані від безнапірної зони до точки аналізу та водозабору, потужності водоносного шару на зниження рівня води.

4.Визначені та проаналізовані витрати води з безнапірної зони при роботі групового водозабору.

5. Проведений аналіз інтенсивності зниження рівня води в водоносному шарі, з виходом його крайової частини до поверхні землі, з врахуванням нахилу безнапірної зони.

Посилання

1.Орлов В. О., Назаров С. М., Орлова А. М. Водозабірні споруди: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 167 с.
2.Налагодження роботи систем водопостачання. П. І. Петімко, І. Т. Прокопчук, М. Ф. Царик. Київ: Урожай, 2005. 256 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПЛАТ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Аспірант В.В. Володимиров
Керівник - доц., канд. техн. наук І.В. Суха
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Сучасне виробництво електроніки характеризується жорсткими екологічними вимогами щодо зменшення викидів шкідливих речовин, споживання води та енергії, а також утворення промислових відходів. Одним з ефективних рішень є перехід на безвідмивальні флюси, які представляють собою композитні матеріали та є багатокомпонентнми системами (смоли, активатори, носії та модифікатори). Після процесу паяння такі матеріали залишають мінімальну кількість неагресивних залишків, що не потребують додаткового очищення.

Розвиток безвідмивальних флюсів пов'язаний з обмеженнями на озоноруйнуючі речовини (CFC) та необхідністю зменшення витрат на очищення мініатюризованих електронних плат [1].

Екологічні переваги застосування безвідмивальних флюсів:

1. Зниження споживання розчинників і води. Традиційні технології «паяння та очищення» вимагають використання органічних розчинників або води з мийними засобами. Композитні безвідмивальні флюси усувають цей етап, значно зменшуючи обсяги хімікатів та виключаючи утворення токсичних стічних вод [1, 2].

2. Мінімізація викидів летких органічних сполук (ЛОС). Розроблені водно-основні та VOC-free композитні флюси суттєво знижують викиди ЛОС порівняно з класичними процесами [2].

3. Економія енергії та виробничих ресурсів. Відсутність циклу очищення скорочує час виробництва та зменшує енергоспоживання обладнання для миття та утилізації відходів. Звільняються виробничі площі від громіздких мийних установок [1].

4.Суттєве зменшення хімічних відходів Залишки композитних матеріалів є інертними, не викликають корозії в стандартних умовах експлуатації. Це спрощує дотримання екологічних норм [3, 4].

Порівняльний аналіз традиційних і композитних флюсів зведений у таблицю.

Таблиця 1. Порівняння викидів ЛОС при використанні традиційних і композитних флюсів [2].

Показник	**Традиційні флюси + очищення**	**Композитні безвідмивальні флюси**	**Екологічний ефект (за літературою)**
Використання розчинників	високе	відсутнє або мінімальне	значне зниження
Об’єм стічних вод	високий	відсутній	повне виключення
Викиди ЛОС	високі	низькі / VOC-free	суттєве зменшення
Енергоспоживання	базове	зменшене	економія ресурсів
Утилізація відходів	обов’язкова	не потрібна	значне зниження

Незважаючи на переваги, у високонадійних галузях (авіація, медицина) іноді проводять вибіркове очищення. Однак застосування, хоча б частково композитних матеріалів, де це дозволяє тех. процес, суттєво зменшує загальні екологічні наслідки [3, 4, 5].

Висновки. Застосування безвідмивальних флюсів є перспективним напрямком сталого розвитку електронної промисловості. Воно забезпечує зниження екологічного навантаження, собівартості виробництва та збереження якості паяних з’єднань. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на створення нових водно-основних композитних формуляцій з нульовим вмістом ЛОС [2, 5].

Посилання

1. Wakeel S., Haseeb A.S.M.A., Afifi M.A., Bingol S., Hoon K.L. Constituents and performance of no-clean flux for electronic solder // Microelectronics Reliability. – 2021. – Vol. 123. – P. 114177. https://doi.org/10.1016/j.microrel.2021.114177

2. Xu D.-X., Lei Y.-P., Zhang B.-B., Li G.-W., Xia Z.-D., Guo F., Shi Y.-W. Preparation and Study of A VOC-free, No-clean Soldering Flux // Journal of Beijing University of Technology. – 2007. – Vol. 33, № 12. – P. 1320–1325.
3. Conseil H., Verdingovas V., Jellesen M.S., Ambat R. Decomposition of no-clean solder flux systems and their effects on the corrosion reliability of electronics // Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2016. – Vol. 27, № 1. – P. 23–32. https://doi.org/10.1007/s10854-015-3712-x
4. Li F., Lakkaraju A.R., Jellesen M.S., Ambat R. Effect of flux activator in reflow process related flux residue on the climatic reliability of surface-mount electronic devices // Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2023. – Vol. 34. – P. 1315. https://doi.org/10.1007/s10854-023-10708-z
5. Chnapko M. The Power Electronic Soldering Process: An Evaluation of Soldering Materials and Basic Soldering Principles // Applied Sciences. – 2025. – Vol. 15, № 14. – P. 7732. https://doi.org/10.3390/app15147732

ПРОДУКТИВНІСТЬ ВОДОЗАБОРІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД З НЕЛІНІЙНИМИ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИМИ БАСЕЙНАМИ

Магістрант С.В. Задорожний
Студент А.О.Дементьєв
Керівник - доц., канд. техн. наук В.В.Шарков
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

. Під штучним заповненням підземних вод розуміють систему заходів щодо додаткового живлення водоносного горизонту і збільшення ресурсів води за рахунок фільтрації. Це досягається нагнітанням води у водоносні шари через свердловини або копані колодязі, будівництвом ставків, інфільтраційних басейнів, тимчасовим затопленням території, будівництвом водозаборів, поблизу річок, озер і водосховищ (інфільтраційні водозабори).

Установки для поповнення запасів підземних вод включають споруди трьох видів: інфільтраційні (свердловини, колодязі, галереї, ставки, водосховища) допоміжні (споруди для очищення води, трубопроводи, насосні станції і т. д.) та каптажні (колодязі, галереї).

До складу споруд систем штучного поповнення підземних вод входять: споруди для забору води із джерела поповнення та подачі її на інфільтраційні споруди; інфільтраційні споруди; водозабірні споруди підземних вод; установки для попередньої та подальшої обробки води; резервуари чистої води та насосна станція 2-го підйому; спостережні свердловини.

Вибір типу та конструкції інфільтраційних споруд (басейни, траншеї, котловани, канали) залежить від місцевих гідрогеологічних умов (глибини залягання експлуатованого водоносного горизонту, гранулометричного складу та потужності водовміщувальних порід, їх водопроникності, наявності водотривких перекриттів та ін). від особливостей якісного складу вихідної води (кількості завислих речовин та вмісту фітопланктону, що впливають на швидкість кольматації фільтруючих ґрунтів).

Для забору води часто використовують взаємодіючі трубчасті колодязі (свердловини), які розміщують виходячи з умов найбільш ефективної їх взаємодії з інфільтраційними спорудами, найбільш повного використання природних запасів підземних вод і загальної схеми водопостачання. В цьому випадку водозабори розташовують по лініях, паралельних розміщенню інфільтраційних споруд і русел поверхневих джерел.

Продуктивність водозабірних споруд розраховують в залежності від взаємного розташування водозабірних і інфільтраційних споруд і методу поповнення.

Проблеми, пов’язані з водопостачанням, вимагають використання та уваги до систем штучного поповнення підземних вод з метою виявлення можливостей підвищення чи підтримання на запланованому (розрахунковому) рівні їх продуктивності та безперебійності роботи.

Для цього необхідно проаналізувати основні фактори, від яких залежить продуктивність водозаборів, їх якісний та кількісний вплив на роботу споруд, взаємодію та можливість коригування їх впливу для ефективного функціонування систем штучного поповнення підземних вод. Такими факторами є гідрогеологічний склад порід берегової полоси джерела живлення, водоносного шару, який буде експлуатуватися, відстані від природнього та інфільтраційного джерел живлення до водозабору, характеристика басейну чи каналу, тип водозабірної споруди, кількість та розташування колодязів, їх взаємодія та технічні характеристики.

Особливістю додаткових інфільтраційних споруд систем штучного поповнення запасів підземних вод є їх маштабність та геометрична форма в плані, розташування відносно природнього інфільтраційного джерела живлення та водозабірної споруди. Такі відмінності вимагають додаткової уваги до місцевих та гідрогеологічних умов регіону будівництва систем та використання методик розрахунку, які врахують вказані особливості.

Тому, є потреба в аналізі роботи водозаборів (свердловин) систем штучного поповнення підземних вод з прямокутними та круглими інфільтраційними басейнами, що робить їх особливими та відмінними від систем з лінійними інфільтраційними спорудами- каналами та траншеями.

Висновки:

1.Проведений аналіз схем забору води в системах штучного поповнення підземних вод, розглянуті водозабірні споруди для забору води з систем штучного поповнення підземних вод.

2.Проведений аналіз продуктивності одиночного колодязя та лінійного групового водозабору.

3.Проведений аналіз впливу форм інфільтраційних споруд на продуктивність водозабору.

4.Визначений вплив розташування свердловин відносно інфільтраційних споруд, характеристик водоносних горизонтів, що експлуатуються, проєктної величини зниження рівня води, конструктивних характеристик свердловин та групових водозаборів на дебіт водозабору.

Посилання

1.Тугай А. М., Терновцев В. О., Тугай Я. А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання: навчальний посібник. Київ: КНУБА, 2001. 256 с.
2.Тугай А. М., Прокопчук И. Т. Эксплуатация и ремонт систем артезианского водоснабжения. Київ: Будівельник, 2008. 176 с.
3.Хоружий П. Д., Хомутецкая Т. П.,Хоружий В. П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. Київ: Аграрна наука. 2008. 534 с.

ВПЛИВ УТРИМАННЯ ПОСТІЙНИХ РІВНІВ ВОДИ В КОЛОДЯЗЯХ НА ЇХ ПРОДУКТИВНІСТЬ

Магістрант Р.О. Засадний
Студент Є.В. Парнюк
Керівник - доц., канд. техн. наук В.В. Шарков
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Водозабірні споруди з підземних джерел повинні працювати в визначених режимах, які забезпечать ефективний підйом води, збереження запасів води водоносного шару та врахують технічні обмеження роботи колодязів.

Особливими, в плані забору води, є напірні артезіанські води, які можуть виходити через водопідйомні труби на поверхню землі самовиливом, чи підніматися на досить великі відмітки до її поверхні. Такі обставини полегшують відбір води, але вимагають уваги до обладнання та режимів його проведення.

Звичайний забір води, за яким можуть працювати колодязі для забору артезіанських вод, передбачає їх роботу при визначеному мінімально допустимому рівню води, який створиться завдяки відбору визначеної витрати води. Такі рівні досягаються через певний проміжок часу поступово

знижуючись. Мінімальні рівні відповідають забору розрахункових витрат води та можливостям водоносних шарів живити колодязі.

При заборі напірних вод, що самовиливаються на поверхню чи підходять до певних відміток до поверхні землі та в багатьох інших випадках, виникає потреба експлуатації колодязів з постійними рівнями води. Такі умови роботи водозаборів забезпечують недопущення зниження рівнів води менше критичних значень, захист водопідйомного обладнання та можуть бути реакцією на недостатнє підживлення водозаборів запасами водоносного шару.

Вибраний постійний рівень відповідає періоду, на протязі якого рівень води поступово знижується і доходить до критичних значень, нижче яких експлуатація водозабору стає нерентабельною або небезпечною для обладнання. Тому, становиться необхідним перехід на інший режимний рівень - більший чи менший, з залежності від вибраної тактики експлуатації споруди.

Кількість переходів обмежується статичним рівнем при підвищенні рівня та допустимим зниженням при зниженні рівня. Кожний період експлуатації колодязів з встановленими рівнями води супроводжується і зниженням продуктивності водозаборів - від максимальних значень на початку періоду та мінімуму на його кінці.

При переході на нижчі рівні, спостерігається стрибкоподібне підвищення продуктивності колодязів (може перевищувати продуктивність вищого рівня), з можливістю більш довгого часу утримання рівня та досягненням більш низьких значень рівнів.

При переході на вищі рівні, спостерігається тенденція зниження продуктивності колодязя, яка задана нижчим рівнем води, та, навіть в момент переходу, не перевищує показники.

Такі особливості експлуатації роблять необхідним дослідження умов за якими утримують рівні води в колодязях, переходів на нові рівні води та змін продуктивності, а проведені дослідження дозволять вибирати найбільш ефективні режими роботи водозаборів та прогнозувати їх продуктивність.

В роботі проведений аналіз напірних підземних вод та особливостей артезіанських водоносних шарів, забір води з яких може потребувати підтримки постійних рівнів води на протязі визначених періодів роботи водозаборів. Досліджені стрибкоподібні збільшення дебіту в напірних водоносних шарах зі зниженням рівнів води та зменшення дебіту при їх підвищенні, проведений аналіз змін рівнів води на відстані від працюючих колодязів, визначений вплив основних факторів на зміни рівнів.

Висновки:

1.Проведений аналіз призначень та складу систем водопостачання з підземних джерел.

2.Визначені особливості та характеристики підземних вод, які використовуються для водопостачання.

3. Розглянуті особливості напірних та артезіанських водоносних шарів.

4.Розглянуті методики визначення дебіту свердловин з постійним рівнем води.

5.Визначені впливи часу безперервної роботи свердловин на їх продуктивність.

6.Досліджені особливості переходу колодязів на нові постійні знижені та підвищені рівні води.

7.Проаналізавані тенденції стрибкоподібних збільшень дебіту в напірних водоносних шарах з підвищенням та зниженням рівнів.

8.Проведене порівняння продуктивності колодязів в різних умовах підтримки рівнів води.

9.Досліджені зміни рівнів води в точках водоносного шарі при умові утримання його постійних значень в колодязях.

10. Проведений аналіз рівнів води в групі взаємодіючих колодязів при умові їх утримання на постійних значеннях рівнів води.

Посилання

1.Тугай А. М., Прокопчук И. Т. Эксплуатация и ремонт систем артезианского водоснабжения. Київ: Будівельник, 2008. 176 с.

2.Орлов В. О., Назаров С. М., Орлова А. М. Водозабірні споруди: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 167 с.

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ГІДРОФІЛЬНОЇ ОЛІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ШКІРИ ОБЛИЧЧЯ З ЕКСТРАКТОМ БЕРГАМОТУ

Студент Л. В. Засименко
Керівник - доц., канд. техн. наук О. О. Романова
Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

Очищення є одним із найважливіших етапів догляду за шкірою обличчя, оскільки дозволяє видалити залишки декоративної косметики, надлишки шкірного сала та різні забруднення. У сучасній косметології значну увагу приділяють створенню ефективних і водночас м’яких засобів очищення, які не порушують природний ліпідний бар’єр шкіри.

Одним із перспективних косметичних продуктів є гідрофільні олії. Вони являють собою багатокомпонентні системи, що складаються з рослинних олій та поверхнево-активних речовин, які забезпечують утворення емульсії під час контакту з водою. Завдяки цьому гідрофільні олії ефективно розчиняють декоративну косметику та забруднення, легко змиваються водою та не залишають жирної плівки на шкірі.

Значну роль у формуванні властивостей косметичних засобів відіграють рослинні компоненти. Екстракт бергамоту характеризується антисептичними,

антиоксидантними та тонізувальними властивостями, що робить його перспективним інгредієнтом у складі засобів для очищення шкіри. Екстракт бергамоту — це активний косметичний інгредієнт рослинного походження, який отримують із плодів цитрусової рослини Citrus bergamia. Він широко використовується в косметиці завдяки багатому біохімічному складу та багатофункціональній дії на шкіру.

У складі екстракту бергамоту міститься вітамін С, фурокумарини, а також природні антиоксиданти, зокрема флавоноїди та поліфеноли, які зумовлюють його високу біологічну активність і косметологічну цінність. Завдяки високому вмісту вітаміну С екстракт бергамоту проявляє потужні антиоксидантні властивості, допомагає нейтралізувати дію вільних радикалів, сповільнює процеси передчасного старіння шкіри та сприяє вирівнюванню тону обличчя, а шкіра набуває більш свіжого, здорового вигляду та природного сяйва.

Екстракт бергамоту також відомий своїми антибактеріальними та заспокійливими властивостями. Він допомагає зменшувати запалення, почервоніння й подразнення, сприяє швидшій регенерації шкіри та покращенню її загального стану.

Завдяки здатності пригнічувати ріст бактерій екстракт бергамоту ефективний у догляді за проблемною та жирною шкірою, схильною до акне та висипань. Окрім цього, він регулює роботу сальних залоз, зменшує надмірне виділення себуму та сприяє звуженню пор, що позитивно впливає на зовнішній вигляд шкіри.

Важливою властивістю екстракту бергамоту є його здатність підтримувати оптимальний рівень зволоження, що допомагає зберігати водний баланс шкіри, запобігає її пересиханню та втраті еластичності. Регулярне використання косметичних засобів на основі екстракту бергамоту сприяє підвищенню пружності й тонусу шкіри, зменшенню набряклості та ознак втоми, а також створює легкий ліфтинговий ефект.

В даній роботі було розроблено рецептури косметичної гідрофільної олії для очищення шкіри обличчя на основі рослинних олій із додаванням екстракту бергамоту та досліджено їх основні органолептичні та фізико-хімічні властивості.

Основу рецептур становили рослинні олії, зокрема мигдальна олія та олія виноградних кісточок в кількості 65-90 %, які виконували функцію олійної фази та забезпечували пом’якшувальну дію на шкіру.

Для надання гідрофільних властивостей до складу продукту вводяться неіоногенні поверхнево-активні речовини (полісорбат 80 в кількості 8-15%), що виконують функцію емульгаторів та забезпечують утворення стабільної емульсії при контакті з водою.

Ефірна олія бергамоту надавала косметичному засобу антисептичні та тонізувальні властивості, а також покращувала його органолептичні характеристики.

З метою підвищення стабільності олійної фази та запобігання процесам окиснення до складу гідрофільної олії додатково вводили антиоксидант (токоферол (вітамін Е) – 0,5 %). В якості консерванту використовували феноксиетанол в кількості 0,5 %.

Оцінювання якості гідрофільної олії проводили із застосуванням органолептичних та фізико-хімічних методів дослідження. Органолептична оцінка передбачала визначення кольору, запаху, прозорості та консистенції продукту. Фізико-хімічні дослідження включали визначення густини, в'язкості, кислотного та перекисного числа. Здатність гідрофільної олії до емульгування оцінювали шляхом змішування зразка з водою з подальшим спостереженням за утворенням однорідної емульсії.

Результати проведених досліджень органолептичних та фізико-хімічних властивостей однієї з розроблених рецептур косметичної гідрофільної олії наведені в таблиці 1.

У результаті проведених досліджень встановлено, що розроблені рецептури гідрофільної олії забезпечують утворення легкої стабільної емульсії під час взаємодії з водою для ефективного видалення декоративної косметики та інших забруднень. При цьому продукт легко змивається водою і не залишає відчуття жирності на шкірі. Рослинні олії у складі продукту забезпечують пом'якшувальну та доглядову дію, сприяють збереженню природного ліпідного балансу шкіри та запобігають її пересушуванню.

Додавання ефірної олії бергамоту позитивно вплинуло на органолептичні властивості косметичного засобу, зокрема надавало йому приємного цитрусового аромату та додаткових антисептичних властивостей.

Таблиця 1 - Фізико-хімічні властивості гідрофільної олії

Показник	**Значення**
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна маслянista рідина
Колір	Світло-жовтий
Запах	Легкий, характерний, цитрусовий
Густина (20 °С), г/см³	0,91
Кінематична в'язкість (25 °С), мм²/с	45
Кислотне число, мг КОН/г	1,2
Перекисне число, ммоль O_2/кг	3,5
Масова частка води, %	≤ 0,2
pH водної емульсії (10 %)	5,5
Стабільність емульсії	Стійка, без розшарування
Термін зберігання, міс.	12

Показники фізико-хімічних властивостей розроблених рецептур підтвердили стабільність емульсії, а значення кислотного та перекисного числа свідчать про відсутність інтенсивних процесів окиснення компонентів олійної фази.

Висновки:

1. В результаті проведеного дослідження було розроблено рецептури косметичної гідрофільної олії для очищення шкіри обличчя з екстрактом бергамоту з високими показниками органолептичних та фізико-хімічних властивостей.
2. Доведено, що використання ефірної олії бергамоту покращує органолептичні властивості продукту та надає йому додаткових функціональних характеристик.
3. Отримані результати підтверджують перспективність використання розробленої рецептури у виробництві сучасних косметичних засобів для догляду за шкірою.

Посилання

1. SwissClinic – “Everything You Need To Know About Sunflower Oil in Skin Care”. URL: Everything You Need To Know About Sunflower Oil in Skin Care – Swiss Clinic
2. SpecialChem – Helianthus Annuus Seed Oil. URL Helianthus Annuus Seed Oil (Emollient): Cosmetic Ingredient INCI
3. VerywellHealth – “Understanding the Role of Surfactants in Cosmetic and Cleaning Products”. URL: Understanding the Role of Surfactants in Products

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL MODES FOR BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTEWATER FROM DAIRY PRODUCTION

*Master’s Student**:** A. V. Ihnatenko; Student: D. A. Chorna*
Supervisor: Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech) O. K. Nahorna
Language consultant: Assoc. Prof. Cand. Sc. (Philol), N.I. Shashkina
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI «Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture»
Dnipro, Ukraine

Dairy industry enterprises are among the most water-intensive sectors of the food industry and generate significant volumes of wastewater containing high concentrations of organic pollutants such as fats, proteins, lactose, suspended solids, as well as nitrogen and phosphorus compounds. These wastewater streams are characterized by high biochemical and chemical oxygen demand values and may cause serious environmental impacts if discharged without adequate treatment [1].

Biological treatment using activated sludge is widely applied for the treatment of dairy wastewater due to its ability to effectively remove dissolved organic pollutants. The efficiency of these processes depends strongly on technological operating parameters such as hydraulic retention time, sludge age,

mixed liquor suspended solids concentration, temperature, pH, and aeration intensity [1].

Optimization of these parameters makes it possible to increase the efficiency and stability of biological treatment systems. In particular, maintaining optimal dissolved oxygen concentration improves microbial activity and enhances oxidation of organic pollutants, while excessive aeration leads to increased energy consumption [2].

Intermittent aeration and cyclic bioreactor operation are promising approaches for improving biological treatment efficiency. These operational modes allow the development of sequential nitrification and denitrification processes and improve nutrient removal efficiency [2].

Another promising technological solution for dairy wastewater treatment is the application of anaerobic bioreactors. Anaerobic digestion processes effectively treat highly concentrated organic wastewater and enable biogas production, which can be used as a renewable energy source [3].

Membrane bioreactor technology is also gaining increasing attention for wastewater treatment in the food industry. Membrane systems allow operation at higher biomass concentrations and provide high-quality treated effluent suitable for reuse [3].

Modern wastewater treatment plants increasingly employ automated monitoring systems to control technological parameters in real time. Continuous monitoring of dissolved oxygen, temperature, and pH enables operators to maintain optimal operating conditions and improve treatment performance [4].

Another promising approach is the use of aerobic granular sludge technology. Granular sludge contains dense microbial aggregates that enhance mass transfer processes and improve removal efficiency of organic matter and nutrients [4].

It should be outlined that another important aspect of optimizing biological treatment processes for dairy wastewater is the regulation of organic loading rates and substrate availability for microorganisms. Dairy wastewater often contains rapidly biodegradable organic compounds such as lactose and proteins, which can lead to fluctuations in biological activity within treatment reactors. Maintaining stable loading conditions is essential for ensuring balanced microbial growth and preventing process instability. Consequently, controlling the organic loading rate plays a crucial role in maintaining the stability and efficiency of biological treatment systems.

Furthermore, the integration of advanced monitoring technologies significantly enhances the management of biological wastewater treatment processes. Modern wastewater treatment facilities increasingly employ digital monitoring systems capable of continuously measuring key operational parameters such as dissolved oxygen, pH, temperature, and biomass activity. These systems provide real-time data that allow operators to adjust technological regimes promptly and maintain optimal conditions for microbial processes. The use of such monitoring systems contributes to improving treatment performance and increasing the reliability of biological wastewater treatment plants.

Thus, improving the efficiency of dairy wastewater treatment requires comprehensive optimization of technological operating conditions, including control of hydraulic retention time, biomass concentration, aeration regimes, and organic loading rates. The integration of advanced biological and membrane technologies enables more efficient and sustainable wastewater treatment processes [1].

References

1. Ramsuroop J., Gutu L., Ayinde W.B., Basitere M., Manono M.S. (2024). A Review of Biological Processes for Dairy Wastewater Treatment and the Effect of Physical Parameters Which Affect Their Efficiency. *Water*. Vol. 16, No. 537. 16 p. https://doi.org/10.3390/w16040537
2. Rodriguez-Sanchez A. et al. (2024). Treatment of dairy wastewater using intermittent-aeration sequencing batch reactor at pilot-scale. *Biotechnology Reports*. Vol. 26. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101864
3. Ye M., Li Q., Li Y.-Y. (2023). Evaluation of anaerobic membrane bioreactor treating dairy processing wastewater. *Bioresource Technology*. Vol. 385. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129342
4. Lima J.P.P., Aguiar A. (2025). Evaluating the Performance of a Wastewater Treatment Plant of a Dairy Facility. *Sustainability*. Vol. 17. No. 7597. 15 p. https://doi.org/10.3390/su17177597

ФАКТОРИ НАДІЙНОЇ РОБОТИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Студенти – І.Д. Ільченко, Д.В. Ремига
Керівники – ст. викл. О.А. Журавльова, ас. Г.О. Стратій
Український державний університет науки і технологій
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
м. Дніпро, Україна

Системи водопостачання є однією з ключових складових інженерної інфраструктури населених пунктів. В умовах урбанізації, змін клімату та підвищених вимог до якості води питання підвищення надійності функціонування систем водопостачання набуває особливої актуальності. Надійність системи водопостачання визначається як її здатність безперервно забезпечувати споживачів водою нормативної якості та в необхідному обсязі протягом заданого періоду експлуатації. Вона характеризується показниками безвідмовності, довговічності та ремонтопридатності.

Метою роботи стало дослідження факторів, які визначають надійну роботу системи водопостачання, у тому числі в кризових умовах техногенних та воєнних загроз.

До основних технічних факторів належать зношення трубопроводів, корозійні процеси, нестабільність тиску в мережі, гідравлічні удари, нерівномірність водоспоживання. Природні фактори включають температурні коливання, підтоплення, зсуви ґрунтів та сейсмічні впливи. Організаційні фактори пов'язані з рівнем експлуатації, своєчасністю проведення ремонтів, кваліфікацією персоналу та ефективністю управління підприємством водопровідно-каналізаційного господарства. Значну проблему становлять втрати води в мережах за рахунок прихованих витоків. Військові дії також суттєво знижують надійність роботи систем водопостачання через пошкодження водопровідних мереж, насосних станцій та очисних споруд. Часті перебої з електропостачанням ускладнюють подачу води та підтримання необхідного тиску в мережі. Крім того, обмежений доступ до ремонтних матеріалів і небезпека для персоналу затримують аварійно-відновлювальні роботи, що знижує якість і безперервність водопостачання населення.

До заходів, які сприяють підвищенню надійності належить реконструкція та модернізація трубопроводів із використанням сучасних матеріалів, що мають підвищену корозійну стійкість та тривалий строк служби. Проблеми функціонування систем водозабезпечення в умовах війни роблять важливим напрямком впровадження децентралізованого водопостачання, що дозволить забезпечити подачу води альтернативними маршрутами у випадках аварій або техногенних катастроф. Резервування насосного обладнання, встановлення частотних перетворювачів для регулювання продуктивності насосів – дієвий спосіб стабілізації гідравлічного режиму та зменшенню енергоспоживання.

Сучасні тенденції розвитку передбачають цифровізацію систем водопостачання. Використання систем диспетчерського управління SCADA, датчиків тиску, витрати та якості води дозволяє здійснювати безперервний моніторинг параметрів роботи мережі. Застосування геоінформаційних систем ГІС дає можливість аналізувати просторову структуру мережі та оперативно визначати місця аварій. Перспективним є впровадження цифрових двійників, що дозволяють моделювати режими роботи системи та прогнозувати можливі відмови на основі аналізу великих даних. Застосування методів ризик-орієнтованого управління дозволяє оптимізувати інвестиції та спрямовувати ресурси на найбільш критичні ділянки мережі.

Важливу роль відіграє кваліфікація персоналу та впровадження сучасних методів технічного обслуговування, залучення інвестицій. Підвищення надійності потребує системного підходу до планування та фінансування. Необхідним є розроблення програм модернізації, впровадження системи управління якістю з урахуванням техногенних і воєнних загроз та застосування міжнародних стандартів експлуатації інженерних мереж. Економічна ефективність заходів визначається зменшенням аварійності, скороченням витрат на ліквідацію пошкоджень, зниженням втрат води та енергоспоживання.

Висновки:

1. Підвищення надійності роботи систем водопостачання є комплексним завданням, яке охоплює технічні, технологічні, інформаційні та управлінські рішення у кризових умовах сьогодення.
2. Модернізація обладнання, впровадження інноваційних технологій моніторингу, оптимізація режимів роботи, ефективне управління системою, а також залучення інвестицій для впровадження сучасних технічних рішень дозволять забезпечити стале функціонування систем водопостачання та підвищити якість послуг.
3. Окремим напрямком підвищення надійності забезпечення споживачів водою в умовах воєнних дій є впровадження децентралізованого водопостачання як альтернати централізованої системи подачі води у разі її часткового або повного руйнування.

Посилання

1. Ткачук О.А. Міські інженерні мережі. Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2015. 412 с.
2. Новохатній В.Г., Усенко В.Г., Матяш О.В., Садовий С.М. Вдосконалення магістральної водопровідної мережі середнього міста. Комунальне господарство міст: том 3 № 170, 2022.
3. Pietrucha-Urbanik K., Rak J. Reliability, Safety and Risk Modelling in Water Supply Systems. Water, 2023.

ОДНОЧАСНА НІТРИФІКАЦІЯ-ДЕНІТРИФІКАЦІЯ У РЕАКТОРІ ЦИКЛІЧНОЇ ДІЇ З ПЛАВАЮЧИМ ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Аспірант І.В. Кобилко
Науковий керівник – проф., д-р техн. наук В.А. Ковальчук
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи, ННІ будівництва та архітектури, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

Евтрофікація поверхневих вод унаслідок надходження сполук азоту зі стічними водами є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. Згідно з вимогами Директиви ЄС 91/271/ЄЕС та національного стандарту ДСТУ 7525:2014, концентрація загального азоту (TN) у очищених стічних водах не повинна перевищувати 10-15 мг/л. Для стічних вод харчових підприємств, зокрема молокопереробних, це завдання ускладнюється низьким співвідношенням органічного вуглецю до азоту (C/N = 3-6), за якого

традиційні схеми нітрифікації-денітрифікації з просторовим розділенням зон потребують додавання дорогих зовнішніх джерел вуглецю [1, 2].

Технологія одночасної нітрифікації-денітрифікації (СНД) у реакторі циклічної дії (SBR) з плаваючим завантаженням є перспективною альтернативою, оскільки поєднує в одному апараті аеробне та аноксидне середовища завдяки формуванню градієнтів концентрації кисню у біоплівці на поверхні плаваючих носіїв [3]. Незважаючи на зростаючий інтерес до цього підходу, систематичних досліджень для стічних вод з надзвичайно низьким C/N (< 4) практично немає.

Метою роботи є експериментальне дослідження ефективності процесу СНД у SBR з плаваючим пінополістирольним завантаженням при очищенні стічних вод молокопереробного підприємства та встановлення оптимальних технологічних параметрів.

Матеріали та методи досліджень.

Експериментальні дослідження проводилися на реальних стічних водах молокопереробного підприємства ДП «Ружин-молоко» (Житомирська обл.) продуктивністю 300 м³/доб. Як плаваюче завантаження використовували пінополістирольні гранули діаметром 3-5 мм, густиною 30-40 кг/м³ та питомою поверхнею 800-1200 м²/м³. Дозу завантаження варіювали в межах 0–40% від робочого об'єму реактора.

Концентрацію розчиненого кисню (DO) підтримували у діапазоні 0,3-1,5 мг/л за допомогою системи автоматичного регулювання аерації з ПІД-контролером. Тривалість робочого циклу SBR становила 6 год: завантаження (15 хв), аерація (240 хв), відстоювання (60 хв), декантація (30 хв), пауза (15 хв). Кожен режим випробовувався щонайменше 15 діб (1,5 SRT) для досягнення стаціонарного стану.

Таблиця 1

Характеристика стічних вод молокопереробного підприємства

Показник	**Од. вим.**	**Діапазон**	**Середнє**
pH	–	5,6-6,8	6,2
Завислі речовини, мг/л	мг/л	280-720	493
ХПК, мгО/л	мгО/л	2800-5200	4116
$БПК_5$, мгO_2/л	мгO_2/л	2100-4500	3335
NH_4^+-N, мг/л	мг/л	25-48	35
NO_2^--N, мг/л	мг/л	< 0,5	0,2
NO_3^--N, мг/л	мг/л	< 2,0	0,8
TN (загальний азот), мг/л	мг/л	38-58	48
PO_4^{3-}-P, мг/л	мг/л	3,5-8,5	5,8

Результати досліджень та їх обговорення.

Характеристика досліджуваних стічних вод наведена у таблиці 1. Стічні води характеризуються надзвичайно високою концентрацією органіки ($БПК_5$ = 3335 мгO_2/л), амонійного азоту (NH_4^+-N = 35 мг/л) та низьким співвідношенням $БПК_5/NH_4^+$-N = 3,35, що є типовим для молокопереробних підприємств України та обумовлює необхідність застосування технології СНД.

Результати дослідження впливу концентрації розчиненого кисню на ефективність видалення азоту наведено в таблиці 2. Встановлено, що максимальна ефективність видалення загального азоту (TN = 86,5%) досягається при DO = 1,0 мг/л. При цьому концентрація NH_4^+-N у вихідних стічних водах складає 1,5 мг/л, NO_3^--N - 3,8 мг/л, загального азоту - 6,5 мг/л, що відповідає нормативним вимогам ДСТУ 7525:2014.

Таблиця 2

Вплив концентрації розчиненого кисню на ефективність видалення азоту

DO, мг/л	**NH_4^+-N вих., мг/л**	**NO_3^--N вих., мг/л**	**TN вих., мг/л**	**Ефект TN, %**	**Ефект $БПК_5$, %**
0,3	14,2	9,5	25,8	46,3	93,6
0,5	6,8	7,3	15,6	67,5	95,0
0,7	3,2	5,1	9,8	79,6	96,3
1,0*	1,5	3,8	6,5	86,5	97,2
1,3	1,1	5,2	7,8	83,8	97,5
1,5	0,9	7,5	9,9	79,4	97,8

* – оптимальний режим

При зниженні DO < 0,6 мг/л спостерігалося лімітування нітрифікації через недостатню концентрацію кисню відносно константи напівнасичення нітрифікаторів (K_O = 0,5-1,5 мг/л), що призводило до накопичення NH_4^+-N до 8-14 мг/л у вихідних стічних водах. При підвищенні DO > 1,3 мг/л кисень як пріоритетний акцептор електронів пригнічував активність денітрифікувальних ензимів (нітратредуктаза), унаслідок чого концентрація NO_3^--N зростала до 5,2-7,5 мг/л, незважаючи на повну нітрифікацію [3, 4].

Порівняльні дослідження (таблиця 3) показали, що застосування плаваючого пінополістирольного завантаження дозою 30% підвищує ефективність видалення загального азоту на 13,8% (з 76,0% до 86,5%) порівняно з класичним SBR без носіїв за однакових умов аерації.

Механізм підвищення ефективності полягає у формуванні двошарової біоплівки товщиною 200-300 мкм: зовнішній аеробний шар (50-80 мкм) з переважанням автотрофних нітрифікаторів (Nitrosomonas, Nitrospira) та внутрішній аноксидний шар (150-220 мкм) з гетеротрофними денітрифікаторами. Таке просторове розділення мікробних спільнот у межах

однієї біоплівки дозволяє реалізувати процеси нітрифікації та денітрифікації одночасно, що підтверджено молекулярно-генетичним аналізом (збільшення кількості копій генів amoA у 2,5 рази, nirK/nirS – у 2,7-2,9 рази).

Таблиця 3

Порівняння ефективності SBR з плаваючим завантаженням та без нього (DO = 1,0 мг/л)

Показник	**Од. вим.**	**Без завантаження**	**З завантаженням 30%**	**Приріст, %**
NH_4^+-N вихідний	мг/л	2,8	1,5	46,4
NO_3^--N вихідний	мг/л	7,2	3,8	47,2
TN вихідний	мг/л	11,5	6,5	43,5
Ефект TN	%	76,0	86,5	+13,8
$БПК_5$ вихідний	мг/л	128	95	25,8

Питома швидкість нітрифікації в системі з завантаженням складає 0,028 гN/(гVSS·год) проти 0,020 гN/(гVSS·год) без завантаження, тобто на 40% вище. Математична модель на основі ASM3 з урахуванням дифузійно-реакційних процесів у біоплівці адекватно описує отримані результати (RMSE < 15%) [5].

Отримана ефективність видалення TN = 83-87% при C/N = 3,0-3,5 перевищує показники літературних джерел для подібних умов: Liu et al. (2008) – 73-76% при C/N = 4,0; Pochana and Keller (1999) – 68-72% при C/N = 3,5 [3, 4].

Висновки

1. Встановлено оптимальний діапазон концентрації розчиненого кисню для реалізації СНД у SBR з плаваючим завантаженням – DO = 0,8-1,2 мг/л (оптимум 1,0 мг/л), при якому досягається ефективність видалення загального азоту 86,5% при C/N = 3,0-3,5.
2. Застосування пінополістирольного завантаження дозою 30% підвищує ефективність видалення TN на 13,8% завдяки формуванню двошарової аеробно-аноксидної біоплівки, яка забезпечує одночасне протікання нітрифікації та денітрифікації без додавання зовнішніх джерел вуглецю.
3. Запропонована технологія забезпечує якість очищених стічних вод відповідно до вимог ДСТУ 7525:2014 (NH_4^+-N < 2 мг/л, TN < 15 мг/л) без використання дорогих реагентів і є перспективною для широкого впровадження на молокопереробних підприємствах України.

Посилання

1. Директива Ради 91/271/ЄЕС від 21 травня 1991 року щодо очищення міських стічних вод. – Офіційний журнал ЄС. – 1991.
2. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. – Київ: Мінекономрозвитку, 2014. – 32 с.

3. Pochana K. Study of factors affecting simultaneous nitrification and denitrification / K. Pochana, J. Keller // Water Science and Technology. – 1999. – Vol. 39, No. 6. – P. 61–68.
4. Liu Y. Simultaneous nitrification and denitrification with limited aeration in sequencing batch reactor / Y. Liu, H. H. P. Fang, B. Xu // Journal of Environmental Engineering. – 2008. – Vol. 134, No. 4. – P. 268–275.
5. Iacopozzi I. A modified Activated Sludge Model No. 3 (ASM3) with two-step nitrification-denitrification / I. Iacopozzi, V. Innocenti, S. Marsili-Libelli // Environmental Modelling & Software. – 2007. – Vol. 22, No. 6. – P. 847–861.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У РЕАКТОРІ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ВАКУУМНОЇ ДЕГАЗАЦІЇ МУЛОВОЇ СУМІШІ

Аспірант С.В. Когут
Керівник - професор, док. техн. наук В.А. Ковальчук
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

Біологічне очищення стічних вод з використанням активного мулу є однією з найпоширеніших технологій водоочищення на сучасних каналізаційних очисних спорудах. Ключовим показником ефективності цього процесу слугує муловий індекс - відношення об'єму активного мулу (см³) після відстоювання протягом 30 хвилин у мірному циліндрі об'ємом 1 л до маси його сухої речовини (г) [1]. Цей параметр відображає здатність мулу до осадження та ущільнення у вторинних відстійниках.

Для добре функціонуючих аеротенків на міських очисних спорудах нормативне значення мулового індексу становить J = 80–120 см³/г. При «спуханні» активного мулу цей показник зростає вище 150–200 см³/г, що призводить до погіршення його осадження, виносу зі стічною водою та, як наслідок, суттєвого зниження загальної ефективності очищення [2].

На величину мулового індексу впливає ціла низка чинників: навантаження на активний мул за БСКповн, рівень розчиненого кисню в муловій суміші, наявність токсичних речовин і легкоокислюваних органічних сполук (цукру, глюкози, спиртів) у стічних водах, а також достатність біогенних елементів, зокрема фосфору. Вирішальним серед них є навантаження на мул: при його значеннях у діапазоні 500–1300 мг БСКповн/(г·добу) муловий індекс різко зростає, що унеможливлює нормальну роботу очисних споруд.

Встановлено, що застосування шахтних аеротенків та окситенків із підвищеним тиском і концентрацією розчиненого кисню 6–12 мг/дм³ дозволяє

знизити муловий індекс до 60–98 см³/г, а коефіцієнт приросту мулу — до 0,25. Проте впровадження таких систем пов'язане зі значними капітальними витратами. Натомість метод вакуумної дегазації мулової суміші перед вторинними відстійниками розглядається як технологічно простий і економічно доцільний спосіб покращення осаджуваності активного мулу. Саме цей підхід є предметом дослідження.

Останніми роками в зарубіжній літературі з’явилися дослідження щодо застосування вакуумної дегазації для зниження мулового індексу активного мулу. Отримані результати свідчать про ефективність методу, однак у публікаціях відсутні достатні дані для розрахунку, проєктування та експлуатації вакуумних дегазаторів [3,4]. Метою роботи є експериментальна перевірка ефективності вакуумної дегазації мулової суміші міських каналізаційних очисних споруд як засобу інтенсифікації процесу біологічного очищення стічних вод. Надалі планується розробка конструкцій вакуумних дегазаторів і технологічних схем їх застосування у складі реакторів різного типу.

Дослідження виконувалися на лабораторній установці кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи НУВГП (рис. 1). Установка являє собою герметичну камеру з органічного скла, обладнану у верхній частині штуцером для подачі мулової суміші та підключення до вакуум-насосу, а в нижній — вентилем для зливання вакуумованої суміші в мірний циліндр.

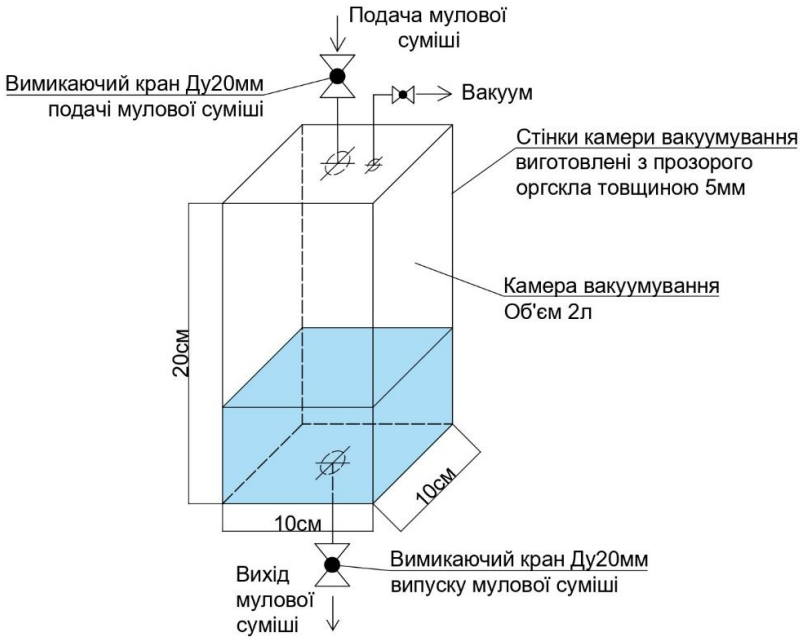


Рисунок 1 Схема установки для вакумування мулової суміші

Для створення вакууму використовувався медичний відсмоктувач «7Е-А» на базі безмасляного поршневого насосу. Технічні характеристики пристрою: максимальний вакуум — не менше 0,075 МПа; діапазон регулювання — від 20 кПа до максимуму; максимальний потік повітря — 18 л/хв; споживана потужність — 90 ВА; маса — 4,4 кг.

Проби мулової суміші відбиралися на виході з аеротенків діючих очисних споруд Рівненського обласного виробничого комунального підприємства водопровідно-каналізаційного господарства (РОВКП ВКГ) відповідно до вимог ДСТУ ISO 5667-10:2005. Початкова концентрація сухої речовини мулу в пробах становила 2,56 г/дм³. Усі досліди проводились при температурі 20°С.

Методика досліджень передбачала два послідовних етапи. На першому - підбір оптимального значення вакууму; на другому -визначення оптимальної тривалості вакуумування. Паралельно досліджувалася проба мулової суміші без будь-якої обробки (контроль). Порівняння результатів здійснювалося за об'ємом мулу, що осів у мірних циліндрах через однакові проміжки часу.

На першому етапі досліджень пробам мулової суміші однакової концентрації задавався вакуум різних значень — 0,02; 0,04; 0,06 та 0,07 МПа при фіксованій тривалості обробки 60 секунд (рис. 2). Отримані результати засвідчили, що підвищення рівня вакууму закономірно зменшує об'єм мулу при однаковій тривалості відстоювання. Водночас, зважаючи на технологічні обмеження реальних очисних споруд та необхідність забезпечення стабільності процесу, за оптимальне робоче значення прийнятий вакуум 0,04 МПа.

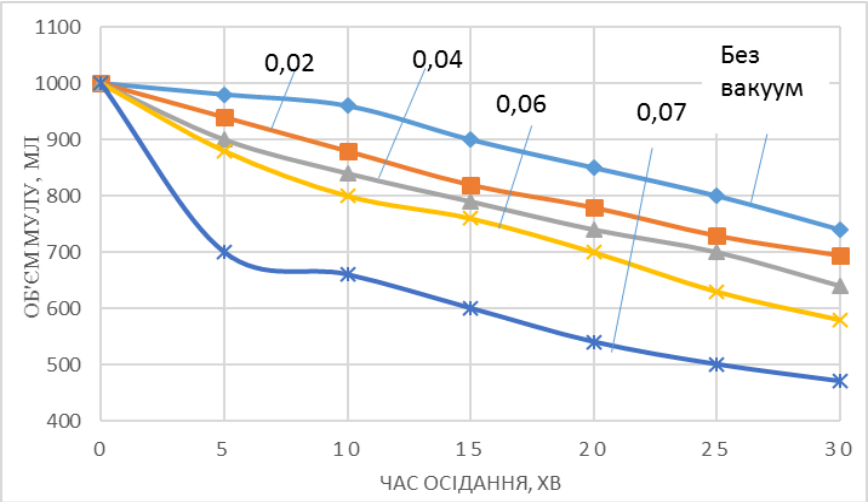


Рисунок 2 Залежність об’єму мулу від величини вакууму

На другому етапі при фіксованому значенні вакууму 0,04 МПа варіювалася тривалість вакуумування: 1, 2, 3 та 5 хвилин (рис. 3). Аналіз динаміки відстоювання вакуумованих проб порівняно з контрольними показав, що мінімальний об'єм осілого мулу досягається при тривалості вакуумування 3 хвилини. Подальше збільшення часу обробки не давало суттєвого приросту ефективності, що вказує на насичення ефекту дегазації.

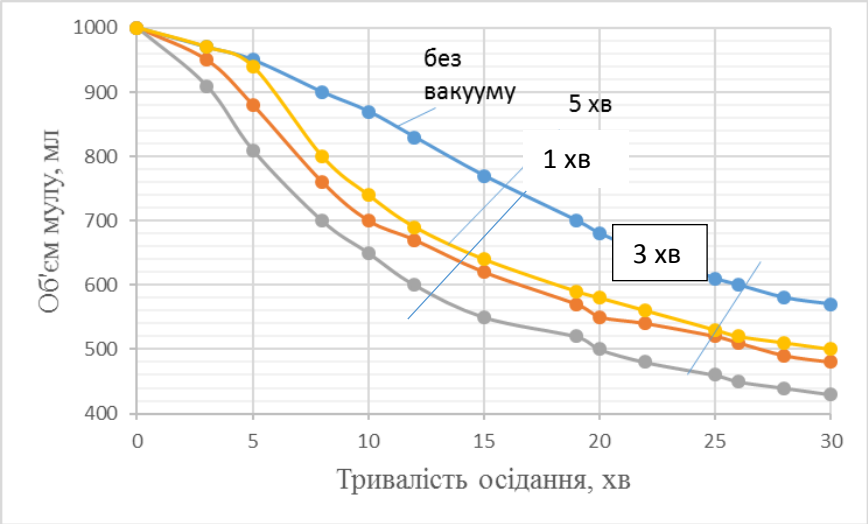


Рисунок 3 Залежність об’єму мулу від тривалості вакуумування

Встановлений фізичний механізм ефекту: під час вакуумування з мулової суміші видаляються розчинені гази - повітря, вуглекислий газ та азот, - які перешкоджають утворенню щільних пластівців. Після дегазації структура флокул активного мулу стає компактнішою, міжпластівцеві газові бульбашки зникають, і мул набуває кращої здатності до гравітаційного осадження.

Для кількісної оцінки ефекту вакуумної дегазації виконано технологічний розрахунок за нормами ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди». При початковій концентрації сухої речовини мулу 2,56 г/дм³ та об'ємі осілого мулу після 3 хвилин вакуумування і 30 хвилин відстоювання 430 см³ муловий індекс становить: J = 430 / 2,56 = 168 см³/г.

Максимальна доза мулу у вторинному відстійнику після вакуумування складе 2,56 / 0,43 = 5,95 г/дм³. Коефіцієнт рециркуляції активного мулу в аеротенку за формулою ДБН (В.12) дорівнює:

Ri = 2,56 / (1000/168 – 2,56) = 0,75

Звідси доза мулу безпосередньо в аеротенку за формулою ДБН (В.15) складає: 5,95 / (2·0,75 + 1) = 3,57 г/дм³ [5]. Порівнюючи з початковим значенням 2,56 г/дм³, отримуємо приріст дози в 1,39 рази.

Зростання дози мулу в аеротенку безпосередньо підвищує його окислювальну потужність, дозволяючи збільшити продуктивність споруди без розширення об'єму. Паралельно дегазація мулової суміші знижує інтенсивність флотації пластівців на поверхню вторинних відстійників, що поліпшує якість очищеної води та зменшує винос завислих речовин.

Результати виконаних лабораторних досліджень підтверджують перспективність і доцільність впровадження методу вакуумної дегазації мулової суміші на каналізаційних очисних спорудах.

Висновки:

1. Вакуумування мулової суміші зумовлює зменшення мулового індексу завдяки видаленню розчинених газів і ущільненню структури пластівців активного мулу;

2. Застосування методу дозволяє збільшити дозу активного мулу в аеротенку, що відповідно підвищує окислювальну потужність і продуктивність реактора без зміни його об'єму;
3. Покращення роботи вторинних відстійників досягається за рахунок зниження флотації мулу на поверхню та зменшення виносу завислих речовин з очищеною водою;
4. Подальшими напрямами досліджень є розробка конструктивних рішень вакуумних дегазаторів та технологічних схем їх інтеграції у склад реакторів біологічного очищення, зокрема у реактори періодичної дії (SBR).

Посилання

1. Kovalchuk V.A. Wastewater treatment. – Rivne: JSC “Rivnenskaya Drukharnia”, - 2002. – 622 p.
2. Sinyov O.P. Intensification of work and reconstruction of sewage treatment plants: Manual. - K.: ISDO, 1994. - 136 p.
3. Maciejewski M, Oleszkiewicz JA, Golcz A, Nazar A (2010) Degasification of mixed liquor improves settling and biological nutrient removal. Water Pract Technol 5:1–7.
4. A. Gnida, M. Skonieczna. Vacuum treatment changes characteristics of activated sludge / International Journal of Environmental Science and Technology (2020) 17:2073–2084.
5. DBN V.2.5-75:2013. Sewerage. External networks and structures. Basic design provisions. – Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2013. – 127 p.

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ ЗАНУРЕННЯМ ГІДРОДИНАМІЧНОЮ АКТИВАЦІЄЮ МИЮЧОГО РОЗЧИНУ

Магістрант Б.О. Кожухар
Керівник - доц., докт. техн. наук І.М. Рибалко
Державний біотехнологічний університет
м. Дніпро, Україна

Однією з найважливіших технологічних операцій під час ремонту машини є очищення деталей від забруднення.

На підприємствах з ремонту сільськогосподарської техніки мийно-очисні ділянки займають до 12% виробничих площ, частку операцій миття і очищення припадає 6…8% загальної трудомісткості капітального ремонту машин, а вартість мийно-очисного устаткування становить 10…15% загальної балансової вартості ремонтно-технологічного устаткування [1-9].

Очищення виробів споживає до 13% заводських витрат теплової енергії (у тому числі до 70% на технологічні потреби).

Встановлена потужність очисних машин становить 20% встановленої потужності технологічного устаткування заводу.

Якісне очищення робочих поверхонь деталей і складальних одиниць істотно впливає на об'єктивність подальшої дефектації і багато в чому забезпечує надійність машин у процесі післяремонтної експлуатації.

Очищення зануренням деталей (очищення деталей зануренням в миючий розчин) відноситься до фізико-хімічного способу очищення, і є єдиним способом очищення деталей.

Процес очищення зануренням деталей залежить від двох взаємопов'язаних факторів – фізико-хімічних властивостей миючого розчину та ефективності його гідромеханічного впливу на поверхні деталі.

Очищення поверхонь деталей від забруднень являє собою сукупність складних фізико-хімічних і механічних процесів, ефективність яких залежить від властивостей миючого середовища, виду забруднень, технологічних режимів очищення, геометрії деталей, що очищаються і т. д. Вид і ступінь що залишився після очищення забруднення залежить в основному від типу від способу і очищення забруднення залежить в основному від типу. Ступінь очищення деталей зрештою впливає на надійність машин та агрегатів загалом. Так, наприклад, неякісне очищення деталей при складанні дизелів знижує їх післяремонтний ресурс на 20...30%.

При очищенні металевих поверхонь деталей в мийних машинах занурювального типу в якості механічного впливу застосовуються збудження миючої рідини навколо об'єкта очищення (статичні активатори), переміщення деталей в миючому розчині (динамічні активатори), механічне перемішування розчину навколо деталей, що переміщаються (комбіновані активатори).

Очевидно, що відрив частинок від поверхні деталі можливий при помірній середній швидкості миючого розчину та штучному збуренні, викликаним шляхом коливання тиску або швидкості потоку рідини. Таким чином, при занурювальному способі для якісного очищення деталей складної конфігурації та інтенсифікації процесу необхідно щодо поверхонь, що очищаються, створювати під високим тиском багатонаправлені турбулентні потоки миючої рідини (рис. 1, 2).

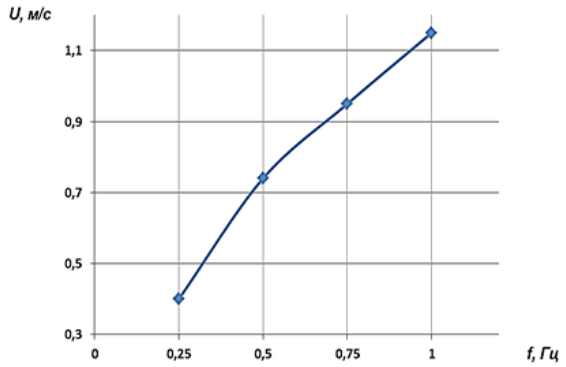


Рисунок 1 – Швидкість потоку рідини в залежності від величини частоти коливань контейнера з деталями

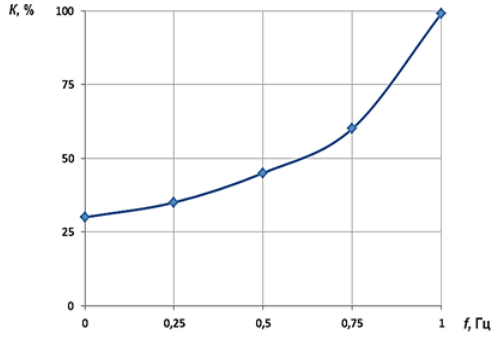


Рисунок 2 – Якість очищення в залежності від частоти коливань контейнера з деталями

Результати аналізу практичного досвіду показують, що часто фахівці ремонтно-обслуговуючих підприємств, прагнучі підвищити ефективність очищення зануренням, займаються вдосконаленням наявного мийного обладнання та створенням нових конструкцій на основі відомого виробничого досвіду та власної інтуїції.

Для інтенсифікації процесу очищення забруднених деталей доцільно застосовувати турбулентний потік миючої рідини, що викликається коливаннями тиску. Експериментально підтверджено залежність ефективності очищення від швидкості потоку миючої рідини: зі збільшенням частоти коливання тиску від 0,25 до 1,0 Гц швидкість потоку рідини зростає в 3 рази; зі збільшенням частоти від 0 до 1,0 Гц ефективність очищення підвищується в 2,5 разу.

Контроль якості очищення проводився за змочуванням поверхні об'єкта дослідження водою:

$$K = \frac{S_{очист}}{S_{заг}} \cdot 100\%, \qquad (1.1)$$

де $S_{очист}$ – площа поверхні, покритої безперервною плівкою води, см^2; $S_{заг}$ – загальна площа поверхні об'єкта очищення, см^2. Контроль якості очищення способом змочування водою ґрунтується на здатності очищеної поверхні утримувати безперервну плівку води, якщо ця поверхня вільна від забруднень. Цілком чиста поверхня повністю змочується нерозривною протягом 5 с плівкою води. Забруднена поверхня не змочується водою, плівка води одразу розривається і лише частково покриває поверхню деталі.

Очищення найчастіше проводиться у водному розчині миючого засобу типу Темп-100Д за наступних технологічних режимів: концентрація миючого засобу в розчині – 20 г/л; температура миючого розчину – 65…70°С, тривалість очищення – 15 хв.

Підвищенню продуктивності та якості очищення зануренням сприяє гідродинамічна активація миючого розчину. Коливання платформи з деталями та активація миючого розчину лопатевим гвинтом призводять до утворення турбулентного потоку рідини, для якого характерна наявність поперечних (стосовно основного напрямку руху) пульсаційних швидкостей рідини, що є наслідком перенесення кінцевих мас мийної рідини. Наявність в турбулентному потоці пульсаційних швидкостей рідини сприяє відриву частинок забруднень від поверхні, що очищається, і їх транспортуванню з зони очищення. Таким чином, підвищити ефективність очищення можна, якщо штучно турбулізувати потік моєї рідини.

Встановлено, що тверді частинки забруднень, що лежать на поверхні, що очищається, відчувають з боку потоку водного розчину синтетичного миючого засобу силовий вплив, причиною якого є сила лобового опору частинки $P_{лоб}$. Під дією сили $P_{лоб}$ відбувається процес відриву частинок забруднень від поверхні, що очищається. Реалізація процесу очищення при механічному впливі рідини на забруднення можлива за умови, якщо сила гідродинамічного впливу перевищить міцнісні властивості забруднень

(адгезійно-когезійної характеристики забруднень, яка залежить від міцності забруднень на стиск, розтягування, зсув і зсув).

У літературі при аналізі занурювального мийного обладнання встановлено, що основними способами гідромеханічної активації миючого розчину є: зворотно-поступальні рухи, маятникові коливання, занурення деталі з виносом на поверхню, інтенсифікація миючого середовища ротором-активатором та лопатевим гвинтом. Проведемо оцінку ефективності зазначених способів гідромеханічної активації на підставі оцінного критерію K^0. Нижче наведено результати такого аналізу на основі експериментальних досліджень розподілу дотичних напруг на поверхні плоскої деталі.

Як оцінний критерій ефективності способів гідромеханічної активації миючого розчину приймаємо величину $K^0 = \frac{C_f}{N_{\text{пит}}}$. Коефіцієнт поверхневого тертя C_f визначається за такою формулою:

$$C_f = \frac{2\tau_w}{\rho U^2}. \qquad (1.2)$$

Тут τ_w – дотичне напруження тертя поверхні деталі, Н/м^2;

U – швидкість потоку, м/с. Коефіцієнт питомої потужності:

$$N_{\text{пит}} = \frac{N}{\tau_w U^*}, \qquad (1.3)$$

де N потужність, обумовлена роботою сил тертя, $\tau_w U^*$ – потужність потоку, витрачена формування дотичних напруг тертя τ_w; $U^* = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}$ – швидкість тертя.

Таким чином, основу оцінного критерію K^0 становить дотичну напругу тертя на стінці τ_w.

Способи гідродинамічної активації миючого розчину представлені на рис. 3.

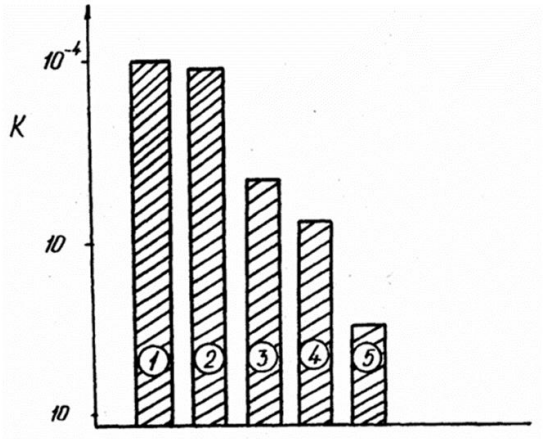


Рисунок 3 – Порівняльна оцінка параметрів якості способів гідродинамічної інтенсифікації очищення (C_f/N_{num}):

1 – занурення деталей із виносом на поверхню розчину; 2 – з використанням ротора-активатора; 3 – з використанням лопатевого гвинта; 4 – при маятниковому коливанні платформи; 5 при прямолінійних коливаннях платформи

Висновки:

1. На підставі узагальненого аналізу недоліків мийних машин та вивчення ефективності впливу гідродинамічних тисків миючої рідини на забруднені поверхні запропоновано новий удосконалений спосіб очищення виробів складної конфігурації, що полягає у наданні виробам складного просторового руху в миючому розчині. Розроблено пристрій для здійснення цього способу – мийна машина із просторовим рухом платформи.

2. Теоретичними дослідженнями встановлено, що швидкості та прискорення характерних точок забруднень об'єкта очищення змінні за величиною та за напрямом у просторі. Тому гідродинамічні сили та моменти, як поверхневі, так і інерційні, мають такий самий складний характер. Це створює найбільш сприятливі умови для ефективного гідромеханічного впливу миючого розчину різним чином орієнтовані зовнішні і внутрішні забруднені поверхні, приховані ділянки.

Посилання

1. Теоретические основы технологи ремонта машин: Учебник в 3-х т. / А.И. Сидашенко, А.А. Науменко, Т.С. Скобло и др. Под ред. А.И. Сидашенко, А.А. Науменко. Том 1. (Теория и технология производственных процессов ремонта машин). – Харьков: ХНТУСХ, 2005. – 590 с.
2. Технологія ремонту машин та обладнання: навч. посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, С.О. Лузан та ін. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – 361 с.
3. Ремонт машин та обладнання: підручник / за ред. проф. О.І. Сідашенко, О.А. Науменка. – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.
4. Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання: навч. посібник / М.І. Черновол, І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, І.В. Шепеленко О.А. Науменко, О.Д. Мартиненко. – Харків: «Діса плюс», 2024. – 158 с.
5. Мирутко В.В. Совершенствование технологии очистки двигателя и его деталей при ремонте. / В.В. Мирутко // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2014. – № 2. – С. 29-33
6. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1: Навчальний посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та інші. За ред. О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонова. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. – 416с.
7. Сучасний інструмент і машини для інтенсифікації слюсарно-ремонтних робіт: навч. посібник / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, О.А. Науменко, І.В. Шепеленко, О.Д. Мартиненко, О.О. Гончаренко, С.В. Лисенко. – Харків: «Діса плюс», 2024. – 214 с.
8. Способи очищення агрегатів перед ремонтом та відновленням [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://msg.equipment/uk/blog/articles/techniques-of-pre-repair-and-renovation-units-cleaning
9. Дашивець Г.І. Обґрунтування і оптимізація параметрів процесу очищення деталей зануренням / Г.І. Дашивець, Д.А.Бужора / Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» 02-27 листопада ТДАУ імені Дмитра Моторного. – 2020. – С. 599-604.

ДИСТАНЦІЙНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСКІЛЬСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Аспірант В.В. Козлов
Керівник – проф., д.е.н. Г.І. Шарий
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна

Оцінка стану Оскільського водосховища здійснювалася на основі комплексного дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Для обробки масивів просторових даних застосовувалася хмарна платформа Google Earth Engine (GEE), поєднана з ГІС-середовищем QGIS (версія 3.40.14) через спеціалізований плагін Earth Engine Python API.

Базовим матеріалом слугували мультиспектральні знімки Sentinel-2 MSI Level-2A з атмосферною корекцією за 2020–2025 роки. Щоб уникнути впливу сезонних змін та зафіксувати максимальний розвиток рослинності, відбиралися супутникові дані виключно за літні місяці (червень–серпень).

Алгоритм дослідження передбачав автоматичне видалення хмар за допомогою каналу QA60 та обчислення низки мультиспектральних індексів. Статистичні параметри (середнє значення, стандартне відхилення, мінімум та максимум) визначалися інструментом Zonal Statistics у QGIS на основі експортованих растрових файлів GeoTIFF.

Просторова диференціація ландшафтів та моніторинг ренатуралізації водно-болотних угідь базувалися на чотирьох ключових спектральних індексах.

Водне дзеркало та межі акваторії виокремлювалися за допомогою модифікованого нормалізованого різницевого водного індексу (MNDWI) [3; 4]:

$$\mathrm{MNDWI} = \frac{(Green - SWIR)}{(Green + SWIR)} \quad (1)$$

де Green – видимий зелений канал (Band 3, довжина хвилі ~560 нм); SWIR – короткохвильовий інфрачервоний канал (Band 11, ~1610 нм).

Щоб мінімізувати вплив відкритого ґрунту під час оцінки біомаси на оголеному дні водосховища, розраховувався ґрунтовий індекс вегетації (SAVI):

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} * (1 + L) \quad (2)$$

де NIR – ближній інфрачервоний діапазон (Band 8, ~842 нм); RED – видимий червоний спектр (Band 4, ~665 нм); L – поправочний коефіцієнт (для умов розрідженого покриву прийнято L = 0.5).

Рівень зволоженості ґрунту та рослинності визначався нормалізованим різницевим індексом вологості (NDMI):

$$\mathrm{NDMI} = \frac{(NIR - SWIR1)}{(NIR + SWIR1)} \quad (3)$$

де SWIR1 – короткохвильовий інфрачервоний спектр (Band 11, ~1610 нм).

Стан рослинності та рівень хлорофілу на початкових стадіях регенерації аналізувалися через нормалізований різницевий індекс червоного краю (NDRE):

$$NDRE = \frac{(NIR - Re)}{(NIR + Re)} \quad (4)$$

де Re (Red Edge) – канал червоного краю, найбільш чутливий до хлорофілу (Band 7, ~783 нм).

Переведення растрових даних у площинні показники здійснювалося шляхом класифікації індексу SAVI на три функціональні зони: глибоководні ділянки («Вода», діапазон від -10000 до 0), оголене дно («Мул/Голий ґрунт», від 0 до 2000) та новоутворені ветланди («Рослинність», від 2000 до 10000).

Аналіз підтвердив стрімку первинну сукцесію на оголених ділянках. Якщо у 2021 році рослинність на ложі водосховища була повністю відсутня, то у 2024 році вона покрила вже 6955,39 га. Дані 2025 року свідчать про формування стійких фітоценозів (переважно верболозу та очерету) на площі 4854,41 га. Висока вологість мулових відкладень (NDMI = 78,9 %) разом з активним вегетуванням забезпечують значний мікрокліматичний ефект, що є надзвичайно важливим механізмом пом'якшення наслідків глобального потепління у прифронтовому регіоні.

Відновлення екосистеми відбувається неоднорідно. На півночі (поблизу с. Комарівка) переважають пересушені піщано-мулові арени через максимальне осушення. Натомість центральна та південна ділянки (район населених пунктів Нижче Солоне та Піски-Радьківські) трансформувалися у складний екотон. Тут сформувалися мілководні лагуни, меандруюче русло річки Оскіл та зволожені зони замулення, які стали потужними осередками відновлення біорізноманіття.

Отже, природна ренатуралізація Осколу, що є яскравим прикладом природоорієнтованих рішень (Nature-based Solutions), виявилася значно ефективнішою та екологічно безпечнішою за штучне гідротехнічне регулювання. Сформовані водно-болотні угіддя (ветланди) виконують роль природних бар'єрів і потужних фітофільтрів.

Важливо підкреслити, що таке дослідження безпосередньо сприяє виконанню зобов'язань України в межах Угоди про асоціацію з ЄС, зокрема щодо імплементації Водної рамкової директиви (2000/60/ЄС) [1] та Оселищної директиви [2]. Здійснений авторський аналіз динаміки вологості за допомогою індексу NDMI дає науково обґрунтовані підстави для створення нових природоохоронних об'єктів на місці колишнього водосховища. Це є стратегічним кроком на шляху до зеленої трансформації прикордонних територій та інтеграції їх у європейську Смарагдову мережу (Emerald Network).

Тому стратегія «нульової альтернативи», яка передбачає відмову від відбудови Оскільського гідровузла у довоєнних масштабах, постає економічно вигіднішим та кліматично резильєнтним рішенням. Крім того, новостворені фітоценози мають високий потенціал до депонування вуглецю, що відкриває можливості для залучення міжнародних «зелених» інвестицій у відновлення постраждалих від війни регіонів.

Застосування методів ДЗЗ та хмарної платформи Google Earth Engine у поєднанні з ключовими спектральними індексами (MNDWI, SAVI, NDMI, NDRE) підтвердило свою високу ефективність і достовірність для екологічного моніторингу територій, доступ до яких наразі ускладнений бойовими діями.

Висновки:

1. Прослідковано повний цикл трансформації Оскільського водосховища: від стабільної акваторії (9685 га у 2020–2021 рр.) через фазу катастрофічного осушення (зменшення водного дзеркала до 1629,65 га у 2024 р.) до переходу в стадію інтенсивної біологічної регенерації та вторинного обводнення заплав (2266,48 га станом на 2025 р.).

2. Зафіксовано явище гідрологічної конвергенції та успішний розвиток первинної сукцесії. На місці техногенної водойми утворився стійкий природний водно-болотний комплекс (площа стабільної рослинності у 2025 році склала 4854,41 га). Вологість утримується не відкритою водою, а транспіраційною здатністю нової біомаси, формуючи складну просторову мозаїку ландшафтів: від сухих арен на півночі до мілководних біобагатих лагун на півдні.

3. Одержані наукові результати обґрунтовують доцільність відмови від традиційної техногенної відбудови греблі. Натомість пропонується закріпити за новими ветландами природоохоронний статус, що дозволить використовувати їх як природний механізм самоочищення вод і кліматичної адаптації. Розроблений алгоритм може слугувати універсальним інструментом для моніторингу інших деградованих гідроекосистем, зокрема Каховського водосховища.

Зважаючи на високу динамічність вторинних сукцесійних процесів, безперервний супутниковий моніторинг Оскільського водосховища залишається критично важливим завданням. Це забезпечить можливість відстежувати довгострокові тренди розвитку нових екосистем, їхню стійкість до змін клімату та допоможе оперативно коригувати стратегії природокористування у повоєнний період.

Посилання

1. Директива Європейського Парламенту і Ради про встановлення рамок заходів Співтовариства в галузі водної політики від 23 жовт. 2000 р. № 2000/60/ЄС. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/994_962 (дата звернення: 16.03.2026).
2. Директива Ради про охорону природних оселищ та дикої фауни і флори від 21 трав. 1992 р. № 92/43/ЄЕС. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/987_004-92 (дата звернення: 16.03.2026).
3. Utilizing NDWI, MNDWI, SAVI, WRI, and AWEI for Estimating Erosion and Deposition in Ping River in Thailand / J. Laonamsai, P. Julphunthong, T. Saprathet et al. Hydrology. 2023. Vol. 10, № 3. P. 70. DOI: 10.3390/hydrology10030070.
4. Delimitação da área de reservatório de água utilizando técnicas de sensoriamento remoto no semiárido do Brasil / D. N. O. D. Almeida, D. C. D. S. Araújo, D. R. Soares et al. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. 2023. Vol. 58, Issue 1. P. 20–29. DOI: 10.5327/Z2176-94781524.

ЕКОЛОГІЧНІ ТА РЕСУРСООЩАДНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРАТНИХ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРІВ У ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Аспірант Р.І. Корнієнко
Керівник – професор, д.т.н. Б.А. Кутний
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» м. Полтава, Україна

Сектор теплопостачання є одним із ключових напрямів енергетичної трансформації, оскільки опалення та охолодження становлять близько половини світового кінцевого споживання енергії й зумовлюють понад 40 % глобальних енергетичних викидів CO_2 в енергетичному секторі [1]. Для України ця проблема є особливо гострою в умовах воєнного руйнування енергетичної інфраструктури: за даними IEA, унаслідок атак у березні–травні 2024 року було втрачено ще 9 ГВт генеруючих потужностей; від 2022 року було пошкоджено або зруйновано 18 великих ТЕЦ і понад 800 котелень [2]. За таких умов одним із пріоритетів державної політики, закріплених у Національному плані з енергетики та клімату на період до 2030 року, є розвиток відновлюваних джерел енергії, розподіленої генерації та систем накопичення енергії [3]. Як показано на рис. 1, в Україні в останні роки зростає частка первинної енергії з відновлюваних джерел, що актуалізує потребу в системах акумулювання енергії для узгодження режимів генерації та споживання [4].

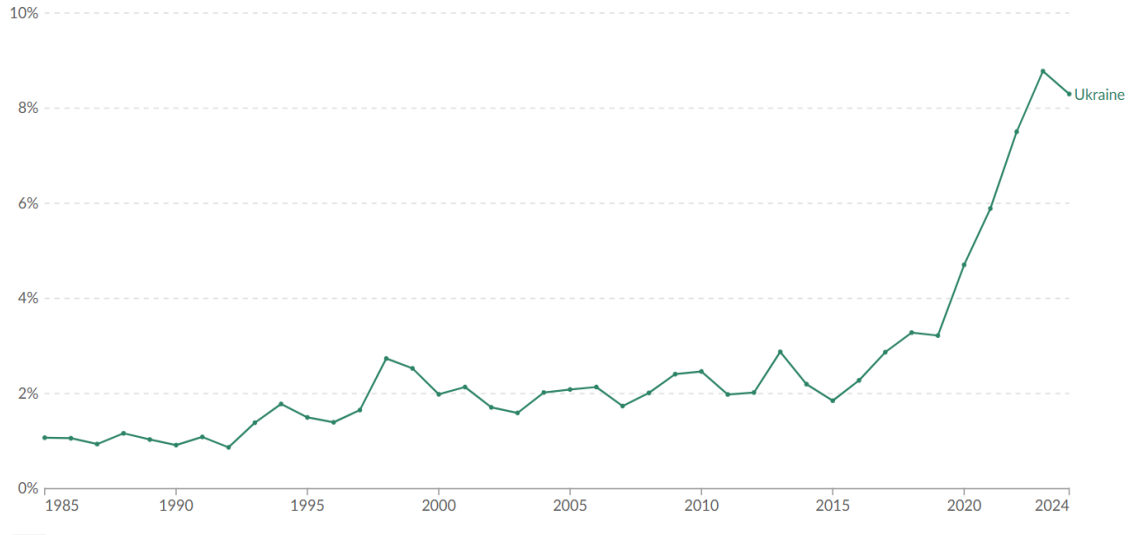


Рисунок 1 – Частка відновлюваних джерел у структурі первинного енергоспоживання України у 1985–2024 рр. за даними [4].

Ключовим обмеженням впровадження екологічно чистих відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонячна та вітрова генерація, є їхня нестабільність та нерівномірність генерації. Піки генерації не збігаються з піками споживання енергії [5]. Для вирішення цієї проблеми необхідні високоефективні системи акумулювання енергії. Традиційні ємнісні

акумулятори (на основі теплоємності матеріалу) потребують значних об’ємів та площ розміщення, а також характеризуються значними тепловими втратами в навколишнє середовище, що обмежує їхнє застосування у щільній забудові [6].

Одним із перспективних рішень для децентралізованих систем теплопостачання є теплоакумулятори на основі фазозмінних матеріалів. У роботі [6] показано, що системи акумулювання теплоти з використанням фазозмінних матеріалів ґрунтуються на використанні прихованої теплоти фазового переходу, а більшість досліджень таких систем виконано в температурному діапазоні 0–60 °C, придатному для побутових і будівельних теплових застосувань. Це робить фазозмінні матеріали перспективними для накопичення теплоти в локальних системах теплопостачання, де важливими є стабільність температурного рівня та підвищення ефективності використання енергії.

Серед неорганічних фазозмінних матеріалів значний інтерес становить тригідрат ацетату натрію. За даними [7], випробування комерційного матеріалу Climsel C58 на основі тригідрату ацетату натрію, температура плавлення-кристалізації становить 57–61 °C / 50–58 °C, а прихована теплота плавлення — 216 кДж/кг. Крім того, у роботі [8] встановлено, що використання стабільного переохолодження тригідрату ацетату натрію дає змогу зберігати теплову енергію частково без втрат, а переохолоджений матеріал при 20 °C може запасати до 230 кДж/кг [8]. Такі характеристики підтверджують доцільність розгляду тригідрату ацетату натрію як теплоакумулюючого матеріалу для низькотемпературних і середньотемпературних систем, а також можливість його застосування для сезонного акумулювання теплоти

Екологічний і ресурсоощадний потенціал фазозмінних теплоакумуляторів також підтверджується дослідженнями мобільного акумулювання теплоти. У роботі [9] показано, що використання мобільних теплових акумуляторів з фазозмінним матеріалом для утилізації низькотемпературного промислового скидного тепла може зменшувати потребу в первинній енергії до 95 %, втрати ексергії — до 60 %, а викиди CO_2 — до 93 % порівняно з традиційними опалювальними установками на викопному паливі. Хоча наведені результати стосуються фазозмінних технологій загалом, вони демонструють високий екологічний потенціал систем акумулювання теплоти на основі фазового переходу для децентралізованого теплопостачання.

Отже, аналіз літературних джерел свідчить, що гідратні теплоакумулятори, зокрема на основі тригідрату ацетату натрію, є перспективним рішенням для децентралізованих систем теплопостачання. Їх застосування узгоджується з потребою підвищення енергоефективності теплового сектору [1], використання фазозмінних систем у робочому температурному діапазоні будівельного теплопостачання [6], а також із завданням пошуку компактних теплоакумулюючих матеріалів із придатними

термофізичними характеристиками [7, 8]. У сукупності наведені результати підтверджують доцільність подальших досліджень гідратних теплоакумуляторів як одного з інструментів зниження антропогенного навантаження на довкілля та підвищення стійкості теплопостачання в Україні.

Посилання

1. IRENA. Power to heat and cooling: Status // Innovation landscape for smart electrification. URL: https://www.irena.org/Innovation-landscape-for-smart-electrification/Power-to-heat-and-cooling/Status (дата звернення: 02.03.2026).
2. IEA. Ukraine's energy system under attack // Ukraine's Energy Security and the Coming Winter. Paris : IEA, 2024. URL: https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter/ukraines-energy-system-under-attack (дата звернення: 07.03.2026).
3. Про схвалення Національного плану з енергетики та клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.06.2024 № 587-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/587-2024-%D1%80 (дата звернення: 12.03.2026).
4. Energy Institute – Statistical Review of World Energy (2025) – with major processing by Our World in Data. Share of primary energy consumption that comes from renewables – Using the substitution method [dataset] // Our World in Data. URL: https://ourworldindata.org/grapher/renewable-share-energy (дата звернення: 15.03.2026).
5. Koželj R., Osterman E., Leonforte F., Del Pero C., Miglioli A., Zavrl E., Stropnik R., Aste N., Stritih U. Phase-Change Materials in Hydronic Heating and Cooling Systems: A Literature Review. Materials. 2020. Vol. 13, no. 13. Art. 2971. DOI: 10.3390/ma13132971.
6. Agyenim F., Hewitt N., Eames P., Smyth M. A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS). Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010. Vol. 14, no. 2. P. 615–628. DOI: 10.1016/j.rser.2009.10.015.
7. Xu T., Gunasekara S. N., Chiu J. N., Palm B., Sawalha S. Thermal behavior of a sodium acetate trihydrate-based PCM: T-history and full-scale tests. Applied Energy. 2020. Vol. 261. Art. 114432. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.114432.
8. Dannemand M., Schultz J. M., Johansen J. B., Furbo S. Long term thermal energy storage with stable supercooled sodium acetate trihydrate. Applied Thermal Engineering. 2015. Vol. 91. P. 671–678. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2015.08.055.
9. Du K., Calautit J., Eames P., Wu Y. A state-of-the-art review of the application of phase change materials (PCM) in Mobilized-Thermal Energy Storage (M-TES) for recovering low-temperature industrial waste heat (IWH) for distributed heat supply. Renewable Energy. 2021. Vol. 168. P. 1040–1057. DOI: 10.1016/j.renene.2020.12.057.

OPTIMIZATION OF MEMBRANE BIOREACTOR OPERATING MODES FOR WASTEWATER TREATMENT

Master's Student B. K. Krasnikov; Student: V. Y. Petrenko
Supervisor: Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech) O. K. Nahorna
Language consultant: Assoc. Prof. Cand. Sc. (Philol), N.I. Shashkina
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI «Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture»
Dnipro, Ukraine

Membrane bioreactor (MBR) technology is one of the most advanced methods for wastewater treatment, combining biological treatment using activated sludge with membrane filtration. This technology ensures high effluent quality, compact treatment facilities, and the possibility of water reuse in industrial and municipal systems. However, the efficiency and stability of membrane bioreactor operation largely depend on the proper selection and optimization of operating parameters, including hydraulic retention time, sludge retention time, mixed liquor suspended solids concentration, filtration flux, and aeration intensity [1].

One of the key operational parameters of membrane bioreactors is the permeate flux. Increasing the permeate flux improves the productivity of the system but can also accelerate membrane fouling and increase transmembrane pressure. Recent studies indicate that optimizing filtration flux together with periodic backwashing and controlled aeration significantly reduces membrane fouling and improves long-term system stability [2].

Another important factor affecting MBR performance is the relationship between hydraulic retention time (HRT), sludge retention time (SRT), and mixed liquor suspended solids (MLSS) concentration. Increasing MLSS enhances the concentration of active biomass in the reactor and improves the removal efficiency of organic pollutants and nutrients. However, excessive MLSS may increase sludge viscosity and negatively affect mass transfer processes, which can contribute to faster membrane fouling [3].

Aeration also plays a crucial role in the operation of membrane bioreactors. It provides oxygen for biological processes, ensures proper mixing within the reactor, and reduces membrane fouling by creating shear forces near the membrane surface. Proper aeration control is therefore essential for maintaining both treatment efficiency and membrane performance while minimizing energy consumption [4].

Membrane fouling remains one of the major challenges in MBR operation. It is influenced by several factors, including sludge characteristics, extracellular polymeric substances, temperature, pH, and hydrodynamic conditions. Modern research focuses increasingly on predictive models and monitoring systems that allow operators to control fouling processes and optimize operating conditions in real time [5].

Another promising direction in the optimization of membrane bioreactor operation is the application of automated and intelligent control systems. The

integration of digital monitoring technologies and artificial intelligence makes it possible to regulate aeration intensity, filtration flux, sludge recirculation, and membrane cleaning processes more effectively. Such approaches improve process stability, increase treatment efficiency, and reduce operational costs of wastewater treatment plants [6].

It should be pointed out that another important factor affecting the performance of membrane bioreactors is the composition and properties of activated sludge. The presence of extracellular polymeric substances (EPS) and soluble microbial products (SMP) can significantly influence membrane fouling and filtration efficiency. High concentrations of these compounds may lead to the formation of a dense fouling layer on the membrane surface, which increases filtration resistance and operational costs. Therefore, maintaining optimal biological conditions in the reactor and controlling sludge characteristics are essential for stable and efficient operation of membrane bioreactor systems.

Thus, the optimization of operating modes in membrane bioreactors is a key factor in improving wastewater treatment efficiency. Proper adjustment of technological parameters such as HRT, SRT, MLSS concentration, aeration intensity, and membrane flux can significantly enhance treatment performance while reducing membrane fouling and energy consumption. Further research in this field should focus on integrated process control strategies and the development of intelligent monitoring systems for sustainable and efficient MBR operation.

References

1. Rahman T.U. et al. (2023). The Advancement in Membrane Bioreactor Technology for Wastewater Treatment. *Membranes*. https://doi.org/10.3390/membranes13020181
2. Díaz O., Vera L., Gonzalez E. (2023). Optimization of operating parameters in a membrane bioreactor. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 274. https://doi.org/10.1016/j.ces.2023.118675
3. Qrenawi L.I., Rabah F.K.J. (2024). Effect of HRT, SRT and MLSS on membrane bioreactor performance. *Egyptian Journal of Chemistry*. Vol. 67, No. 8. P. 423-437. https://doi.org/10.21608/ejchem.2024.239415.8684
4. Turan M. (2025). Membrane fouling control approaches in membrane bioreactors. *Water, Air, & Soil Pollution*. https://doi.org/10.1007/s11270-025-07794-6
5. Sinahroy A., Kim S. H., Chung C. M. (2024). Predicting membrane fouling in membrane bioreactor systems. *Journal of Environmental Management*. Vol. 370. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122868
6. Xu M. and Liu D. (2025). AI-enabled membrane bioreactors for wastewater treatment. *Water*. https://doi.org/10.3390/w17192899

ГІДРОМЕТАЛУРГІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ Zn ТА Mn ІЗ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЛУЖНИХ БАТАРЕЙОК ЯК ОСНОВА СИНТЕЗУ ДОБРИВ

Аспірант Д.О. Крячков, студент С.Д. Лень
Керівник - доцент, кандидат хімічних наук О.В. Груздєва
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

На сьогодні постає актуальна проблема переробки вторинної сировини, що може сприяти зменшенню накопичення відходів та, відповідно, зниженню впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище, а також подоланню дефіциту мінеральних ресурсів. Вичерпання природних запасів мінеральної сировини та зростаючий попит на сільськогосподарську продукцію обумовлюють необхідність пошуку нових, більш ефективних та екологічно чистих способів виробництва мінеральних добрив. Використання вторинної сировини дозволяє не лише зменшити тиск на природні ресурси, але й знизити собівартість виробництва добрив, що особливо актуально в умовах економічної нестабільності.

З огляду на це, інтеграція вторинних ресурсів у виробничі процеси агропромислового комплексу відповідає цілям сталого розвитку, оскільки поєднує економічну ефективність, екологічну безпеку та соціальну відповідальність. В Європейському Союзі вже діють нормативні акти, спрямовані на зменшення використання первинних мінеральних ресурсів та промоцію вторинної переробки [1, 2]. Такі підходи сприяють зміцненню продовольчої безпеки, підвищенню конкурентоспроможності агросектору та формуванню довгострокової стійкості в умовах глобальних викликів.

Метою дослідження є розробка науково-експериментальних основ одержання добрив з відпрацьованих джерел живлення.

З розвитком техногенної цивілізації потреба в джерелах електроживлення невпинно зростає. Сьогодні існує широкий спектр акумуляторів і батарей, основу яких становлять електрохімічні системи збереження енергії. Найпоширенішими серед них є свинцево-кислотні, літій-іонні (Li-ion), нікель-кадмієві (Ni-Cd), нікель-метал-гідридні (Ni-MH) та лужні (Alkaline). Щороку у світі утворюється понад 500 тис. тонн відпрацьованих джерел живлення й акумуляторних відходів, з яких переробляється лише 20–30%.

Утилізація таких відходів є надзвичайно важливою, адже вони містять токсичні речовини (Co, Cd, Pb тощо), що становлять серйозну загрозу для довкілля. Водночас рідкоземельні елементи, що наявні у складі джерел живлення, доцільно вилучати, переробляти та повторно використовувати, що відкриває нові можливості для збереження природних ресурсів і розвитку «зеленої» економіки.

Особливу цінність мають лужні джерела живлення, адже вони не містять канцерогенних елементів, а їхній склад представлений марганцем

(Mn) та цинком (Zn). Завдяки низькій токсичності ці відходи розглядаються як перспективна сировина для виробництва добрив.

Серед основних методів – гідрометалургійні та пірометалургійні процеси, проте саме гідрометалургія є оптимальною завдяки можливості одночасної екстракції обох металів без попереднього розділення [3, 4, 5].

Наше дослідження було спрямоване на неселективне вилучення цинку та марганцю у трикомпонентній системі $H_2SO_4/H_2O_2/C_6H_8O_7$ із співвідношенням за концентраціями 0,27 М/0,27 М/2% відповідно. Процес вилуговування проходив при температурі 60^0С протягом 120 хв. У такій системі сірчана кислота забезпечує кількісне переведення ZnO у $ZnSO_4$, водночас відбувається часткове вилуговування марганцю. Комбінація $H_2O_2/C_6H_8O_7$, у свою чергу, забезпечує повне вилуговування MnO_2 та/або Mn_3O_4 з утворенням $MnSO_4$, що підвищує загальну ефективність процесу.

Використання лимонної кислоти у процесі вилуговування має вагомі екологічні переваги. Вона здатна ефективно утворювати розчинні комплекси з іонами металів (зокрема Zn^{2+} та Mn^{2+}), що сприяє підвищенню ступеня їх вилучення та дозволяє зменшити витрати інших реагентів. Це знижує негативний вплив на екосистеми та полегшує утилізацію відпрацьованих розчинів. Водночас процеси за її участю, як правило, відбуваються за м’якших умов — при помірних температурах і менш екстремальних значеннях pH, що сприяє зменшенню енергоспоживання та мінімізації утворення небезпечних побічних продуктів [6]. Крім того, попереднє комплексоутворення створює передумови для спрощення подальшого синтезу хелатних добрив. Подальше використання комплексів мікроелементів із лимонною кислотою, як добрива, також має свої переваги, значно підвищується доступність мікроелементів для кореневої системи рослин. У результаті покращується засвоєння поживних речовин і знижується ризик дефіциту елементів живлення. При потраплянні лимонної кислоти у ґрунти, вона легко біодеградує, не накопичується у навколишньому середовищі та не утворює стійких токсичних продуктів.

Таким чином, застосування лимонної кислоти у вилуговуванні відповідає сучасним принципам екологічно безпечних і сталих технологій та забезпечує зниження техногенного навантаження на довкілля, зокрема з урахуванням подальшого використання отриманих продуктів як добрив. Наразі проводиться серія досліджень, спрямованих на визначення оптимальних умов вилуговування цинку та марганцю, зокрема шляхом варіювання співвідношення компонентів системи, температури процесу та тривалості вилуговування.

За таких умов вилуговування вдалося досягнути високих показників вилучення: по цинку – 67,57%, по марганцю – понад 99,80% із мінімальними витратами сировини, електроенергії та кількістю відходів. Подальше хелатування отриманого розчину за певною методикою дозволило синтезувати рідке хелатне добриво концентрованого за мікроелементами та стійкого у часі, технологія виробництва якого нині вдосконалюється.

Висновки:

Проблема раціонального використання ресурсів і переробки відходів є одним із ключових викликів сучасної агропромисловості. Використання вторинної сировини у виробництві добрив сприяє зменшенню залежності від імпортних добрив, знижує негативний вплив на довкілля та водночас забезпечує аграрний сектор доступними й ефективними засобами для підвищення врожайності.

У результаті проведених досліджень встановлено, що переробка відпрацьованих лужних батарейок забезпечує ефективне вилучення цинку та марганцю, що відкриває перспективи їх використання як вторинної сировини. Отримані компоненти можуть бути застосовані для синтезу хелатних добрив, що сприятиме раціональному використанню ресурсів, підвищенню ефективності агровиробництва та зменшенню екологічного навантаження на навколишнє середовище.

Посилання

1. European Portable Battery Association (EPBA) [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://www.epbaeurope.net/
2. Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj
3. Vatistas N., Bartolozzi M. The dismantling of the spent alkaline zinc manganese dioxide batteries and the recovery of the zinc from the anodic material // Journal of Power Sources. – 2001. – Vol. 101. – P. 182–187.
4. Chen W.-S., Liao C.-T., Lin K.-Y. Recovery zinc and manganese from spent battery powder by hydrometallurgical route // Energy Procedia. – 2017. – Vol. 107. – P. 167–174. DOI:10.1016/j.egypro.2016.12.162
5. Gallegos M. V., Peluso M. A., Sambeth J. E. Preparation and characterization of manganese and zinc oxides recovered from spent alkaline batteries using biogenerated sulfuric acid as leaching agent // JOM. – 2018. – Vol. 70, № 10. – P. 2351–2358. DOI:10.1007/s11837-018-3043-5
6. Ferella F., De Michelis I., Beolchini F., Innocenzi V., Vegliò F. Extraction of zinc and manganese from alkaline and zinc-carbon spent batteries by citric-sulphuric acid solution // International Journal of Chemical Engineering. – 2010. – Vol. 2010. – 13 p. – Режим доступу: https://doi.org/10.1155/2010/659434

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ШАМПУНЮ З ЕФЕКТОМ ХОЛОДНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ВОЛОССЯ

Магістрантка Н.О. Магден
Керівник - доц., канд. техн. наук О.В. Подобій
Національний університет харчових технологій, м Київ, Україна

Вступ. Нині волосяний стрижень дедалі частіше зазнає ушкоджень різного походження: механічних (розчісування, тертя), хімічних (фарбування, освітлення, релаксери) та термічних (використання фенів, прасок, вплив сонячного випромінювання). Зважаючи на те, що стрижень волосся переважно складається з кератинового білка, який формує кутикулу та кортикальні структури, доцільним є розроблення засобів, що поєднують очищення з м'яким відновленням без застосування нагрівання «cold recovery». Перспективним у цьому напрямі є створення шампуню для холодного відновлення волосся [1].

Матеріали та методи дослідження. У роботі використано методи аналітичного опрацювання науково-технічних джерел і математичного моделювання рецептури косметичного засобу. Дослідження спрямоване на підбір активних компонентів та створення засобу, здатного покращувати стан волосся без термічного впливу і забезпечувати проникнення діючих речовин у волосяне волокно за кімнатної температури.

Результати дослідження. З урахуванням сучасних підходів до догляду за волоссям дедалі більшої популярності набувають процедури «cold recovery», спрямовані на відновлення здорового стану волосся та покращення його зовнішнього вигляду. Такий підхід сприяє збереженню природного рівня зволоження, зміцненню волосся і наданню йому доглянутого вигляду. Найбільш доцільним є його застосування для сухого, пошкодженого та фарбованого волосся, оскільки він сприяє відновленню структури волосини та поліпшенню загального стану волосся.

Холодне відновлення являє собою процедуру, що здійснюється без термічної обробки та забезпечує комплексний ефект, зокрема зволоження, зниження пористості, реконструкцію внутрішньої структури волосся і заповнення мікропошкоджень. На відміну від гарячих методів, дія яких пов'язана із запаюванням кутикули, холодні способи мають глибший вплив, оскільки ґрунтуються на використанні низькомолекулярних речовин, здатних проникати в кортекс без термічного розкриття лусочок.

Ключовими активними інгредієнтами формули обрано гідролізат ламінарії та гідролізат протеїнів пшениці. Пептиди та амінокислоти пшениці адсорбуються на поверхні кутикули і частково, залежно від молекулярної маси, проникають у структуру волосини, формуючи тонку плівку, яка зменшує тертя та підвищує міцність волосся на розрив, особливо у випадку пошкодженого, освітленого або термічно обробленого волосся. Низькомолекулярні фракції переважно забезпечують зволоження

та об’єм, тоді як високомолекулярні сприяють поверхневому відновленню і згладженню кутикули [2].

Одними з найважливіших речовин у процесах відновлення волосся є амінокислоти, оскільки саме вони здатні проникати у волосяне волокно та частково компенсувати втрату структурних фрагментів кератину, покращуючи його стан.

Гідролізат ламінарії містить полісахариди бурих водоростей, зокрема фукоїдан і ламінарин, яким притаманні антиоксидантні та протизапальні властивості. Ці сполуки сприяють утриманню вологи та зменшенню оксидативного стресу, що супроводжує термічне й ультрафіолетове пошкодження волосся та шкіри голови. Саме тому морські біополімери розглядаються як перспективні компоненти сучасних засобів догляду за волоссям [3].

Розроблений шампунь (рис. 1) з системою «cold recovery» забезпечує не лише ефективне очищення шкіри голови та волосся від себуму, пилу і залишків стайлінгових засобів, а й виконує функцію делікатного догляду за довжиною волосся. Очищувальна основа поєднує поверхнево-активні речовини різної природи, що дає змогу м’яко видаляти забруднення без надмірного знежирення. Додатково до складу введено кондиціонуючі компоненти, зокрема катіонні полімери та катіонний гуар, які формують на поверхні волосся тонку захисну плівку, знижують тертя між волокнами, полегшують розчісування та надають волоссю м’якості й гладкості.



Рисунок 1 – Зразок готового шампуню

Водночас активні компоненти рецептури забезпечують відновлювальну та доглядову дію по всій довжині волосся. Гідролізат протеїнів пшениці та гідролізат ламінарії насичують волосяне волокно амінокислотами, пептидами та полісахаридами, які сприяють відновленню пошкоджених ділянок кутикули, зменшенню пористості та покращенню здатності волосся утримувати вологу.

Додатково до складу введено пантенол, β-глюкан та рослинні олії, які забезпечують зволожувальну, антиоксидантну та пом'якшувальну дію, підвищують еластичність волосся та надають йому природного блиску. Завдяки поєднанню очищувальних і відновлювальних компонентів шампунь не лише видаляє забруднення, а й сприяє покращенню загального стану волосся, що є важливим для засобів, розроблених за концепцією «cold recovery» [3].

Показники якості готового зразку шампуню наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні показники якості шампуню для холодного відновлення волосся

Параметр	Значення
pH	5,3-5,5
В'язкість	3000-7000 мПа· с
Зовнішній вигляд	Непрозорий, однорідний, без розшарування та осаду
Стабільність	5 циклів за температури 4 - 40°С
Мікробіологія	У межах норми, консервант ефективний

Висновки:

1. Ефективність засобів для холодного відновлення волосся визначається не лише за окремими компонентами, а насамперед їх раціональним поєднанням і комплексним підходом до формування рецептури.

2. Поєднання білково-пептидних фракцій пшениці з полісахаридами ламінарії підтверджує перспективність розробленого шампуню з концепцією "cold recovery", який здатний одночасно забезпечувати ефективне очищення волосся та його насичення функціональними компонентами.

Посилання

1. Fernandes, C., Medronho, B., Alves, L., & Rasteiro, M. G. (2023). On Hair Care Physicochemistry: From Structure and Degradation to Novel Biobased Conditioning Agents. Polymers, 15(3), 608.
2. Labedzka, M., Stimpson, S., Varcin, M., Grant-Ross, P., & Tamburic, S. (2014). An ex vivo comparative study of the tensile strengthening efficacy of protein-derived actives on heavily bleached hair.
3. El-Beltagi H.S. et al. Phytochemical and Potential Properties of Seaweeds and Their Applications: A Review. 2022 May 24

EFFICIENCY OF IRON AND MANGANESE REMOVAL TECHNOLOGIES FROM GROUNDWATER

Master's Students: A. V. Melnykov, A. D. Avtonomov
Supervisor: Assoc. Prof., PhD (Eng.) O. K. Nahorna
Language consultant: Assoc. Prof. Cand. Sc. (Philol), N.I. Shashkina
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI «Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture»
Dnipro, Ukraine

Groundwater is widely used for domestic and drinking water supply due to its relative protection from surface contamination and the stability of its hydrological regime. At the same time, a significant portion of groundwater is characterized by elevated concentrations of iron and manganese, which is обусловлено natural geochemical conditions of aquifers. These elements occur in water mainly in dissolved divalent forms and do not manifest organoleptically until the water comes into contact with atmospheric oxygen. After oxidation, iron and manganese form insoluble compounds that cause water turbidity, the formation of sediments and deposits in water distribution networks, and the deterioration of consumer properties of water [1].

The efficiency of iron and manganese removal technologies is determined not only by the extent to which concentrations are reduced to regulatory limits, but also by the operational stability of treatment facilities, the duration of filter runs, the intensity of filter media clogging, and overall operating costs. Contemporary studies indicate that a key factor for successful treatment is the speciation of iron and manganese in water, as well as the conditions under which their oxidation and subsequent removal from the flow occur [1].

The most widespread technological scheme for iron removal from groundwater remains the aeration–filtration method, which is based on the oxidation of divalent iron by dissolved oxygen followed by the precipitation of iron hydroxide and its retention in filters. Under favorable pH and alkalinity conditions, this scheme provides high iron removal efficiency and is characterized by relative operational simplicity. However, for manganese, oxidation by oxygen proceeds much more slowly, which necessitates the application of additional technological measures, including increasing the oxidation potential or using catalytic media [1].

The use of chemical oxidants makes it possible to significantly accelerate the conversion of iron and manganese into insoluble forms and to ensure their effective removal in filters. At the same time, such technology requires precise reagent dosing, control of reaction conditions, and consideration of the potential formation of by-products, all of which influence the overall assessment of system efficiency [3].

A separate group of technologies includes filter media with catalytic properties, particularly materials based on manganese oxides or media coated with MnO_2 . Such media provide accelerated oxidation of manganese directly on the

grain surfaces, combining catalytic action with sorptive capture of reaction products. Studies demonstrate that the use of MnOx-containing materials allows stable reduction of manganese concentrations even under conditions where conventional aeration is insufficiently effective [3].

Under conditions of properly organized aeration and stable hydraulic regimes, a biofilm forms within filters and participates in oxidation processes. Full-scale experimental studies show that biological filters can ensure high efficiency of iron and manganese removal with lower reagent consumption and reduced loading on backwashing systems [4].

The recommendations of the World Health Organization emphasize that manganese requires control not only from an organoleptic perspective but also with regard to its long-term impact on public health. In this context, treatment technologies must ensure stable compliance with drinking water quality standards within a risk-based approach to water supply management [2].

Thus, the efficiency of iron and manganese removal technologies from groundwater is determined by a combination of physicochemical and biochemical processes, the correct selection of the technological scheme, and the adaptation of operating regimes to the composition of a specific water. The integration of classical aeration–filtration solutions with catalytic or biological oxidation mechanisms makes it possible to enhance the reliability of water treatment systems and to ensure stable drinking water quality with minimal operating costs [1–4].

References

1. Propolsky D., Romanovski V**.** Iron and manganese removal from groundwater: comprehensive review of filter media performance and pathways to polyfunctional applications / *Environmental Science: Water Research & Technology*. 2025. Т. 11, № 3. С. 512–530. DOI: 10.1039/D5EW00751H.
2. World Health Organization. Manganese in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality [Електронний ресурс]. Geneva : WHO, 2022. Режим доступу: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/water-safety-and-quality/chemical-fact-sheets-2022/manganese-fact-sheet-2022.pdf
3. Shrestha A. M., Kafle B. R., Shrestha S., Kansakar D. R. Improvement of removal rates for iron and manganese in groundwater using dual-media filters filled with manganese-oxide-coated sand and ceramic / *Water*. 2024. Т. 16, № 17. Ст. 2450. DOI: 10.3390/w16172450.
4. Müller S., de Vet W. W. J. M., van Loosdrecht M. C. M., Rietveld L. C. Shifting to biology promotes highly efficient iron removal in groundwater filters / *Water Research*. 2024. Т. 247. 120902. DOI: 10.1016/j.watres.2024.120902.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ М'ЯСА НУТРІЇ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА ФОРМУВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Аспірант І.В. Момот
Керівник – доцент, канд. техн. наук В.М. Ісраелян
Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна

У сучасних умовах розвитку харчових технологій особливої актуальності набуває пошук альтернативних джерел м'ясної сировини з підвищеною харчовою та біологічною цінністю. У цьому контексті значний науково-практичний інтерес становлять нетрадиційні види м'яса, зокрема м'ясо нутрії, яке характеризується оптимальним вмістом білка, помірною кількістю жиру та сприятливими функціонально-технологічними властивостями [1].

Фізико-хімічні показники м'яса є визначальними критеріями оцінювання його харчової цінності та технологічної придатності. До ключових показників належать масова частка вологи, білка, жиру та мінеральних речовин. Відомо, що вода є домінуючим компонентом м'язової тканини (у межах 70–75 %), який істотно впливає на соковитість, консистенцію та перебіг технологічних процесів під час переробки м'ясної сировини [2,3].

За даними наукових досліджень, м'ясо нутрії характеризується високою поживною цінністю та може розглядатися як конкурентоспроможна альтернатива традиційним видам м'яса. Порівняльні дослідження свідчать, що за основними біохімічними показниками воно не поступається іншим видам м'ясної сировини та має сприятливі харчові властивості [4].

Метою дослідження було визначення фізико-хімічних показників м'яса нутрії та оцінка його потенціалу як сировини для виробництва м'ясних продуктів.

У процесі досліджень визначали масову частку вологи, водозв'язувальну здатність, вміст жиру, білка та золи із застосуванням загальноприйнятих методик аналізу м'ясної сировини.

Результати досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники м'яса нутрії

Показник	Значення, %
Волога	63,03 ± 3,97
Водозв'язувальна здатність	51,14 ± 3,74
Жир	8,8 ± 1,62
Білок	14,3 ± 0,83
Зола	1,87 ± 0,26

Аналіз отриманих результатів показав, що масова частка вологи у зразках м'яса нутрії становила 63,03 ± 3,97 %, що свідчить про достатній рівень гідратації м'язової тканини та позитивно впливає на соковитість і

консистенцію сировини. Вміст вологи є важливим фактором, який визначає вологоутримуючу здатність і величину втрат маси під час термічної обробки.

Показник вологозв'язувальної здатності на рівні 51,14 ± 3,74 % характеризує здатність м'язових білків утримувати вологу в процесі технологічної обробки, що є важливим для формування текстури та забезпечення високого виходу готової продукції.

Вміст жиру у м'ясі нутрії становив 8,8 ± 1,62 %, що дозволяє віднести його до сировини з помірною жирністю. Такий рівень жиру є оптимальним з точки зору формування смакових властивостей і енергетичної цінності продукту.

Масова частка білка 14,3 ± 0,83 % свідчить про достатню біологічну цінність м'яса нутрії, оскільки білки м'язової тканини містять повноцінний амінокислотний склад і відіграють важливу роль у харчуванні людини.

Вміст золи на рівні 1,87 ± 0,26 % підтверджує наявність у м'ясі нутрії комплексу мінеральних речовин, необхідних для нормального функціонування організму.

Таким чином, отримані результати свідчать про збалансований хімічний склад м'яса нутрії та його високий потенціал як перспективної сировини для виробництва м'ясних продуктів.

Висновки:

1. Визначено основні фізико-хімічні показники м'яса нутрії, зокрема масову частку вологи, вологозв'язувальну здатність, вміст білка, жиру та мінеральних речовин.

2. Встановлено, що м'ясо нутрії характеризується достатнім рівнем вологи 63,03 ± 3,97 %, що забезпечує сприятливі технологічні властивості сировини.

3. Показник вологозв'язувальної здатності 51,14 ± 3,74 % свідчить про ефективне утримання вологи та потенційно високий вихід готових продуктів.

4. Вміст білка 14,3 ± 0,83 % і жиру 8,8 ± 1,62 % підтверджує належну харчову та енергетичну цінність досліджуваної сировини.

5. За сукупністю досліджених показників м'ясо нутрії доцільно розглядати як перспективну сировину для розроблення та виробництва м'ясних продуктів підвищеної якості.

Посилання

1. Левченко М. В. Використання м'яса нутрій у виробництві ковбасних виробів // Таврійський науковий вісник. – 2024. – № 2. – С. 147–152.
2. Технологія м'яса та м'ясних продуктів : підручник / М. М. Клименко, Л. Г. Віннікова, І. Г. Береза та ін. ; за ред. М. М. Клименка. – Київ : Вища освіта, 2006. – 640 с.
3. Ahmad R. S., Imran A., Hussain M. B. Nutritional Composition of Meat // Meat Science and Nutrition. – IntechOpen, 2018. – DOI: 10.5772/intechopen.77045.
4. Migdał Ł. et al. A comparison of selected biochemical characteristics of meat from nutrias (Myocastor coypus Mol.) and rabbits (Oryctolagus cuniculus) // Annals of Animal Science. – 2013. – Vol. 13, No. 2. – P. 387–400.

THE RESEARCH ON ZERO LIQUID DISCHARGE TECHNOLOGIES AT DISTILLERY PLANTS

Master's Students: M. O. Nahornyi, A. O. Bakhova
Scientific supervisor: V. L. Mushket
Language consultant: Assoc. Prof. Cand. Sc. (Philol), N.I. Shashkina
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI «Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture»
Dnipro, Ukraine

Industrial enterprises in the food and biotechnology sectors are significant consumers of water resources and, at the same time, major sources of wastewater containing high concentrations of organic and mineral pollutants. Such industries include distillery plants, where a considerable amount of highly organic wastewater is generated during the production of ethyl alcohol. The main characteristics of these effluents are elevated biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD), as well as the presence of suspended solids, salts, and various organic compounds. In this regard, the implementation of technologies aimed at minimizing or completely eliminating wastewater discharge into the environment has become an important task. One of the promising solutions is the application of Zero Liquid Discharge (ZLD) systems, which ensure the complete elimination of liquid waste discharge.

ZLD systems involve a combination of technological processes aimed at the complete treatment of wastewater and its reuse in the production cycle. The main principle of such systems is the formation of a closed water cycle in which treated water is returned to the production process, while contaminants are concentrated in the form of solid residues that can be disposed of or further processed [1].

At distillery plants, the main source of pollution is the so-called spent wash, a concentrated residue generated after the distillation process. This effluent is characterized by a high content of organic substances and significant color intensity. Without proper treatment, such wastewater may pose a serious environmental risk, causing pollution of both surface and groundwater resources [2]. For effective purification of such wastewater in ZLD systems, a combination of biological, physicochemical, and membrane treatment methods is applied.

The first stage of treatment typically involves biological processing of wastewater, particularly anaerobic digestion. In this process, microorganisms decompose organic compounds with the formation of biogas, which can be used as an additional source of energy at the enterprise. The biological stage significantly reduces the concentration of organic pollutants in wastewater and prepares it for subsequent treatment stages [3].

The next stage involves the use of membrane technologies. Ultrafiltration is applied to remove suspended particles and colloidal impurities, while reverse osmosis is used to reduce the concentration of dissolved salts and organic compounds. Membrane processes allow the production of treated water suitable for reuse in industrial processes [4].

The final stage of a ZLD system involves evaporation and crystallization of concentrated solutions. In evaporation units, water is separated in the form of vapor and subsequently condensed, after which it is returned to the production cycle. The remaining salts and other solid impurities are converted into a solid form and can be disposed of or used as secondary raw materials.

The implementation of zero liquid discharge systems provides several important advantages. First, it significantly reduces the consumption of fresh water, which contributes to the rational use of natural resources. Second, the environmental impact of industrial enterprises is minimized due to the absence of wastewater discharge into natural water bodies. In addition, the use of biogas and the reuse of treated water increase the economic efficiency of the production process.

At the same time, the implementation of ZLD systems requires significant capital investment and energy consumption associated with the operation of membrane installations and evaporation units. Therefore, when designing such systems, it is necessary to consider the technological features of the production process, the composition of wastewater, and the economic feasibility of applying different treatment methods. In addition, the implementation of ZLD technologies contributes to sustainable industrial development by reducing water consumption and improving resource efficiency. The reuse of treated water within the technological cycle decreases dependence on natural water sources and helps enterprises comply with environmental regulations.

Thus, the application of zero liquid discharge systems at distillery plants is a promising direction in the development of modern wastewater treatment technologies. The combination application of biological, membrane, and thermal treatment methods makes it possible to create a closed water cycle and ensure a high level of environmental safety in industrial production.

References

1. Tong T., Elimelech M. The Global Rise of Zero Liquid Discharge for Wastewater Management: Drivers, Technologies, and Future Directions / *Environmental Science & Technology*, 2016. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01000
2. Mohana S., Acharya B., Madamwar D. Distillery spent wash: Treatment technologies and potential applications / *Bioresource Technology*, 2009. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.06.079
3. Ruhela M., Sahu M., Bhardwaj S., Ahamad F. Distillery spent wash treatment technologies: Comparative efficiency of aerobic and anaerobic processes, 2020. https://doi.org/10.26832/AESA-2020-AEPM-014
4. Yaqub M., Lee W. Zero-liquid discharge technology for resource recovery from wastewater: A review. Science of the Total Environment, 2019. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.062

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ КРІЗЬ СТІНКУ

Студент Р. М. Новоселецький
Керівники – проф., доктор техн. наук В.В. Біляєва
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Пожежа – це неконтрольований процес горіння, який становить загрозу життю та здоров'ю людей і супроводжується знищенням матеріальних цінностей.

Під час пожежі процес горіння протягом тривалого часу не піддається контролю з боку людини. Унаслідок цього можуть виникати різні небезпечні явища, зокрема: вибухи; деформація та обвалення технологічних апаратів, установок і будівельних конструкцій; скипання та викид нафтопродуктів із резервуарів; загибель, травмування або отруєння людей; виникнення паніки. Усі ці фактори значно ускладнюють обстановку під час пожежі та створюють додаткові труднощі для організації й проведення робіт з її гасіння.

Зовнішніми ознаками зони активного горіння є наявність полум'я, а також тліючих або розжарених матеріалів. Основною характеристикою руйнівної дії пожежі є температура, що розвивається при горінні [4].

Пожежі відносяться до найбільш небезпечних явищ на підприємстві і в житлових забудовах. Передбачити розвиток пожежі в усіх деталях неможливо, але прогноз вогнестійкості будівельних конструкцій є важливою задачею, розв'язок якої надає можливість прогнозувати пожежобезпечність будівель на етапі проектування об'єкту [3, 5].

Метою даної роботи є розробка прикладної математичної моделі для розрахунку прогріву стінки будівлі при внутрішній пожежі.

Математична постановка нестаціонарної задачі теплопровідності полягає в наступному. Для випадку поширення тепла по товщині вертикальної стіни можемо використати одновимірне рівняння без функції джерела:

$$c\rho\frac{\partial T}{\partial t}=\lambda\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}. \qquad (1.1)$$

В приміщенні, у якому виникла пожежа, температура зростає з часом від початкової температури T_0 до температури пожежі. Для опису зміни температури використовується стандартна крива пожежі [6], яка описує середньооб'ємну температуру у приміщенні під час пожежі в момент часу. Тому граничною умовою зі сторони приміщення з пожежею буде умова першого роду [2]:

$$T(0,t)=T_0+345\lg\left(\frac{8t}{60}+1\right). \qquad (1.2)$$

У суміжному приміщенні, яке відділене стіною заданої товщини, відбувається теплообмін між стіною та повітрям, який описується законом Ньютона [2]. Тому граничною умовою на поверхні стіни зі сторони суміжного приміщення буде умова третього роду:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x}(l,t) = -\alpha\left(T(l,t) - T_0\right). \tag{1.3}$$

Початкова умова буде мати вигляд:

$$T(x,0) = T_0. \tag{1.4}$$

За побудованою математичною моделлю було створено комп'ютерний код на алгоритмічній мові DELPHI, та було проведено обчислюваний експеримент [1]. Рівняння (1.1) розв'язувалось за допомогою неявної-різницевої схеми.

Висновки:

1. Побудовано математичну модель прогріву вертикальної стінки будівлі при внутрішній пожежі.
2. На базі побудованої математичної моделі було проведено серію обчислювальних експериментів, в результаті яких одержано час досягнення небезпечної температури в суміжному приміщенні при використанні різних будівельних матеріалів, а також встановлено залежність температури на поверхні стінки в суміжному приміщенні від часу. Розглянуто використання різноманітних будівельних матеріалів та отримані дані щодо зниження межі вогнестійкості будівельних конструкцій через наявність в них наскрізних металевих елементів.

Посилання

1. Біляєв, М., Біляєва, В., Кіріченко, П. С., Козачина, В., Полторацька, В. (2025). Математичне моделювання процесу нестаціонарної теплопровідності крізь стінку. *Наука та прогрес транспорту*, (3(111), 5–13. https://doi.org/10.15802/stp2025/337686
2. Константінов С. М. Теплообмін: Підручник. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка»: Інрес, 2005. – 304с.
3. Маляренко В. А., Герасимова О. М., Малєєв О. І. Будівельна теплофізика. Курс лекцій. ХНАМГ, Харків, 2007. – 76с.
4. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: підручник / О.П. Михайлюк, В.В. Олійник, Г.О. Мозговий. – Х.: НУЦЗУ, 2014. – 378с.
5. Шаповал С. В., Баранова А. А. Сучасні будівельні матеріали і технології, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Харків – 2017 – 98с.
6. Fuel Properties and Combustion Data, Appendix C. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Ed. 2002, p. A-41.

ЕКОЛОГО-ГІДРАВЛІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВОДОЗАБІРНИХ СПОРУД

Магістрант - Д.С. Носевич
Науковий керівник – кандидат технічних наук, доц. О.В. Нестерова
Українського державного університету науки і технологій
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
м. Дніпро, Україна

Актуальність дослідження. Надійність і ефективність функціонування систем промислового водопостачання значною мірою залежать від гідрологічного та гідродинамічного стану водних об'єктів, що використовуються як джерела водозабору. Для рівнинних водосховищ, зокрема Кам'янського, характерною проблемою є формування застійних зон у прибережних акваторіях аванпортів водозабірних споруд. За умов зниження швидкості течії в таких ділянках відбувається інтенсивне накопичення донних наносів (мулу та піску), що призводить до замулення акваторії та погіршення умов експлуатації водозаборів.

Одночасно уповільнення водообміну створює екологічні ризики, пов'язані з накопиченням органічної речовини, розвитком ціанобактерій, зниженням концентрації розчиненого кисню та утворенням продуктів анаеробного розкладу. Використання такої води в системах промислового водопостачання спричиняє біообростання трубопроводів і теплообмінного обладнання, що знижує ефективність роботи насосів і градирень. У зв'язку з цим актуальним є пошук інженерних рішень, спрямованих на оптимізацію гідродинамічного режиму акваторій водозаборів та запобігання процесам замулення і біологічного забруднення.

Мета дослідження – розробити інженерне рішення, яке ліквідує екологічно небезпечну застійну зону в акваторії водозабору Кам'янського водосховища шляхом регулювання руслового потоку.

Матеріали та методи дослідження. Для оцінки гідродинамічних умов функціонування водозабірної акваторії застосовано метод одновимірного (1D) гідродинамічного моделювання. Розрахунки виконано з використанням програмного комплексу HEC-RAS 6.6 (модуль *Steady Flow*) [1], математичною основою якого є система рівнянь руху води у відкритих руслах, що базується на класичних положеннях гідравліки [2].

Геометричну модель русла сформовано на основі актуалізованих даних оцифрованої навігаційної карти досліджуваної ділянки річки (карта №3031) [3]. Просторова схема включала основне русло, прибережну акваторію аванпорту та зону розташування водозабірних споруд.

Як розрахунковий гідрологічний сценарій обрано період літньої межені, що характеризується мінімальними витратами води у річці (приблизно 850 м³/с) та зниженими швидкостями течії. Саме в цей період формуються найбільш несприятливі гідравлічні умови, що сприяють накопиченню донних наносів і підвищують ризики екологічної деградації прибережної акваторії.

Оцінювання гідродинамічного режиму потоку та перевірка безпеки умов судноплавства здійснювалися з використанням безрозмірного критерію – числа Фруда (Fr) [4], яке характеризує співвідношення інерційних та гравітаційних сил у потоці і визначається за формулою:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \qquad (1.1)$$

де V – середня швидкість потоку, м/с; g – прискорення вільного падіння, м/с²; h – середня глибина русла, м.

Виконано гідравлічне моделювання існуючого стану аванпорту водозабірної споруди. Результати показали, що при ширині водного дзеркала 528 м і середній глибині 4,6 м транзитна швидкість потоку в зоні водоприйому становить лише 0,51 м/с, що є недостатнім для самоочищення русла. Згідно з нормативними рекомендаціями для середньозернистих пісків незамулююча швидкість повинна бути не меншою за 0,60 м/с [5]. Чисельне моделювання підтвердило наявність у прибережній зоні водозабору стійкої ділянки зниженої швидкості течії, що сприяє накопиченню наносів і розвитку біологічного забруднення.

Для усунення цих гідравлічних дисбалансів запропоновано спорудження струменеспрямовуючої дамби (шпори) з боку лівого берега аванпорту, що забезпечує звуження активного русла та концентрацію потоку в напрямку водоприймальних вікон. У результаті серії ітераційних розрахунків визначено оптимальну довжину споруди — 161 м, що зменшує ефективну ширину потоку до 367 м і формує сприятливий швидкісний режим у зоні водозабору. Порівняння гідравлічних показників до та після реалізації проектного рішення наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Зміна еколого-гідравлічних параметрів аванпорту

Параметр	Існуючий стан	Проектний стан (шпора 161 м)
Ширина активного русла (B), м	528	367
Середня швидкість потоку (V), м/с	0,51	0,65
Число Фруда (Fr)	0,09	0,11
Екологічний режим акваторії	Стагнація та замулення	Транзитний (самоочищення)

Підвищення швидкості потоку до 0,65 м/с забезпечує формування стабільного транзитного режиму в акваторії водозабору. За таких умов завислі наноси та органічні домішки ефективно транспортуються потоком і не акумулюються в зоні водоприймальних споруд, що сприяє усуненню застійної зони та зменшенню ризиків замулення.

Активізація гідродинаміки потоку покращує перемішування водних мас і аераційний режим, що знижує ймовірність розвитку патогенних мікроорганізмів, анаеробних процесів та явищ евтрофікації. Гідравлічну безпеку проектного рішення перевірено за критерієм Фруда: при швидкості потоку 0,65 м/с та середній глибині 4,6 м отримано значення, що відповідає субкритичному режиму течії та підтверджує безпечні умови судноплавства.

.

$$Fr = \frac{0{,}65}{\sqrt{9{,}81 \cdot 4{,}6}} \approx 0{,}11$$

Оскільки отримане значення значно менше за критичну межу (0,11<1), розрахунковий потік гарантовано залишається у спокійному стані. Це доводить, що зведення шпори не створює гідравлічних стрибків, стоячих хвиль чи інших загроз для водного транспорту, що прямує до шлюза.

Висновки: моделювання в HEC-RAS підтвердило, що будівництво струменеспрямовуючої шпори довжиною 161 метр є вдалим та обґрунтованим рішенням. Ми не лише захищаємо насоси водозабору від абразивного стирання піском. Головне — ми вирішуємо комплексну екологічну проблему. Штучне підвищення швидкості до 0,65 м/с гарантовано усуває застійну зону, попереджає біологічне забруднення та суттєво покращує якість води в акваторії Кам'янського аванпорту.

Посилання

1. Brunner G. W. HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual (Version 6.6) / G. W. Brunner. – Davis, CA : US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), 2020. – 1320 p. – URL: https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HECRAS_Hydraulic_Reference_Manual_v6.6.pdf
2. Chow Ven Te. Open-Channel Hydraulics / Ven Te Chow. – McGraw-Hill Classic TextBook Reissue, 1988. – 680 p.
3. Навігаційна річкова карта № 3031. Кам’янське водосховище [Електронний ресурс] // Державна установа «Держгідрографія»:[офіційний сайт].URL:https://hydro.gov.ua/wpcontent/uploads/2021/02/3031_Kamianske.jpg .
4. Даус М. Є. Загальна та річкова гідравліка : конспект лекцій / М. Є. Даус. – Київ, 2008. – 98 с.
5. Справочник по гидравлике / В. А. Большаков, Ю. М. Константинов, В. Н. Попов, В. Ю. Даденков. – 2-е изд. – Київ : Вища школа, 1984. – 343 с.

УПРАВЛІНСЬКО-ЕКОНОМІЧНІ МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНИХ НАВИЧОК НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Здобувачі фахової передвищої освіти Д.В. Петрук, О.М. Стрижеус
Керівник – доц. канд. техн. наук Л.М. Гопанчук
Волинський фаховий коледж
Національного університету харчових технологій, Україна

У роботі досліджено роль зелених навичок як ключового чинника сталого розвитку підприємств харчової промисловості в умовах екологічних, ресурсних та економічних викликів. Обґрунтовано необхідність інтеграції зелених навичок у професійну діяльність фахівців харчових технологій та економіки/фінансів. Проаналізовано вплив екологічно орієнтованих технологічних рішень на фінансово-економічні результати підприємств харчової галузі. Визначено напрями формування зелених навичок як інструменту підвищення ресурсоефективності, конкурентоспроможності та фінансової стійкості бізнесу.

Сучасний етап розвитку економіки характеризується посиленням екологічних загроз, зростанням вартості ресурсів, зміною споживчих уподобань та трансформацією ринків під впливом концепції сталого розвитку. Харчова промисловість, як одна з базових галузей економіки, водночас є значним споживачем природних ресурсів і джерелом екологічного навантаження. У цих умовах особливого значення набуває формування та розвиток зелених навичок фахівців, здатних поєднувати технологічні інновації з економічною доцільністю [1].

Особливої актуальності дане питання набуває в умовах євроінтеграції України, гармонізації стандартів із вимогами ЄС, впровадження ESG-принципів та зростання ролі сталого фінансування. У цих умовах зелені навички перестають бути факультативною компетентністю і стають стратегічним ресурсом розвитку підприємств.

Зелені навички стають невід’ємною складовою професійної компетентності як технологів харчового виробництва, так і економістів та фінансистів, які забезпечують ефективне управління ресурсами, витратами та інвестиціями. Саме синергія технологічних і фінансово-економічних рішень дозволяє підприємствам харчової промисловості досягати сталого розвитку [2].

Метою роботи є дослідження сутності та значення зелених навичок у забезпеченні сталого розвитку підприємств харчової промисловості з урахуванням технологічних і фінансово-економічних аспектів.

Сутність зелених навичок у контексті харчової промисловості полягає у тому, що зелені навички доцільно розглядати як сукупність знань, умінь і компетентностей, спрямованих на мінімізацію негативного впливу виробничої діяльності на довкілля, раціональне використання ресурсів та забезпечення екологічної безпеки. Для харчової промисловості такі навички охоплюють як технологічні, так і управлінсько-економічні компоненти [3].

До ключових зелених навичок у харчових технологіях належать:

1) застосування енерго- та ресурсозберігаючих технологій;
2) оптимізація технологічних процесів з метою зменшення відходів;
3) використання екологічно безпечної сировини та пакування;

4) впровадження принципів циркулярної економіки у виробництві харчових продуктів.

З економічної та фінансової точки зору зелені навички передбачають:

1) оцінювання економічної ефективності екологічних інновацій;
2) управління екологічними витратами;
3) інтеграцію ESG-критеріїв у фінансове планування;
4) облік і аналіз екологічних ризиків.

Технологічні аспекти формування зелених навичок полягають у тому, що технологічний компонент зелених навичок у харчовій промисловості пов'язаний із впровадженням сучасних рішень, що забезпечують зниження енергоємності та матеріаломісткості виробництва. Застосування енергоефективного обладнання, повторне використання побічних продуктів, оптимізація водоспоживання та скорочення харчових відходів є прикладами практичної реалізації зелених навичок на підприємствах галузі.

Особливої уваги потребує підготовка фахівців, здатних оцінювати екологічні наслідки технологічних рішень на всіх етапах життєвого циклу продукту – від вибору сировини до утилізації пакування. Такий підхід сприяє не лише зменшенню негативного впливу на довкілля, а й підвищенню якості та безпечності харчових продуктів.

Фінансово-економічні аспекти впровадження зелених навичок полягають у тому, що інтеграція зелених навичок у фінансово-економічну діяльність підприємств харчової промисловості дозволяє розглядати екологічні інновації як інвестиції у довгострокову конкурентоспроможність. Хоча впровадження екологічних технологій часто супроводжується зростанням початкових витрат, у середньо- та довгостроковій перспективі вони забезпечують зниження операційних витрат і підвищення фінансової стійкості.

Зелені навички економістів і фінансистів полягають у здатності здійснювати фінансовий аналіз екологічних проєктів, оцінювати їх окупність, залучати зелені інвестиції та використовувати інструменти сталого фінансування, включаючи зелені кредити та грантові програми.

Важливим є формування системи управління екологічними витратами, що дозволяє інтегрувати екологічний компонент у систему бюджетування, фінансового планування та стратегічного менеджменту.

Напрями розвитку зелених навичок:

1. Інтеграція екологічної складової у професійну підготовку технологів, економістів та фінансистів.
2. Розвиток міждисциплінарних освітніх програм.
3. Запровадження корпоративних програм підвищення кваліфікації.
4. Використання інструментів сталого фінансування.
5. Формування системи внутрішнього екологічного аудиту.

Напрями розвитку зелених навичок на підприємствах харчової промисловості це насамперед:

1. Введення екологічної компетентності в професійні стандарти: необхідно розробляти професійні стандарти, що включатимуть не лише технологічні, але й екологічні навички, зокрема здатність:

1) оцінювати життєвий цикл продукту (LCA);

2) впроваджувати принципи circular economy**;**
3) мінімізувати викиди і відходи при виробництві продуктів харчування.

Це сприятиме підвищенню ресурсоефективності виробництва в умовах зростання вартості ресурсів.

2. Освітні програми та міждисциплінарність: створення навчальних програм, що інтегрують харчові технології, фінанси та екологію, дозволить фахівцям набувати комплексних компетентностей. Такі програми мають включати:

1) зелені технології виробництва;
2) управління екологічними ризиками;
3) зелений маркетинг;
4) оцінювання ефективності «зелених» проєктів.

Це відповідає загальним світовим трендам у підготовці професіоналів для сталого бізнесу.

3. Впровадження корпоративних програм підвищення кваліфікації: підприємства повинні створювати власні внутрішні програми для підвищення компетенцій працівників:

1) тренінги з енергоефективності;
2) курси зі сталого використання ресурсів;
3) сертифікація у ESG (Environmental, Social, Governance) управлінні.

Це дозволить швидше адаптувати персонал до внутрішніх стратегій сталого розвитку.

4. Розвиток зеленого фінансування: підприємствам варто активно залучати «зелені» фінансові інструменти — наприклад, кредити під екологічні проєкти, гранти або ESG-облігації. Це потребує від фінансистів:

1) здатності розраховувати окупність екологічних ініціатив;
2) інтегрувати ESG-критерії у фінансове планування;
3) прогнозувати довгострокові прибутки від «зелених» інвестицій.

Такий підхід підсилює фінансову стійкість підприємства та відкриває доступ до нових джерел капіталу.

5. Інтеграція цифрових технологій для моніторингу та оптимізації: цифрові інструменти, такі як IoT, Big Data та ERP-системи, дозволяють підприємствам:

1) автоматизувати моніторинг енерговитрат і викидів;
2) оптимізувати логістику з урахуванням екологічних KPI;
3) прогнозувати економічні ефекти від екологічних заходів.

Це зміцнює зв’язок між технологічним та економічним вимірюванням сталого розвитку.

Отже, можемо зробити висновок про те, що:

1. Зелені навички є стратегічним ресурсом сталого розвитку підприємств харчової промисловості. Зелені навички стають ключовою складовою конкурентоспроможності підприємств харчової промисловості, адже вони дозволяють поєднувати технологічну інноваційність з економічною ефективністю у довгостроковій перспективі.

2. Синергія технологічних і фінансово-економічних компетентностей забезпечує підвищення ресурсоефективності та фінансової стійкості підприємств. Формування таких навичок має забезпечуватися не лише технологічними

змінами, а й розвитком фінансово-економічної компетентності, здатної аналізувати, фінансувати та оптимізовувати «зелені» інвестиції.

3. Інтеграція екологічних інновацій у систему управління дозволяє розглядати їх не як витрати, а як інвестиції у довгострокову конкурентоспроможність. Впровадження зелених підходів підсилює ресурсоефективність підприємств, знижує операційні витрати та сприяє сталому використанню природних ресурсів.

4. Формування зелених навичок має стати пріоритетом освітньої політики та корпоративного розвитку персоналу в умовах трансформації економіки України. Інтеграція екологічних компетентностей у професійну освіту і корпоративні стратегії підвищує довіру споживачів, відкриває доступ до «зелених» фінансових інструментів та сприяє зростанню інвестиційної привабливості.

Для реалізації цих стратегій потрібне комплексне бачення, яке поєднує технологічні, організаційні та фінансові підходи у системі управління підприємствами харчової промисловості.

Отже, розвиток зелених навичок на підприємствах харчової промисловості є не лише відповіддю на сучасні екологічні виклики, але й стратегічною умовою довгострокової економічної стабільності. Поєднання технологічних інновацій із фінансово-економічними інструментами управління дозволяє підприємствам мінімізувати ресурсні втрати, оптимізувати витрати та підвищити ефективність виробничих процесів. Формування екологічно орієнтованих компетентностей сприяє інтеграції принципів сталого розвитку у систему стратегічного планування та корпоративного управління.

У контексті трансформації економіки України та адаптації до європейських стандартів саме зелені навички стають ключовим чинником конкурентоспроможності харчових підприємств. Їх розвиток забезпечує доступ до інструментів сталого фінансування, підвищує інвестиційну привабливість бізнесу та зміцнює репутаційний капітал компаній. Таким чином, інституціоналізація зелених компетентностей у професійній освіті та практиці управління створює передумови для формування ресурсоефективної, екологічно відповідальної та фінансово стійкої моделі розвитку підприємств харчової галузі.

Посилання

1. Панко В. Аналіз екологічних цілей сталого розвитку та їх вимірність серед підприємств харчової галузі України // *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2023; (4(72)). С. 65–70.
2. Багмет В.С. Впровадження принципів сталого розвитку на харчових підприємствах України в контексті Індустрії 4.0 // *Підприємництво та інновації*. 2023.
3. Букреєва Д., Коваленко Т., Манукян А. «Зелені» стратегії для сталого розвитку підприємства та підвищення ефективності його діяльності // *Економіка та суспільство*. 2022.

РОЗРОБКА ПОЖИВНИХ СТРАВ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ

Здобувачка освіти В.І. Поварчук
Здобувач освіти М.І. Юрчишин
Керівник- викладач технологічних дисциплін О.В. Качан
Рівненський фаховий коледж інформаційних технологій, м. Рівне, Україна

У статті розглянуто актуальність розробки поживних страв швидкого приготування в умовах обмежених ресурсів. Проаналізовано особливості створення таких страв з урахуванням доступності сировини, енергозбереження та забезпечення необхідної харчової цінності. Запропоновано підходи до формування рецептур швидких страв із використанням локальних продуктів, що дозволяє підвищити їхню поживну цінність та доступність.

Сучасні соціально-економічні умови, зокрема воєнний стан, енергетичні обмеження та порушення логістичних ланцюгів постачання продуктів, зумовлюють необхідність розробки нових підходів до організації харчування. Особливої актуальності набуває створення поживних страв швидкого приготування, які можуть забезпечити організм необхідними поживними речовинами навіть за умов обмеженого доступу до ресурсів.

Раціональне харчування є важливим фактором підтримання здоров’я людини та її працездатності. У складних умовах особливо важливо забезпечити доступ до збалансованих продуктів, які мають достатню енергетичну цінність, містять білки, жири, вуглеводи, вітаміни та мінеральні речовини. Тому розробка технологій приготування поживних і водночас швидких страв є важливим завданням сучасних харчових технологій.

Важливу роль у цьому процесі відіграє використання доступної та локальної сировини, що дозволяє зменшити залежність від складних ланцюгів постачання та підвищити стійкість системи харчування.

Швидкі страви — це продукти, які потребують мінімального часу для приготування та можуть бути використані у повсякденному харчуванні. Основними вимогами до таких страв є:

- ✓ висока поживна та енергетична цінність;
- ✓ доступність інгредієнтів;
- ✓ простота технологічного процесу;
- ✓ мінімальні витрати енергії на приготування;
- ✓ можливість тривалого зберігання окремих компонентів.

У харчових технологіях при розробці швидких страв особлива увага приділяється збалансованості складу. Білки необхідні для відновлення тканин організму, жири виконують енергетичну функцію, а вуглеводи є основним джерелом енергії. Крім того, важливо забезпечити наявність вітамінів та мінеральних речовин, що підтримують нормальне функціонування організму.

У сучасних умовах доцільно використовувати продукти, які мають високу харчову цінність та доступні на місцевому ринку. До таких продуктів належать крупи, бобові культури, овочі, яйця, молочні продукти та м’ясо птиці.

Використання локальної сировини є одним із важливих напрямів розвитку сучасних харчових технологій. Місцеві продукти зазвичай є більш доступними, свіжими та мають нижчу вартість порівняно з імпортними аналогами.

До основних локальних продуктів, які можуть бути використані для створення швидких поживних страв, належать:

- ✓ картопля;
- ✓ морква;
- ✓ капуста;
- ✓ буряк;
- ✓ гречана та пшенична крупа;
- ✓ квасоля та горох;
- ✓ яйця;
- ✓ куряче м’ясо;
- ✓ молочні продукти.

На основі цих продуктів можна створювати різноманітні поживні страви, які не потребують складних технологічних процесів.

Одним із напрямів розробки швидких страв є створення рецептів, які можна приготувати з мінімальними витратами часу та енергії.

1. Гречана каша з овочами та курячим м’ясом

Ця страва характеризується високою поживною цінністю завдяки поєднанню білків, вуглеводів та клітковини. Основними інгредієнтами є гречана крупа, куряче філе, морква та цибуля. Приготування страви займає приблизно 20–25 хвилин та потребує мінімальної кількості енергоресурсів.

2. Овочевий суп швидкого приготування

Для приготування супу використовуються картопля, морква, капуста та зелень. Страва є легкою у приготуванні, містить значну кількість вітамінів і може бути приготовлена навіть за умов обмеженого доступу до кухонного обладнання.

3. Омлет із сезонними овочами

Омлет є одним із найбільш швидких і поживних варіантів харчування. Для його приготування використовуються яйця, молоко, зелень та сезонні овочі. Страва готується протягом 10–15 хвилин і має високу біологічну цінність.

Розробка таких страв має низку важливих переваг:

Швидкі страви потребують мінімальних витрат часу та енергоресурсів для приготування; доступність продуктів; використання локальної сировини дозволяє забезпечити стабільне постачання інгредієнтів; підвищення продовольчої безпеки; наявність простих рецептів поживних страв дозволяє підтримувати повноцінне харчування навіть у складних умовах; раціональне використання продуктів; простота рецептур сприяє зменшенню харчових відходів та більш ефективному використанню сировини.

Таким чином, розробка поживних страв швидкого приготування є важливим напрямом розвитку сучасних харчових технологій, особливо в умовах обмежених ресурсів. Використання доступної локальної сировини дозволяє створювати збалансовані страви, які забезпечують організм необхідними поживними речовинами та водночас не потребують значних витрат часу та енергії.

Запропоновані підходи до формування рецептур швидких страв можуть бути використані у закладах ресторанного господарства, навчальних закладах, польових умовах та в побуті. Подальші дослідження у цьому напрямі можуть бути спрямовані на удосконалення технологій приготування швидких поживних продуктів, розширення асортименту страв та підвищення їхньої харчової цінності.

Посилання

1. Архіпов В. В., Русавська В. А. Організація ресторанного господарства : навч. посіб. Київ : Центр учб. літ., 2019. 280 с.
2. Кравченко М. Ф., Попова Н. В. Інноваційні технології у ресторанному господарстві : навч. посіб. Харків : ХДУХТ, 2020. 215 с.
3. Мазаракі А. А., Пересічний М. І., Кравченко М. Ф. Технологія продукції ресторанного господарства : підручник. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2017. 680 с.
4. Пятницька Н. О. Організація обслуговування у закладах ресторанного господарства : підручник. Київ : Центр учб. літ., 2018. 584 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ МІКРОХВИЛЬОВОГО ЗАПОБІГАННЯ ГІДРАТОУТВОРЕННЯ У ПРОМИСЛОВИХ ГАЗОПРОВОДАХ

Аспірант Т.М. Подоляк
Керівник – доц., канд. техн. наук В.І. Дмитренко
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
м. Полтава, Україна

На нафтових і газових підприємствах різних регіонів світу найбільш поширеними способами підготовки природного газу є низькотемпературна сепарація або низькотемпературна абсорбція. При застосуванні таких технологій однією з актуальних проблем постає утворення газогідратних пробок у технологічному обладнанні [1].

Нині на підприємствах України для попередження гідратоутворення здебільшого використовують метанол. На території України відсутнє промислове виробництво метанолу. Це створює пряму загрозу енергетичній безпеці, оскільки безперебійність видобутку природного газу безпосередньо

корелює з наявністю необхідного обсягу інгібіторів на складах промислових об'єктів. Тому наразі безсумнівно актуальною проблемою є підвищення ефективності технології застосування метанолу для попередження гідратоутворення під час низькотемпературної обробки газу [2].

Серед технологій, що використовують для ліквідації гідратоутворення слід відмітити використання енергії високочастотних (ВЧ) і надвисокочастотними (НВЧ) електромагнітних полів (ЕМП) для руйнування газогідратів. Надвисокочастотне електромагнітне випромінення є перспективним інструментом не лише для ліквідації існуючих суцільних пробок, а й для ефективного попередження гідратоутворення у системах збору та транспортування газу. Метод забезпечує ефективне перетворення електромагнітної енергії в тепло без проміжних носіїв, дозволяє прискорити дисоціацію і знизити витрати [3].

Метою роботи є удосконалення пристрію для мікрохвильового запобігання гідратоутворення у промислових газопроводах.

В основу створення пристрою для мікрохвильового запобігання гідратоутворення у промислових газопроводах поставлено завдання зменшення застосування екологічно шкідливих інгібіторів (зокрема метанолу) шляхом введення в газопровід мікрохвильового електромагнітного випромінення [4].

Поставлена задача розв'язується тим, що приблизно в середній частині ділянки газопроводу, яка сполучає дроселюючу арматуру з низькотемпературним сепаратором, розміщено технологічну вставку з розташованим на ній мікрохвильовим електромагнітним випромінювачем (магнетроном), антена якого розташована усередині газопроводу. Таким чином, досягається введення мікрохвильового електромагнітного випромінення усередину газопроводу. Технологічна вставка з встановленим на ній магнетроном виконана знімною з привареними фланцями, що дозволяє оперативно виконувати роботи по технічному обслуговуванню обладнання. Конструктивно технологічна вставка з встановленим на ній мікрохвильовим електромагнітним випромінювачем містить послідовно зварені між собою ділянки: дифузора, прямого трубопроводу та конфузора, в просторі яких знаходиться фторопластове кільце з внутрішнім отвором, рівним внутрішньому діаметру газопроводу, та вирізом для антени випромінювача, що дозволяє уникнути пошкодження цієї антени твердими частинками газового потоку, який рухається з великою швидкістю. Фторопластове кільце не заважає проходженню мікрохвильового випромінення.

Також у кінці газопроводу, перед низькотемпературним сепаратором, встановлено діафрагму, яка слугує для відбивання електромагнітного випромінення, що дозволяє зменшити необхідну потужність магнетрона.

На рис. 1 показано загальний вигляд ділянки газопроводу від дроселюючої арматури до низькотемпературного сепаратора з встановленою на ньому технологічною вставкою з мікрохвильовим електромагнітним випромінювачем.

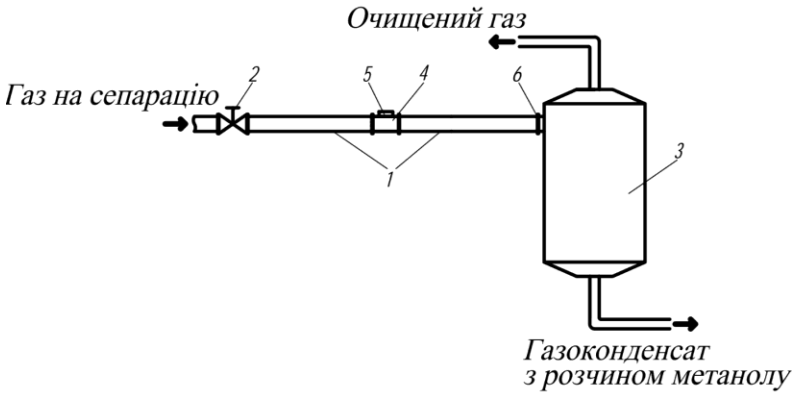


Рис. 1. Конструктивна схема ділянки газопроводу з мікрохвильовою технологічною вставкою та системою відбиття випромінювання.
1 – ділянка газопроводу; 2 – дроселююча арматура; 3 – низькотемпературний сепаратор; 4 – технологічна вставка; 5 – мікрохвильовий електромагнітний випромінювач; 6 – діафрагма (відбивач електромагнітних хвиль).

Результатом запропонованого конструктивного рішення є надійний захист антени *8* від ерозійного зносу твердими частинками потоку завдяки її розміщенню у спеціальному вирізі фторопластового кільця *4*, встановленого всередині технологічної вставки *1* (рис. 2). Сама вставка, що складається з послідовно зварених дифузора *5*, прямої ділянки *6* та конфузора *7*, забезпечує стабілізацію гідродинамічних характеристик газового середовища в зоні роботи мікрохвильового випромінювача *2* (рис. 2).

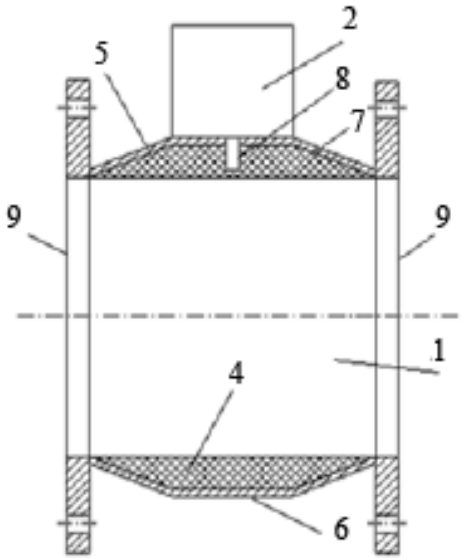


Рисунок 2 – Конструктивна схема знімної технологічної вставки з вузлом кріплення мікрохвильового випромінювача та захисним елементом
1 – технологічна вставка; **2** – мікрохвильовий електромагнітний випромінювач; **3** – кріплення; **4** – фторопластове кільце (захисний елемент); **5** – дифузор; **6** – пряма ділянка трубопроводу; **7** – конфузор; **8** – антена випромінювача; **9** – приварені фланці.

Крім того, розміщення технологічної вставки *4* з мікрохвильовим електромагнітним випромінювачем *5* приблизно у середній частині ділянки газопроводу *1*, котра знаходиться між дроселюючою арматурою *2* і низькотемпературним сепаратором *3*, дозволяє рівномірно розподілити потужність електромагнітного поля по довжині ділянки газопроводу *1* (рис. 1).

Встановлення діафрагми *6* перед низькотемпературним сепаратором *3* дозволяє відбивати електромагнітні хвилі, підвищуючи потужність електромагнітного поля усередині ділянки газопроводу *1* (рис. 1). Іншим місцем відбивання електромагнітних хвиль є дроселююча арматура *2* (рис. 1). Таке відбивання мікрохвильового випромінення залежить від довжини ділянки газопроводу *1* (рис. 1) та інтенсивності поглинання електромагнітного випромінення внутрішнім середовищем газопроводу (вода, лід, газогідрати) і може відбуватися багаторазово.

З метою зменшення аеродинамічного опору, діафрагма конструктивно виконана у вигляді семи отворів з внутрішнім діаметром D = (0,04…0,05)/f, що забезпечує надійне відбиття електромагнітного випромінення мікрохвильового електромагнітного випромінювача, який працює на частоті f, ГГц. Завдяки геометричній оптимізації діафрагми як рефлектора та захисту антени діелектричним фторопластовим середовищем, досягається максимальна концентрація електромагнітної енергії в робочій зоні при збереженні стабільної гідродинаміки газового середовища.

Для зручності технічного обслуговування, технологічна вставка 4 з встановленим на ній мікрохвильовим електромагнітним випромінювачем 5 виконана знімною, для чого до її торців приварені два фланці 12.

Для захисту антени *8* мікрохвильового електромагнітного випромінювача *2* технологічна вставка *1* складається з послідовно зварених між собою ділянок: дифузора *5*, прямого трубопроводу *6* та конфузора *7*, в просторі яких знаходиться фторопластове кільце *4* (рис. 2). Внутрішній отвір фторопластового кільця *4* рівний внутрішньому діаметру ділянки газопроводу та має виріз відповідної форми для антени *8* мікрохвильового електромагнітного випромінювача *2*, що дозволяє уникнути пошкодження антени *8* твердими частинками газового потоку (рис. 2).

Висновки:

1. Впровадження розробленої конструкції ділянки газопроводу з інтегрованою мікрохвильовою технологічною вставкою та системою відбиваючих елементів дозволить ефективно вирішити проблему гідратоутворення в процесах низькотемпературної сепарації газу за рахунок селективного поглинання електромагнітної енергії молекулами води.

2. Використання знімної вставки із захищеною фторопластовим кільцем антеною та діафрагми з оптимізованими аеродинамічними характеристиками забезпечує високу надійність обладнання та стабільність технологічного потоку, створюючи реальну можливість суттєво скоротити використання токсичних інгібіторів і знизити екологічне навантаження на довкілля.

Посилання

1. Склабінський В. І., Ляпощенко О. О. Технологічні лінії та комплекси нафто- і газопереробних виробництв : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2023. 516 с.
2. Dmytrenko V., Podoliak T. Research of methanol content in technological flows of facilities that process gas preparation by low–temperature separation method. Technology Audit and Production Reserves. 2024. № 6 (1 (80)). P. 46–53. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.318926.
3. Features of decomposition of gas hydrate when exposed to microwave radiation / M. Davletshina et al. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 919. 062071. DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/919/6/062071.
4. Кондрат О. Р., Гутак А. Д. Енергоефективна модифікація установки низькотемпературної сепарації газу. Нафтогазова галузь України. 2015. № 5. С. 26–30. URL: http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/317 (дата звернення: 17.03.2026).

АНАЛІЗ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ДЖЕРЕЛЬНОЇ, ВОДОПРОВІДНОЇ ТА ВОДИ З СВЕРДЛОВИН МІСТА КИЄВА

Студенти – І.П. Половинка, Н.В. Боярська, А.Ю. Бишевий, П.Д. Шульга
Керівник – доц., к.х.н. Н.М. Прокопчук
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Якість питної води впливає на стан здоров’я населення та екологічну безпеку територій. Питна вода повинна відповідати допустимим мікробіологічним і фізико-хімічним нормам, оскільки, перевищення цих норм спричиняє гострі або хронічні захворювання населення [1]. В Україні вимоги до якості такої води регламентуються на державному рівні документом - ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [2]. Контроль вмісту нітратів, загального заліза, сульфатів, хлоридів, а також окислюваності та загальної твердості є обов’язковим при моніторингу води та визначенні її придатності для споживання [1].

Відбір зразків здійснювали у м. Київ з кількох типових об’єктів: водопровідної мережі (квартира), двох свердловин, а також з джерела, розташованого поблизу Оріхуватського озера (Голосіївський район міста). Деякі зразки було включено до дослідження через наявність специфічного запаху або відсутність належного облаштування місця водозабору, що

викликало сумніви щодо безпечності такої води для споживання. Всього було проаналізовано 4 зразки відібрані у листопаді 2025 р.

Основною метою дослідження було визначити відповідність показників якості питної води чинним допустимим нормативам та оцінити її придатність для споживання. Кожен зразок аналізували за 13 показниками: запах, смак та присмак, водневий показник, загальна і карбонатна твердість, перманганатна окиснюваність (за Кубелем), вміст – загального заліза, нітратів, хлоридів, сульфатів, кальцію і магнію та сухий залишок.

Аналіз даних свідчить про перевищення за певними показниками допустимих норм для питної води у деяких зразках. Так, для загальної твердості при нормі ≤ 10 ммоль/дм^3 (для вод колодязів та каптажів джерел) у воді з джерела виявлено перевищення за цим показником майже в півтора рази (Рис.1). Причиною такого перевищення може бути не лише високий вмістом карбонатів у грунтових породах, але й просочування вод з озера, що знаходиться в кількох метрах від виходу води джерела.

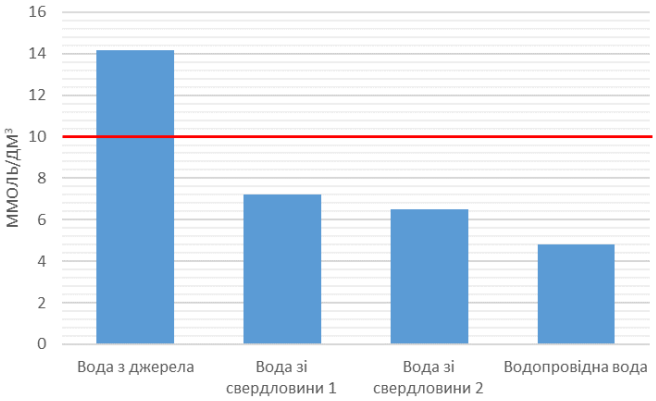


Рисунок 1 – Значення загальної твердості у зразках води

Щодо вмісту хлоридів: встановлено незначне перевищення гранично допустимої концентрації лише у зразку джерельної води (Рис. 2). Імовірним чинником підвищення є локальний антропогенний вплив. Джерело розташоване в зоні інтенсивного транспортного та пішохідного навантаження, де в зимовий період застосовуються протиожеледні матеріали на основі хлоридів натрію та кальцію. У процесі танення снігу та атмосферних опадів відбувається інфільтрація розчинених солей у ґрунтовий профіль з подальшою міграцією до водоносного горизонту. Це може зумовлювати локальне підвищення концентрації хлорид-іонів у воді природного джерела.

Перевищення нормативу (0,2 мг/дм³) за вмістом загального заліза виявлено у свердловині 1 (0,540 мг/дм³) та у водопровідній воді (0,324 мг/дм³), значення цього показника для свердловини 2 наближається до граничного значення нормативу (Рис. 3). Перевищення гранично допустимих концентрацій загального заліза характерне для зразків водопровідної води м. Києва. Це зумовлено технічним станом водопровідних мереж виготовлених з металевих труб, значна частина яких була прокладена ще у радянський

період. У процесі експлуатації внаслідок корозійних процесів відбувається міграція сполук заліза з внутрішньої поверхні труб у воду, що призводить до підвищення його концентрації у питній воді. Перевищення за цим показником у одній з свердловин може бути пов'язане не лише зі станом труб, а й з тим, що гірські породи, які формують водоносний горизонт Київщини містять катіони Fe2+, які потрапляють у воду і мігрують на поверхню з водою свердловин [3].



Рисунок 2 – Вміст хлоридів у зразках води

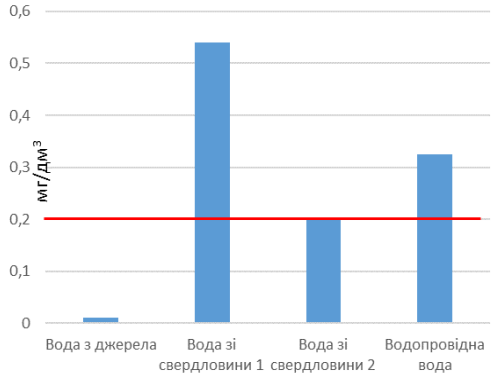


Рисунок 3 – Вміст загального заліза у зразках води

Найбільш небезпечним для здоров'я населення є виявлене перевищення нормативних значень перманганатної окиснюваності у всіх досліджуваних пробах води, що може свідчити про наявність органічних речовин та забруднення органічного походження загалом (Рис. 4). Найвищі значення цього показника зафіксовано у зразку води джерела, де перевищення нормативу становить майже в 8 разів. Вода зі свердловин також має перевищення, тоді як водопровідна вода знаходиться найближче до нормативного значення.

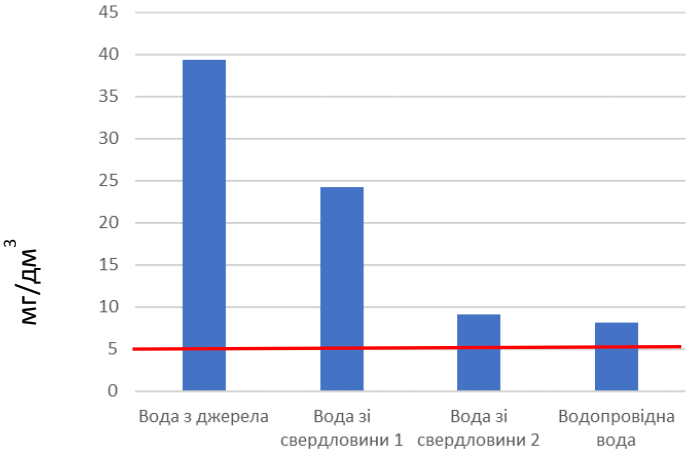


Рисунок 4 – Значення перманганатної окиснюваності (за Кубелем) у зразках води

Цікавим є те, що в усіх досліджуваних зразках не зафіксовано перевищення вмісту нітратів понад норму (50 мг/дм³), хоча значна частина території України належить до зон, вразливих до їх накопичення.

Висновки:

Було проведено аналіз відповідності показників якості питної води (водопровідна мережа, свердловини, джерело) чинним нормативам. Результати дослідження показали, що деякі зразки перевищують допустимі значення за загальною твердістю, вмістом хлоридів, загального заліза та перманганатною окиснюваністю. Зокрема, у зразку води з джерела загальна твердість перевищує норматив майже в 1,5 рази, а також спостерігається незначне перевищення вмісту хлоридів. Вміст загального заліза перевищено у водопровідній воді та у воді свердловини 1. Найбільшу потенційну загрозу для здоров'я населення становить перевищення перманганатної окиснюваності у всіх пробах, що може свідчити про наявність органічних полютантів у питній воді. Водночас важливим є факт, що вміст нітратів у всіх зразках не перевищує нормативного значення 50 мг/дм³. Отримані дані підкреслюють необхідність постійного моніторингу якості води та встановлення систем фільтрації у місцях відбору води зі свердловин та джерел.

Посилання

1. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed. Geneva: WHO, 2017 (updates 2022): [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35417116/
2. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. – Київ: МОЗ України, 2010: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text
3. Khilchevskyi V. K. Chemical composition of different types of natural waters in Ukraine|/ V. K. Khilchevskyi, S. M. Kurylo, N. P. Sherstyuk // Journal of Geology, Geography and Geoecology. - 2018. - 27(1), P. 68–80.
4. Павленко В. Визначення перманганатної окислюваності природних вод / В. Павленко, Н. Компанієць // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. – К.: НУХТ, 2014. – Ч. 2. – С. 721-722.

Подяка

Публікація підготовлена в рамках проєкту ERASMUS-JMO-2025-MODULE, 101238988-EU_NITRA_UKR: Запобігання забрудненню нітратами для здоров'я довкілля: європейський досвід впровадження Директиви про нітрати для української циркулярної економіки (Nitrate pollution prevention for health environment: European experience of the Nitrates Directive implementation for a Ukrainian circular economy).

Публікація відображає виключно позицію авторів, а відтак Європейська Комісія не може нести відповідальність за будь-яке використання даної інформації.

USE OF NATURAL COAGULANTS TO REDUCE THE COLOR OF SURFACE WATERS

Master's Students: A. S. Popovych, D.V. Artemiev
Supervisor: lecturer Ya.S. Nesterov
Language consultant: Assoc. Prof. Cand. Sc. (Philol), N.I. Shashkina
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI "Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"
Dnipro, Ukraine

Surface waters that supply drinking water systems are rarely crystal clear in their natural state. Their color is not merely an optical characteristic but also a reflection of the complex biogeochemical history of the drainage basin. Dissolved humic and fulvic acids, which enter water as a result of the decomposition of plant organic matter, form that is known as natural color. This phenomenon is particularly pronounced in low-turbidity surface waters of forest and forest-steppe zones, where the organic component dominates over the mineral one.

For a hydraulic engineer or a water treatment technologist, such water presents a specific challenge. Under conditions of low turbidity, conventional coagulation schemes often lose efficiency: floc formation slows down, the resulting sludge becomes loose, and color removal remains incomplete. For this reason, recent years have seen growing interest in approaches aimed at intensifying coagulation processes, among which the use of natural coagulants occupies a prominent place [1].

Natural coagulants are substances of plant or biopolymeric origin capable of initiating the aggregation of colloidal and dissolved organic particles in water. Unlike traditional aluminum or iron salts, they not only neutralize particle charges but also form bridging bonds between them, promoting floc growth. This constitutes their fundamental distinction and, at the same time, their advantage in the treatment of low-turbidity colored waters.

Among natural coagulants, tannin-based reagents attract particular attention from contemporary researchers. Tannins are polyphenolic compounds of plant origin capable of actively interacting with organic molecules and colloids. Review studies indicate that tannin-based coagulants can ensure significant reductions in color and organic load while demonstrating good biodegradability and a lower environmental footprint compared to conventional reagents [1]. They act sn water, gently yet persistently, gradually forming stable flocs that are easily removed during sedimentation or filtration.

Equally noteworthy are coagulants derived from plant extracts, in particular the mucilage of the cactus Opuntia ficus-indica. This natural polymeric substance has long been known in traditional water purification practices in arid regions, but only in recent decades has it become the subject of systematic scientific investigation. Experimental studies show that coagulation–flocculation using cactus

extracts can significantly reduce color and improve the sedimentation properties of sludge, which is especially important for low-turbidity waters [3].

A special place among natural coagulants is occupied by *Moringa oleifera*, a plant whose seeds contain water-soluble proteins with coagulating properties. These proteins effectively adsorb organic coloring substances and colloids, reducing both water color and turbidity. Contemporary studies confirm the feasibility of using *Moringa* as an auxiliary reagent or as a partial replacement for traditional coagulants, particularly in resource-limited settings or when focusing on environmentally sustainable water treatment [4].

At the same time, the application of natural coagulants is not a universal solution and requires a careful technological approach. Their effectiveness largely depends on the pH of the medium, water alkalinity, reagent dosage, and mixing regimes. Overdosing may lead to the introduction of additional organic matter into the water, which in turn can negatively affect subsequent treatment and disinfection stages. Therefore, most authors emphasize the need for laboratory optimization of the process using standard jar-test studies [1, 3].

Practice shows that the most promising approach is a combined one, in which natural coagulants are used as auxiliary reagents together with small doses of conventional aluminum or iron salts. Such a scheme makes it possible to reduce the overall reagent load, improve floc formation, and achieve more stable color removal without radical reconstruction of existing treatment lines [2].

Natural coagulants are not merely an alternative to conventional reagents—they represent a step toward rethinking the very philosophy of water treatment. Their use in the purification of low-turbidity colored surface waters opens new opportunities to combine engineering efficiency with environmental responsibility, which is particularly relevant under the contemporary challenges facing the water sector [1–4].

References

1. Tomasi I. T., et al. Tannin-based coagulants: Current development and prospects on synthesis. Science of the Total Environment, 2022.
2. Tomasi I. T., et al. Tannin-based coagulants: current development and prospects. Tanafloc Australia, 2022.
3. Bouaouinea O., et al. Efficiency of a coagulation–flocculation process using a cactus-based natural coagulant (Opuntia ficus-indica). Desalination and Water Treatment, 2021.
4. Zea Cobos A. G., et al. Use of Moringa oleifera as a Natural Coagulant in Water Treatment. Water (MDPI), 2024.

ФІЗИЧНІ МЕТОДИ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЯК ЧИННИК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Студент А.С. Примачук
Керівник – д-р. філософії (PhD) Н.М. Боско
Криворізький фаховий коледж торгівлі та готельно-ресторанного бізнесу м. Кривий Ріг, Україна

Сучасний процес приготування їжі неможливо без термічної обробки продуктів, яка за допомогою тепла чи холоду робить їх безпечнішими та легшими для шлунку, оскільки змінює структуру білків і вуглеводів та вбиває бактерії. Проте зміна температури має й зворотний бік: вона знижує вітамінну цінність продуктів, погіршує їхній зовнішній вигляд (колір та аромат) і збільшує споживання електроенергії.

З огляду на зростання вартості ресурсів, аспект енергозбереження стає критичним чинником у сучасних кулінарних та промислових технологіях. Оскільки термічна обробка (як нагрівання, так і охолодження) є одним із найбільш енергомістких етапів приготування їжі, оптимізація цих процесів дозволяє не лише знизити витрати, а й краще зберегти якість продуктів.

Загальновідомо, що для досягти потрібної консистенції та смаку, кулінари використовують різні температурні підходи. Якщо варіння та смаження вважаються основними прийомами, то тушкування чи запікання — це вже комбіновані формати. Для підготовки інгредієнтів часто застосовують допоміжні методи, такі як легке пасерування чи швидке оброблення окропом (бланшування) [1].

Методи теплової обробки в харчових технологіях ґрунтуються на різних способах теплопередачі, зокрема: теплопровідності, конвекції та випромінюванні. Саме особливості цих процесів вливають на ефективність енергозбереження під час процесу приготування їжі.

З шкільного курсу фізики, добре відомо, що «теплопровідність — це вид теплопередачі, який зумовлений хаотичним рухом і взаємодією частинок речовини й не супроводжується перенесенням цієї речовини» [2, 80]. Процеси пов’язані із теплопровідністю є визначальними при використанні традиційних методів, таких як варіння та смаження. У цих процесах теплова енергія передається від нагрівального елемента до поверхні посуду, а далі — безпосередньо до продукту через контактний шар, тому ефективність теплопередачі також залежить від щільності контакту та теплофізичних властивостей матеріалів. Використання сучасного посуду з феромагнітним багатошаровим дном та оптимальна геометрія нарізки продуктів дозволяють максимізувати корисну площу теплообміну [5]. Оскільки більшість харчових продуктів мають низьку теплопровідність (здатність переносити тепло від більш до менш гарячих), що залежить від їх фізичного стану, складу, густини, тиску, вологості та температури [3], швидкість прогрівання їхнього внутрішнього об’єму обмежена, вимагаючи від кулінара точного контролю температури, оскільки надмірна потужність нагріву призведе до обвуглювання поверхні при сирому центрі, що є нераціональним використанням енергії.

Окрему увагу в контексті енергозбереження слід приділити питомій теплоємності інгредієнтів та самого теплоносія. Питома теплоємність визначає кількість теплоти, яку необхідно передати одиниці маси речовини для зміни її температури на один градус ($Q = cm\Delta t$) [2]. Оскільки харчові продукти складаються переважно з води, що має аномально високу теплоємність (с=4200 Дж/(кг·^{0}С)), процес їх нагрівання потребує значних витрат енергії. Розуміння цього фактору дозволяє харчовому технологу оптимізувати процеси: наприклад, попереднє доведення продуктів до кімнатної температури перед початком обробки зменшує зміну температури, що прямо пропорційно знижує споживання електроенергії.

Не менш важливе, врахування теплоємності посуду та обладнання дозволяє використовувати ефект теплової інерції. З повсякденного життя, ми добре знаємо, що посуд із високою теплоємністю (наприклад, чавунний або з товстим багатошаровим дном) здатен зберігати значну кількість енергії та поступово віддавати її продукту навіть після вимкнення джерела нагріву. Це дає змогу завершувати процес приготування за рахунок внутрішнього тепла системи, що не лише забезпечує делікатну денатурацію білків, а й сприяє економії енергоресурів.

Передусім зазначимо, що «Конвекція — це перенос теплоти шляхом переміщення деяких об’ємів (макрооб’ємів) рідини або газу з більш нагрітої області простору в менш нагріту» [4, 212]. Під час конвекції тепло рухається разом із потоками речовини, а сусідні шари цієї речовини додатково енергією через теплопровідність. Конвективний перенос енергії від теплоносія до продукту характерний для широкого спектра кулінарних процесів: від варіння та випікання до дегідратації (сушіння) сировини.

Добре відомо, що водяна пара є одним із найпоширеніших теплоносіїв у харчовій галузі, що зумовлено ефективністю конвективного теплообміну. Головна перевага пари полягає в тому, що її енергетичний потенціал (тепловміст) залишається майже стабільним навіть при зміні тиску. Це дозволяє використовувати енергію пари багаторазово в апаратах із послідовним зниженням тиску. Наприклад, у багатокорпусних випарних установках первинна пара нагріває лише перший відділ, а всі наступні функціонують завдяки конвективному перенесенню тепла вторинною парою, що утворилася в попередньому циклі. Крім того, для підвищення енергоефективності важливо впроваджувати рекуперацію — повторне використання інших залишків тепла. Зокрема, утілізація нагрітого повітря після сушіння продуктів дозволяє замкнути тепловий цикл. Такі технологічні рішення забезпечують суттєву економію енергоресурсів та знижують собівартість готової продукції [4].

Випромінювання — це енергообмін за допомогою електромагнітних хвиль. У порівнянні з іншими видами теплопередачі, цей метод дозволяє передавати енергію безпосередньо до тіл у просторі, що значно підвищує динаміку нагрівання. Його використовують у таких процесах, як стерилізація, пастеризація, сушіння та розморожування. При цьому швидке проникнення хвиль в середину продукту, зумовлює коливання молекул, що сприяє швидкому та рівномірному нагріванню. До переваг високочастотного випромінювання відносять збереження

харчових властивостей продуктів, в тім числі корисних властивості вітамінів, мінералів, антибактеріальний ефект, зменшення часу термічної обробки продуктів, а нагрівання в об'ємі речовини зумовлює зменшення теплових втрат та часу на приготування. Швидка стерилізація, сушіння або розморожування дозволяють значно підвищити продуктивність підприємств. Варто відмітити також, що серед дослідників немає однозначності у безпечності використання високочастотного випромінювання [6]. Отже, застосування технологій випромінювання у харчовій галузі дозволяє мінімізувати теплові втрати та скоротити час обробки завдяки об'ємному нагріванню продукту. Це не лише суттєво підвищує енергоефективність і продуктивність підприємств, а й забезпечує максимальне збереження біологічної цінності та безпечності готової продукції.

Висновки:

1. Аналіз фізичних процесів під час кулінарної обробки свідчить, що раціональне приготування їжі неможливе без розуміння механізмів теплопровідності.
2. Для запобігання нераціональним втратам енергії та псуванню продуктів необхідно враховувати швидкість внутрішнього прогрівання сировини, забезпечувати максимальну щільність контакту продукту з нагрітою поверхнею, застосовувати сучасне енергоефективне обладнання та посуд, використовувати комбіновані методи обробки харчових продуктів, впроваджувати рекуперацію та безпечне високочастотне випромінювання.

Посилання

1. Шумило Г. Технологія приготування їжі : навч. посіб. Київ : Кондор, 2003. 506 с. URL: https://boguslav-vpusp.net.ua/images/Files-2018/Texnologiya_prugotuvannya_SHymulo.pdf.
2. Фізика : Підруч. для 8 кл. закл. заг. серед. освіти / Б. Г. Кремінський та ін. ; ред. С. Довгий. Київ • Харків : Ранок, 2025. URL: https://files.pidruchnyk.com.ua/uploads/book/8-klas-fizyka-bariahtar-2025.pdf.
3. Жеплінська М., Василів В. Теплофізичні властивості напівфабрикатів та харчових продуктів : довідник. Київ : ІНКОС, 2021. 206 с. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/bbdcd0f8-2d4f-4d43-a351-9ca6412f43df/content.
4. Черевко О. І., Поперечний А. М. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник. Харків : Світ Кн., 2014. 495 с. URL: https://vpusp.vn.ua/wp-content/uploads/2023/01/cherevko_poperechnyy_protsesy_i_aparaty_kharchovykh_vyrobnytstv.pdf.
5. Сальниченко І. Теплопровідність. *ФІЗИКАUA*. URL: https://www.fizykaua.com/post/teploprovidnist (дата звернення: 12.03.2026).
6. Грищишин В. Екологічні аспекти застосування високочастотного випромінювання в харчовій промисловості. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2024. № 4 (14). С. 5–8. URL: https://doi.org/10.32782/2708-4949.4(14).2024.1 (дата звернення: 12.03.2026).

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЖОЛУДЕВОГО БОРОШНА У ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ, МАКАРОННИХ І БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Магістрант К.В. Приходько
Керівник - доц., канд. техн. наук Т.Г. Філінська
Студентка А.Г. Шевченко
Керівник - старший викладач А.О. Філінська
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

На сьогодні, через дефіцит ресурсів у всьому світі, вкрай важливим питанням є використання побічних продуктів і природної сировини, яка недостатньо цінується в харчовій промисловості та обмежено використовується. Формуються сучасні тенденції сталого розвитку галузі з впровадженням безвідходних технологій і використанням нетрадиційної сировини та інгредієнтів, багатих на клітковину й інші корисні нутрієнти. Широко виконуються дослідження, що сприяють впровадженню в харчовий ланцюжок недовикористовуваної природної сировини, серед якої особливої уваги заслуговують плоди дуба (жолуді).

Дуби мають довгу історію вирощування як у Європі, так і на інших континентах. Жолуді були важливим джерелом їжі, особливо в періоди голоду, у неврожайні роки. Однак їх регулярне споживання було втрачено, і в даний час жолуді переважно слугують кормом для пасовищних тварин, але все одно більша їх частина залишається на полях без будь-якого перероблення. Окремі види жолудів з Південної Європи мають особливу характеристику: вони солодкі через нижчий вміст танінів у порівнянні з іншими видами дуба, що робить їх привабливими для використання в якості звичайного інгредієнта в раціоні людини.

У природних насадженнях України найпоширенішим і найціннішим вважається дуб звичайний [1, с.578]. Донедавна його частка в лісових насадженнях становила майже четверту частину (рис.1) [2, с.2].

Продукти перероблення плодів дуба (крохмаль, олія, білкові ізоляти, таніни та ін.) використовуються в різних галузях промисловості. Жолудевий крохмаль, який присутній в плодах дуба у значних кількостях, знаходить застосування не лише в харчових цілях, а й у виробництві біоетанолу [3, с.902], лимонної кислоти [4, с.7], при виготовленні композитів [6, с.256], у паперовому виробництві [5, с.940] та ін.

Олія з жолудів також має високий економічний потенціал для промислового застосування. За жирнокислотним складом вона близька до оливкової, характеризується високим вмістом ненасичених жирних кислот, серед яких переважають олеїнова і лінолева. Присутня в складі також насичена пальмітинова кислота та в невеликих кількостях інші жирні кислоти [7, с.2].

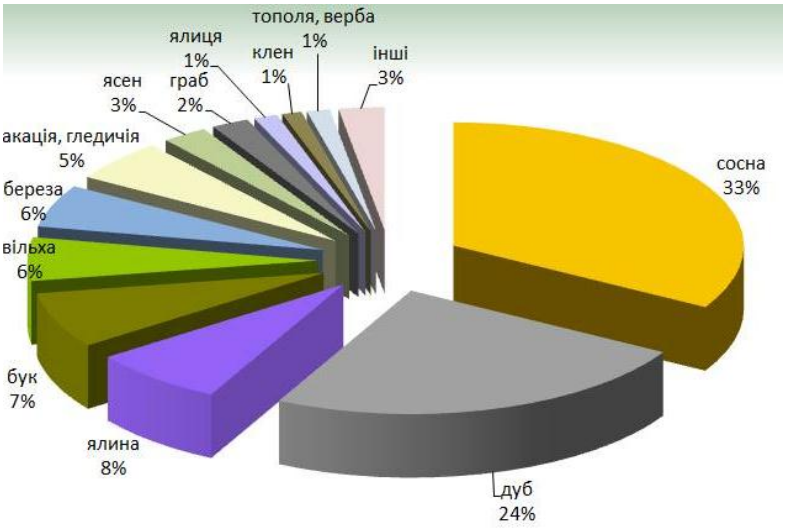


Рисунок 1 – Розподіл площі лісів України за переважаючими деревними породами

Джерело: [2]

Можливості застосування жолудевої олії, як нового харчового інгредієнта, ще повністю не вивчено. Хоча, наприклад, в португальському законодавстві вона визначена в категорії харчових олій і в шістдесятих роках минулого століття її було оцінено як сировину для харчової промисловості. Жолудева олія також може слугувати сировиною для виробництва біодизелю [8, с.386]. Жолудеві білкові ізоляти виявляють емульгуючі влвстивості як самостійно, так і в присутності біополімерів, наприклад, гуміарабіку [9, с.1868]. Присутні в плодах дуба таніни затребувані у процесах оброблення шкіри [10, с.19].

Використання жолудевого борошна є одним із способів відновлення використання цього плоду в раціоні людини, і не лише у виробництві хлібобулочних виробів, але і для багатьох інших цілей. Ресурси використання жолудів практично необмежені. Урожайність дуба може досягати 3 т/га жолудів. Виробництво жолудевого борошна в Україні на даний час є нішевим, крафтовим або експериментальним напрямком, промислові обсяги якого не фіксуються в загальних статистичних звітах. Воно позиціонується як інноваційний продукт харчової промисловості та дієтична альтернатива пшеничному борошну.

Жолудеве борошно від природи не містить глютену і є привабливим поживним і функціональним сировинним ресурсом. Воно багате на ненасичені жирні кислоти і клітковину, мінерали, вітаміни, хлорофіли, каротиноїди та інші поліфеноли, а також має високу антиоксидантну здатність [11, с.2214]. З підходу до жолудевого борошна як сировини для випічки, воно є затребуваним не лише через хлібопекарські характеристики, що сприяють заміщенню глютену, але і для поліпшення поживних властивостей безглютенового хліба, тобто підтримки збалансованої дієти. Позитивною властивістю жолудевого борошна є високий вміст крохмалю, за яким жолуді випереджають навіть пшеничне зерно. Таке борошно добре

зберігається і не втрачає поживності. Недоліком жолудевого борошна є відсутність в ньому клейковини, тому частіше за все до нього додають пшеничне у пропорції 2:1, 3:1, після чого тісто набуває всіх необхідних для хлібопечіння властивостей. Важливою передумовою використання дубових жолудів у харчуванні є необхідність підготовки. Здавна їх попередньо вимочували у проточній воді протягом кількох діб. Перед цим жолуді лущили від твердої шкірки і розтинали навпіл. У такому стані їх витримували під водою 2-3 дні. Вода вимивала з них гіркоту (таніни). Після вимочування жолуді висушували і мололи на борошно. Таке борошно може зберігатися без втрати смакових і поживних якостей протягом тривалого часу [12, с.214].

Незалежно від типу борошна, ключовими елементами хлібопекарської цінності є водопоглинаюча здатність, газоутворення при бродінні тіста, поведінка крохмалю при клейстеризації, реологічні характеристики крохмальних гелів та реологічні властивості тіста. Ці фактори визначають зміни консистенції та еластичності тіста під час змішування та формування. Жолудеве борошно може використовуватися для підвищення харчової цінності хліба і борошняних кондитерських виробів. До його поживних переваг можна віднести: відсутність глютену, високий вміст харчових волокон та мінералів, а також велику кількість біологічно активних сполук, таких як натуральні антиоксиданти, включаючи токофероли та поліфеноли. Поряд з цими перевагами жолудеве борошно також має недоліки через його нижчу хлібопекарську цінність порівняно з традиційним пшеничним борошном. Дослідження показали, що включення жолудевого борошна до рецептури викликає зміни фізичних властивостей тіста та хліба. Воно характеризується високою водопоглинаючою здатністю, що позитивно впливає на вихід тіста та хліба; проте його присутність негативно впливає на оброблюваність та еластичність тіста, внаслідок чого воно стає менш гнучким та розтяжним. Хліб, приготовлений з використанням жолудевого борошна, демонструє меншу щільність, менший об'єм, меншу пористість та більшу твердість.

Додавання жолудевого борошна до пшеничного впливає як на об'єм газів, що виділяються в процесі ферментації, так і на співвідношення газів, що виділяються і утримуються. Із збільшенням частки жолудевого борошна об'єм газів, що виділяються, максимально збільшується для суміші з 30%-вим вмістом жолудевого борошна, у той час як об'єм утримуваних газів максимально зменшується для суміші з 50%-вим вмістом жолудевого борошна. У зразках із вмістом жолудевого борошна понад 25% об'єм тіста досягає критичної точки раніше моменту, коли тісто досягає оптимальної пухкості. З погляду клейстеризації крохмалю цей процес особливо важливий у безглютеновому тісті або тісті, що включає безглютенові інгредієнти, оскільки він сприяє захопленню та утримуванню бульбашок газу в крохмальній матриці, що безпосередньо впливає на кінцевий об'єм хліба та його пористість. Візуальні відмінності у кольорі хліба, об'ємі та структурі м'якуша очевидні (рис. 2). Додавання більш високих пропорцій жолудевого

борошна призводить до одержання хліба із щільним, менш клейким м'якушем із зменшеним об’ємом. Пористість м'якушу також погіршується, а по мірі збільшення вмісту жолудевого борошна розподіл та розмір пор стають більш нерівномірними [13, с.13].

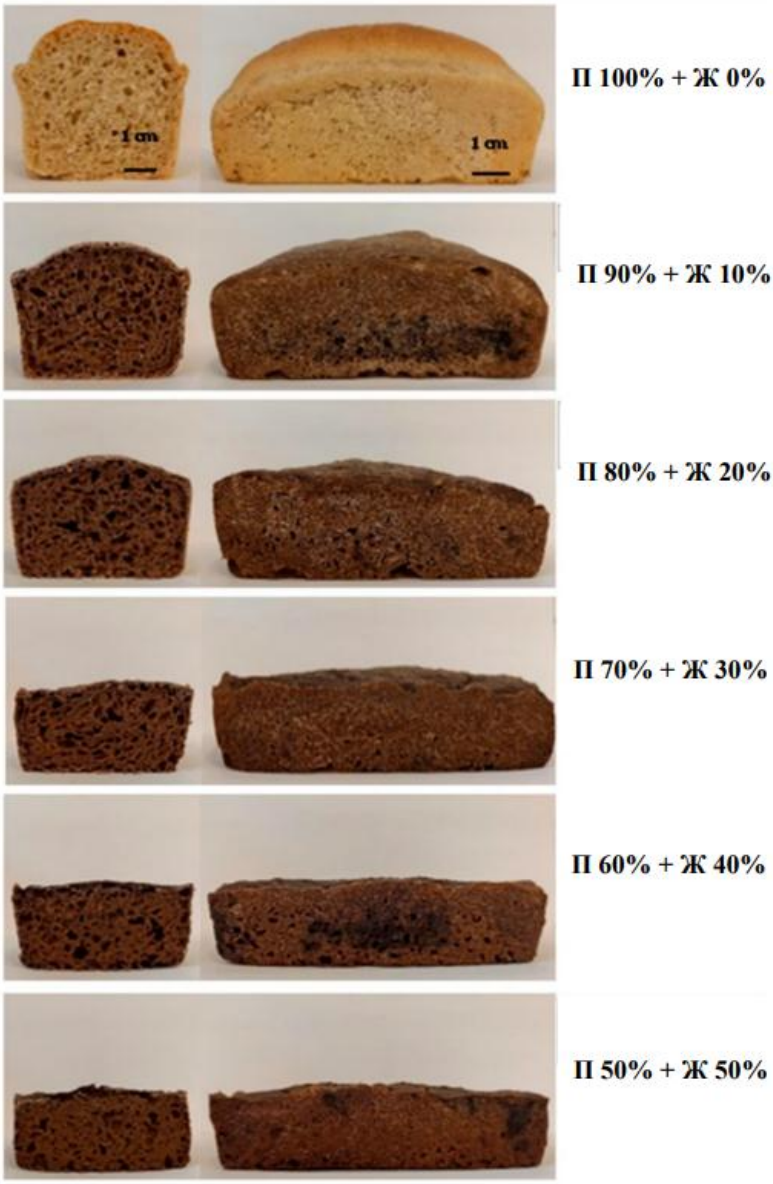


Рисунок 2 – Поперечний розріз та вид збоку зразків хліба з різним вмістом жолудевого борошна:
П –пшеничне борошно; Ж – жолудеве борошно
Джерело: [13]

На кафедрі технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції ННІ УДХТУ Українського державного університету науки і технологій досліджено можливість використання жолудевого борошна в рецептурі кексів. Виготовлені зразки кексів з різним вмістом жолудевого борошна (від 5 до 50%) різнилися як за органолептичними характеристиками (рис. 3) так і за величиною упікання та фізико-хімічними характеристиками (табл. 1) [14, с.336].

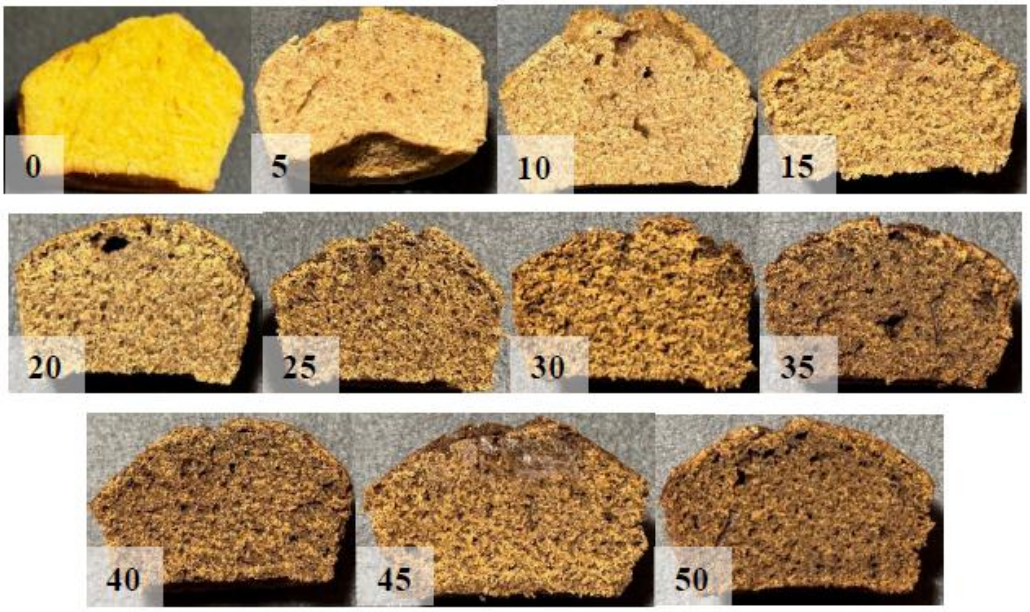


Рисунок 3 – Вигляд на зрізі кексів з різним вмістом жолудевого борошна:
5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 – вміст жолудевого борошна, %
Джерело: [14]

При збільшенні частки жолудевого борошна мало місце потемніння виробів і зменшення їх об'єму, особливо для зразків з вмістом жолудевого борошна понад 35%. Кекси з вмістом жолудевого борошна до 20% мали задовільний зовнішній вигляд: рівномірну форму; добре підрум’янену поверхню без великих тріщин та осідань. Вигляд м’якуша дослідних зразків кексів (рис. 3) також мав відмінності. Для зразків з вмістом жолудевого борошна до 20% м'якуш залишався однорідним і пористим, без грудочок чи ущільнень. За більшої концентрації функціонального компонента (жолудевого борошна) м'якуш ставав щільнішим, менш пропеченим та вологішим, що знижувало візуальну та текстурну привабливість виробу.

Вміст вологи є одним із ключових фізико–хімічних показників якості кексів, що безпосередньо впливає на їхню консистенцію, термін зберігання та стійкість до мікробіологічного псування. Оптимальний рівень вологи забезпечує м’якість і свіжість виробу, тоді як надмірна вологість може знизити стійкість до зберігання, а надто низька – призвести до сухості та крихкості продукту. Визначення вологості виконували висушуванням зразків до сталої маси згідно з ДСТУ 4910:2008 «Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин». На основі отриманих результатів досліджень встановлено, що вміст вологи в кексах з додаванням жолудевого борошна залишався відносно стабільним, його величина була в межах від 23,0% до 23,3% і знаходилася в межах норми (10 – 31%) [15, с.16].

Найнижче значення вологості (23,0%) спостерігалося у контрольному зразку без жолудевого борошна і зберігалося при додаванні останнього в кількості 5%. Загальна тенденція вказує на незначне зростання вологості для кексів з вмістом жолудевого борошна 10% і більше. Ця властивість може позитивно впливати на соковитість і м'якість готового виробу, особливо при

тривалому зберіганні. Тож можемо констатувати, що додавання жолудевого борошна не знижує показник вологості готового продукту, а навпаки – сприяє збереженню оптимального рівня вологи, що є перевагою з точки зору органолептичних властивостей та строку придатності кексів з жолудевим борошном.

Таблиця 1 – Упікання і фізико-хімічні показники кексів з різним вмістом жолудевого борошна

Вміст борошна, %	Упікання, %	Фізико-хімічні показники		
		Вміст вологи, %	Кислотність, °К	Лужність, °Л
0	6,3	23,0	0,59	0,36
5	7,5	23,0	0,67	0,40
10	7,5	23,1	0,75	0,46
15	7,5	23,1	0,75	0,50
20	7,5	23,2	0,79	0,56
25	8,2	23,2	0,84	0,60
30	8,2	23,3	0,92	0,66
35	8,2	23,2	1,00	0,70
40	9,1	23,2	1,13	0,76
45	9,1	23,1	1,17	0,82
50	9,1	23,2	1,25	0,86

Джерело: [14]

Кислотність є важливим показником якості кексів, що свідчить про свіжість виробу, правильність перебігу технологічного процесу та мікробіологічну стабільність під час зберігання. Підвищення кислотності може свідчити про початок псування продукту або про надлишок кислих інгредієнтів у рецептурі. Визначення кислотності проводили згідно з ДСТУ 5024:2008 «Вироби кондитерські. Методи визначання кислотності та лужності» титруванням водної витяжки зразків розчином гідроксиду натрію у присутності фенолфталеїну як індикатора. Кислотність виражали у градусах кислотності (°К), що відповідає кількості мілілітрів 0,1 н розчину NaOH, необхідного для нейтралізації кислот, які містяться в 100г м'якушки. Виконані дослідження вказують на збільшення показника кислотності із збільшенням частки жолудевого борошна. Останнє має вищу кислотність, ніж пшеничне, воно містить в своєму складі дубильні речовини та більше органічних кислот, що й підвищує його кислотність. Зменшити вміст дубильних речовин в жолудевому борошні, можна коригуючи температурний режим процесу вилучення з нього танінів [16, с.174].

Лужність, один з показників якості кексів, який дозволяє оцінити наявність залишкових кількостей лужних реагентів, зокрема харчової соди або інших розпушувачів, що застосовуються в рецептурі. Цей показник впливає на смак, запах і хімічну стабільність готового виробу. Надмірна лужність може призвести до появи неприємного лужного присмаку та зміни кольору м’якуша. Визначення лужності проводили згідно з ДСТУ 5024:2008

«Вироби кондитерські. Методи визначання кислотності та лужності» шляхом титрування водної витяжки зразків розчином хлоридної кислоти у присутності фенолфталеїну як індикатора. Лужність виражали у градусах лужності (°Л), що відповідає об'єму 0,1 н розчину HCl, необхідного для нейтралізації лужних компонентів, на 100 г продукту. Зі зростанням вмісту жолудевого борошна у зразках спостерігається поступове підвищення лужності. Починаючи з контрольного зразка (0 %), де лужність становила 0,36, і до зразка з 50 % жолудевого борошна, де вона досягла 0,86, спостерігається чітка тенденція до зростання, але без перевищення норми (2,0).

Упікання вказує на втрату маси виробу під час термічного оброблення, здебільшого через випаровування вологи та летких речовин. При цьому відбувається остаточне формування структури виробу, закріплення пористості, а також утворення смакових і ароматичних властивостей. На цьому етапі важливе значення відіграють температура та тривалість випікання, які залежать від виду тіста та додаткових інгредієнтів, зокрема жолудевого борошна. Наведені результати свідчать про те, що зі зростанням частки жолудевого борошна в тісті збільшується ступінь упікання, що проявляється в інтенсивнішій втраті маси через випаровування вологи. Це може бути зумовлено більш розвиненою пористістю, змінами у водозв'язуючій здатності тіста та підвищеною теплопровідністю, яку забезпечує жолудеве борошно. Отже, додавання жолудевого борошна до 50 % сприяє інтенсивному упіканню виробів.

На підставі проведених досліджень визначено оптимальну кількість жолудевого борошна (до 20%) для заміни пшеничного в рецептурі кексів, яка дозволяє отримувати корисний продукт без суттєвого негативного впливу на його показники якості.

Макаронні вироби, які відносяться до продуктів широкого вжитку, хоч і мають високу енергетичну цінність і легко засвоюються завдяки високому вмісту вуглеводів (70 %), але є незбалансованими за співвідношенням білків і вуглеводів, і не відповідають формулі раціонального харчування. Крім того, макаронні вироби не збалансовані за амінокислотним складом, зокрема, спостерігається дефіцит лізину, метіоніну. Нині 99 % макаронних виробів виготовляється з пшеничного борошна вищого сорту, яке збіднене на вітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна. Через це макаронні вироби є своєрідними рафінованими продуктами, які необхідно збагачувати біологічно активними речовинами. Цього можна досягнути використанням нетрадиційних видів сировини, що дає змогу також розширити асортимент виробів, зробити їх різноманітними за смаковими властивостями та можливістю кулінарного застосування. Розроблено рецептури макаронних виробів, до складу яких входить соєве борошна, борошно люпину та борошно солоду гороху [17, с.79]. Для поліпшення амінокислотного складу, збагачення макаронних виробів харчовими волокнами, мінеральними речовинами та вітамінами, створення виробів профілактичного призначення

пропонується використовувати відносно дешеву сировину (борошно з насіння бобових культур, овочевих і плодоягідних порошків, препаратів бета-каротину). Доведено, що за рахунок внесення пектину, карбюлози, бета-каротину макаронні вироби набувають радіозахисних властивостей та комплексоутворювальної здатності до важких металів. Для збагачення макаронних виробів вітамінами і мінералами використовують порошок суцвіття чорнобривців [18, с.107].

Перспективною сировиною макаронного виробництва може бути жолудеве борошно. Виконані дослідження фізико-хімічних, біологічно активних та технологічних властивостей макаронних виробів, виготовлених з борошна твердих сортів пшениці, частково заміненої жолудевим борошном у кількості 10%, 20% та 30%. Додавання останнього істотно вплинуло на харчовий склад макаронних виробів, призвівши до збільшення загального вмісту фенольних сполук і флавоноїдів та антиоксидантної активності порівняно з контрольним зразком. Найбільш високі значення вказаних показників були виявлені у зразках, що містять 20% та 30% жолудевого борошна. Однак збільшення кількості жолудевого борошна, що використовується в процесі виробництва макаронних виробів, призводить до помітного потемніння кольору макаронів (рис.4)[19, с.3578].



Рисунок 4 – Колір зразків макаронних виробів з різною кількістю доданого жолудевого борошна

Джерело: [19]

У виробництві безглютенових макаронних виробів досліджено рецептури з частковою (50%) і повною (100%) заміною жолудевим борошном рисового *[20, с.160]*. Харчова цінність, органолептичні властивості, антиоксидантна активність та кулінарні властивості цих рецептур порівнювалися з контрольним зразком, повністю виготовленим із рисового борошна. Додавання жолудевого борошна покращило харчовий профіль за рахунок збільшення вмісту клітковини та ліпідів, а також значно підвищило рівень фенольних сполук та антиоксидантну активність, особливо у

макаронних виробах, виготовлених зі 100% жолудевого борошна. Органолептичний аналіз нових макаронних виробів виявив істотні відмінності між рецептурами. Макарони, виготовлені зі 100% жолудевого борошна, характеризувалися інтенсивним коричневим кольором, більш солодким смаком і характерним запахом, що нагадує запах вареного сусла. Результати досліджень підтверджують потенціал жолудевого борошна як функціонального безглютенового інгредієнта у виробництві макаронних виробів.

Висновки:

1. Продукти перероблення плодів дуба - перспективна сировина для багатьох галузей промисловості.
2. Виготовлення жолудевого борошна потребує стадії вилучення дубильних речовин.
3. Використання жолудевого борошна при виготовленні борошняних виробів призводить до суттєвої зміни кольору, що обмежує його кількості в рецептурному складі.
4. Відсутність в жолудевому борошні клейковини, потребує використання його у суміші з пшеничним для набуття всіх необхідних для хлібопечіння властивостей.
5. Жолудеве борошно багате на ненасичені жирні кислоти і клітковину, мінерали, вітаміни, хлорофіли, каротиноїди та інші поліфеноли, має високу антиоксидантну здатність, що робить цінною сировиною.
6. Враховуючи вагому частку дубів в лісових насадженнях України, дослідження продуктів перероблення жолудів наразі є актуальними.

Посилання

1. Гордієнко М. І., Гузь М. М., Дебринюк Ю. М., Маурер В. М. Лісові культури. Підручник. – Львів: Камула, 2005 – 608 с. Електронний доступ: https://shron1.chtyvo.org.ua/Hordiienko_Mykhailo_Ivanovych/Lisovi_kultury.pdf
2. Загальна характеристика лісів України. Державне агенство лісових ресурсів України. Електронний доступ: https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini
3. Chao B., Liu R., Zhang X., Zhang X., Tan T. (2017) Tannin extraction pretreatment and very high gravity fermentation of acorn starch for bioethanol production. *Bioresource Technology*, Vol. 241, p. 900-907. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.026.
4. Zhang, N., Jiang, JC., Yang, J. *et al.* (2019) Citric Acid Production from Acorn Starch by Tannin Tolerance Mutant *Aspergillus niger* AA120. *Appl Biochem Biotechnol* Vol.188, p.1-11. https://doi.org/10.1007/s12010-018-2902-4
5. Khaksaar, A.B., Jalali Torshizi, H. & Hamzeh, Y. (2023). Valorization and Development of Acorn Starch as Sustainable and High-Performance Papermaking Additive for Improving Bagasse Pulp and Paper Properties. *Waste Biomass Valor*, Vol.14, p.937–947. https://doi.org/10.1007/s12649-022-01912-9
6. Shouhai Li, Jianling Xia, Yuzhi Xu, Xuejuan Yang, Wei Mao, Kun Huang (2016) Preparation and characterization of acorn starch/poly(lactic acid) composites modified with functionalized vegetable oil derivates, *Carbohydrate Polymers*, Vol.142, p.250-258. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.01.031

7. Taib, Mehdi, Bouyazza, Lahboub, Lyoussi, Badiaa, Acorn Oil: Chemistry and Functionality, *Journal of Food Quality*, 2020, 8898370, 11 pages, 2020. https://doi.org/10.1155/2020/8898370
8. Hülya Karabas (2013) Biodiesel production from crude acorn (*Quercus frainetto* L.) kernel oil: An optimisation process using the Taguchi method, *Renewable Energy*, Vol.53, p.384-388. https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.12.002.
9. Naderi, B., Keramat, J., Nasirpour, A., & Aminifar, M. (2020). Complex coacervation between oak protein isolate and gum Arabic: optimization & functional characterization. *International Journal of Food Properties*, *23*(1), 1854–1873. https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1825484
10. Ersin Onem, Gurbuz Gulumser, Seref Akay, Ozlem Yesil-Celiktas (2014) Optimization of tannin isolation from acorn and application in leather processing, *Industrial Crops and Products*, Vol.53, p.16-22. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.014.
11. Beltrão Martins R.B., Gouvinhas I., Nunes M.C., Ferreira L.M., Peres J.A., Raymundo A., Ana I.R.N.A. Barrosю (2022) Acorn flour from holm oak (Quercus rotundifolia): Assessment of nutritional, phenolic, and technological profile. *Current Research in Food Science*, Vol.5, p. 2211-2218. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.11.003 .
12. Терлецький В.К. Нетрадиційні продукти харчування. Сучасні оздоровчо-реабілітаційні технології: Зб. наук. праць. - Луцьк: Луцький інститут розвитку людини Університету „Україна", 2006. - № 2. - 242 с.
13. Szabłowska E., Tańska M. (2025) Effects of Acorn Flour Addition on Baking Characteristics of Wheat Flour. *Foods*, Vol. 14(2), p. 1-17. https://doi.org/10.3390/foods14020190
14. Філінська, Т., Приходько К., & Філінська, А., Черваков О. (2025). Дослідження впливу кількості жолудевого борошна на показники якості кексів. *Технічні науки та технології*, 4 (42), с. 333–343.
15. Палько Н. С., Давидович О. Я., Заяць С. В., & Горобець О. М. (2024). Удосконалення технології кексів з використанням нетрадиційної сировини. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*, (2), 12-17. https://doi.org/10.37734/2518-7171-2024-2-2
16. Дослідження впливу термічного оброблення жолудів на властивості отримуваних продуктів / Філінська Т.Г., Приходько К.В., Філінська А.О. / VII Всеукраїнська науково практична конференція «Стан і перспективи розвитку хімічної, харчової та парфумерно-косметичної галузей промисловості» 30 травня 2025 року, м. Хмельницький, ХНТУ, С.173-175.
17. Юрчак, В. Г. Проблема вдосконаленности асортимента макаронных изделий / В. Г. Юрчак // Вісник КНТЕУ. - 2002. - № 2. – С. 76–81. https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/d1b581ba-1e3a-4c43-ac03-32cb9fe494b7/content
18. Шаповалова Н., Вежлівцева С., Антюшко Д. (2021) Споживні властивості локшини з використанням порошку суцвіття чорнобривців (Tagetes L.). *Товари і ринки,* №4, с. 102–112. https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(40)10
19. Gülüm, L., Köksal, S.E., Güler, E., Kelleci, O., & Tutar, Y. (2025). Acorn Flour Pasta: Functional and Technological Aspects. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*.Vol. 13, № s2, p.3570-3582. https://doi.org/10.24925/turjaf.v13is2.3570-3582.8190
20. Ailoaiei A.-M., Vurro F., Natrella G., Squeo G., Pasqualone A. / Gluten-Free Fresh Pasta from Acorn Flour: Valorisation of Marginal Land Resources / *3rd International Trainee Symposium in Agri-Food, Nutrition, and Health, 15-17 octobre 2025, Manitoba - Canada. Електронний доступ:* https://hdl.handle.net/11586/552200

INTENSIFICATION OF BIOLOGICAL TREATMENT PROCESSES FOR MUNICIPAL WASTEWATER

Master's Students: Y. V. Rukavishnikova, D. V. Khmel
Supervisor: Assoc. Prof., Cand. Sc. (Tech) O. K. Nahorna
Language consultant: Assoc. Prof. Cand. Sc. (Philol), N.I. Shashkina
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI «Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture»
Dnipro, Ukraine

Municipal wastewater treatment is an important element in ensuring the environmental safety of water bodies and the rational use of water resources. A significant portion of surface water pollution is associated with the discharge of nitrogen and phosphorus compounds, which cause eutrophication processes, deterioration of water quality, and disruption of aquatic ecosystems [1]. Therefore, increasing the efficiency of nutrient removal from municipal wastewater is an important task for modern wastewater treatment technologies.

The most widely used technology for municipal wastewater treatment is the biological method based on the activated sludge process. The efficiency of this process largely depends on the concentration of microorganisms in the bioreactor, which is characterized by the mixed liquor suspended solids (MLSS) concentration. Increasing the concentration of activated sludge allows for intensifying biochemical processes of organic matter oxidation and the transformation of nitrogen compounds [2]. Higher MLSS concentrations also contribute to improved stability of the biological treatment process under variable hydraulic and organic loading conditions.

An important direction for improving biological wastewater treatment technology is the intensification of nitrification and denitrification processes. Nitrification involves the biological oxidation of ammonium nitrogen to nitrites and nitrates with the participation of nitrifying bacteria, while denitrification ensures the reduction of nitrates to molecular nitrogen. In systems with an increased concentration of activated sludge, favorable conditions are created for the simultaneous occurrence of these processes, which improves the efficiency of nitrogen removal from wastewater [3].

In addition to nitrogen removal, phosphorus removal is also an important task for modern wastewater treatment plants. One of the effective methods is the technology of Enhanced Biological Phosphorus Removal (EBPR) [4]. This process is based on the ability of phosphorus-accumulating microorganisms to store phosphorus in their cells in the form of polyphosphates. To ensure the effectiveness of this process, technological treatment schemes include alternating anaerobic and aerobic zones, which create the necessary conditions for the development of these microorganisms.

Increasing the concentration of activated sludge in aeration tanks contributes to an increase in microbial biomass involved in biological treatment processes. This

ensures more intensive transformation of organic and inorganic pollutants and increases the stability of the treatment system under fluctuating organic loads. At the same time, it is important to maintain optimal conditions for the functioning of the microbial community, including sufficient dissolved oxygen concentration, optimal temperature, and adequate hydraulic retention time in the bioreactor [2].

The application of technologies with a higher concentration of activated sludge allows intensifying biological treatment processes without a significant increase in the volume of treatment facilities. This is particularly important for the reconstruction and modernization of existing municipal wastewater treatment plants, which often operate under overloaded conditions. The implementation of such technological solutions contributes to improving the efficiency of nitrogen and phosphorus removal and ensures that treated wastewater meets modern environmental standards.

Furthermore, the intensification of biological treatment processes can also be achieved through the optimization of operational parameters of aeration tanks, such as sludge age, dissolved oxygen concentration, and hydraulic retention time. Proper control of these parameters contributes to maintaining stable microbial activity and improving the efficiency of nutrient removal. Modern wastewater treatment plants increasingly apply advanced monitoring and automation systems that allow real-time control of biological processes and ensure stable operation of treatment facilities under varying load conditions.

Thus, increasing the concentration of activated sludge is an effective approach to intensifying biological treatment of municipal wastewater. The combined implementation of nitrification, denitrification, and enhanced biological phosphorus removal processes makes it possible to significantly improve the quality of treated water and reduce the negative environmental impact of wastewater discharge. Further research in this area will contribute to the improvement of wastewater treatment technologies and the increased efficiency of treatment facilities.

References

1. Abdoli S. et al. (2024) A Review of the Efficiency of Phosphorus Removal Technologies in Wastewater Treatment. *Water*. https://doi.org/10.3390/w16172507
2. Razzak S.A. (2024) Recent advances in sustainable biological nutrient removal from wastewater. *Cleaner Water*. https://doi.org/10.1016/j.clwat.2024.100047
3. Bai X., McKnight M. M., Neufeld J. D., Parker W. J. (2023) Simultaneous nitrification, denitrification and phosphorus removal in wastewater treatment. *Bioresource Technology*. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128261
4. . Oehmen A., Lemos P., Carvalho G., Yuan Z., Keller J., Blackall L. Advances in enhanced biological phosphorus removal: From micro to macro scale. *Water Research*, 2007. https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.07.018

ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЧАРУ В СИСТЕМАХ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Студент А. Р. Стеценко
Керівник – викладач-методист О. М. Орихівська
Відокремлений структурний підрозділ «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету», м. Полтава, Україна

Загальноприйняті практики інтенсивного землеробства в поєднанні з недостатнім поповненням ґрунту калієм за допомогою традиційних неорганічних добрив призводять до негативного впливу на навколишнє середовище через поступове виснаження різних форм запасів калію в ґрунтах. Біовугілля має значний потенціал для підвищення доступності калію за допомогою кількох різних механізмів, які зрештою прямо чи опосередковано призводять до збільшення поглинання калію рослинами. Непрямі механізми включають головним чином підвищену здатність до утримання калію завдяки властивостям біовугілля, таким як висока катіонообмінна здатність, пористість та питома площа поверхні, тоді як пряме постачання калію може бути забезпечене багатими на калій джерелами біовугілля за допомогою спеціально розроблених методів виробництва [1].

Біочар (біовугілля) – це продукт піролізу біомаси, що виробляється та використовується людством уже упродовж кількох тисяч років і найбільш відомий як деревне вугілля. Піроліз – це термохімічне розкладання палива при підвищених температурах і без додавання зовнішнього кисню. Вихід біочару в результаті цього процесу залежить від типу біомаси. Температура є основною умовою робочого процесу, яка визначає ефективність продукту. Як правило, вихід біочару зменшується, а синтез-газу збільшується, коли температура підвищується під час процесу піролізу. Піроліз може бути швидким і повільним, залежно від швидкості нагрівання, температури, часу перебування біомаси в реакторі та тиску [6, с. 170–171; 5, с. 71].

Більшість біомаси складається з целюлози, геміцелюлози та лігніну. Ці компоненти перетворюються на біочар за допомогою різних механізмів. Розкладання целюлози відбувається шляхом зменшення ступеню полімеризації: через повільний піроліз або через швидкий піроліз із утворенням левоглюкозану та гідроксиметилфурфуролу, який через реакції ароматизації та полімеризації знову дає біочар. Механізм розкладання геміцелюлози подібний і включає декарбоксилювання та деполімеризацію. Найскладнішим є розкладання лігніну, де розрив зв’язків β-O-4 призводить до утворення вільних радикалів, які, захоплюючи протони, формують стабільні вуглецеві сполуки [6, с. 170–171].

В умовах аграрного виробництва України основною масою органічних відходів є залишки соняшника, кукурудзи, солома злакових та бобових культур, ріпаку, а також деревні відходи (кора, тирса). Біовідходи мають такі

переваги: доступність, низька вартість, короткий цикл відновлення, хімічна стабільність та вуглецева нейтральність [4, с. 38]. Окрім можливості для утилізації залишків біомаси, біочар має важливі екологічні переваги, такі як пом'якшення наслідків зміни клімату та зменшення вимивання поживних речовин. У процесі отримання біочару карбонізація розкладає частину біомаси, але зберігає значну частину вмісту вуглецю у кінцевому продукті, що дозволяє використовувати його як замінник викопним носіям вуглецю [2; 5, с. 71]. Використання біовугілля як ґрунтової добавки для відновлення навколишнього середовища інтенсивно вивчалося протягом останнього десятиліття. Його застосування може суттєво змінити фізичні, гідрологічні та механічні властивості ґрунтів. Додавання біовугілля впливає на ґрунтово-інженерні властивості, що важливо для геоекологічних застосувань. Проте різноманітні характеристики біовугілля, отриманого з різних сировинних матеріалів за різних температур піролізу, роблять необхідним індивідуальний підхід до аналізу механізмів модифікації ґрунту [3]. Незважаючи на академічний інтерес, біовугілля ще не використовується у великих масштабах через економічну недоцільність порівняно з мінеральними добривами, а також через скептицизм або недостатню поінформованість фермерів щодо його впливу [2].

Висновки:

1. Біочар володіє високим потенціалом для підвищення доступності калію в системах органічного землеробства через пряме постачання поживних речовин та покращення катіонообмінної здатності ґрунту.
2. Фізико-хімічні властивості біочару, такі як пористість та розвинена площа поверхні, дозволяють суттєво трансформувати гідрологічні та інженерні характеристики ґрунтів, підвищуючи їх стійкість до екологічних стресів.
3. Процес піролізу сільськогосподарських відходів (кукурудзи, соняшника, соломи) є ефективним методом депонації вуглецю та зменшення викидів парникових газів, що відповідає вимогам екологічної безпеки.
4. Для масштабного впровадження біочару в агровиробництво необхідно враховувати тип вихідної сировини та температурні режими піролізу, що безпосередньо впливають на якість кінцевого продукту та його взаємодію з ґрунтовим комплексом.

Посилання

1. Bilias F., Kalderis D., Richardson C., Barbayiannis N., Gasparatos D. Biochar application as a soil potassium management strategy: A review. *Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 858. DOI : https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159782.
2. Campion L., Bekchanova M., Malina R., Kuppens T. The costs and benefits of biochar production and use: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 408. DOI : https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137138.

3. Lu Y., Gu K., Shen Z., Tang C.-S., Bin S., Zhou Q. Biochar implications for the engineering properties of soils: A review. *Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 888. DOI : https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164185.
4. Мазурак О., Мазурак І., Разанова А., Ковалів Ю. Біовугілля з сільськогосподарських відходів: технології сталого розвитку. *Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія «Агрономія»*. 2025. № 29. С. 37–43. DOI : https://doi.org/10.31734/agronomy2025.29.037.
5. Макарчук Б. М. Застосування біочару у органічних технологіях польових культур. Матеріали XI Всеукраїнської науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти за підсумками наукових досліджень 2023 року, м. Запоріжжя, 2024 р. Запоріжжя, 2024.
6. Ткаченко А., Сагдєєва О. Аналіз методів виробництва біочару для використання в якості добавки для компостування. *Екологія. Людина. Суспільство* : матеріали XXIII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 7 грудня 2023 р. Київ, 2023. DOI : https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.291565.

TREATMENT OF SURFACE RUNOFF FROM RAILWAY TRACKS

Master's students: Ye. D. Tretiakov, D.V. Grigoryan
Supervisor: Assoc. Prof., PhD (Eng.) O.V. Nesterova
Language consultant: Assoc. Prof. Cand. Sc. (Philol), N.I. Shashkina
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI "Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"
Dnipro, Ukraine

Surface runoff from railway tracks is not ordinary rainwater. It is a water flow that entrains impurities characteristic of transport infrastructure: petroleum hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), heavy metals, and fine particulate matter. Scientific reviews emphasize that PAHs and heavy metals are among the most typical and hazardous groups of contaminants associated with railway transport, and that they can accumulate in adjacent environments, creating long-term ecological risks [1]. Such "transport-derived admixtures" are dangerous for aquatic ecosystems not only because of their toxicity but also due to their ability to accumulate in bottom sediments, altering water quality for years to come.

Therefore, the treatment of runoff from railway infrastructure is not merely a technical operation but a matter of environmental responsibility and the protection of water bodies. It begins with a simple engineering principle: first remove the solids, then separate the light fractions, and only afterwards polish the fine contaminants. This sequence embodies the logic of most effective treatment schemes.

The first barrier is the mechanical removal of suspended solids. The solid phase often carries a significant share of metals and organic impurities: dust particles, rust fragments, brake wear products, and ballast fines. Sedimentation basins, grit chambers, channels with reduced flow velocity, and local retention units are applied at this stage. For railway facilities, it is crucial that these elements be resistant to peak inflows and easy to maintain, as runoff arrives unevenly, in pulses, and the system must withstand these surges without allowing contaminants to pass downstream.

The second barrier is the separation of petroleum products. On railways, sources of hydrocarbons are diverse: lubricants, technical fluids, micro-leakages, and accidental spills. Therefore, at runoff collection points in potentially "oily" areas (stations, depots, sidings, maintenance zones), oil separators—particularly coalescing types—are employed. European practice widely follows the approach described in Standard EN 858 (selection, installation, operation, and maintenance of light liquid separators), where separation is based on density differences and droplet coalescence [2]. For engineers, this implies a straightforward requirement: if an oil separator is installed, it must be correctly selected and regularly maintained; otherwise, even the "best" separator becomes merely a decorative tank.

However, railway runoff is not limited to "oil plus sand." The third barrier involves advanced treatment of dissolved and colloidal impurities, including fractions of organic matter and metals in mobile forms. This is where technological creativity begins: filter strips, sorptive media, and bioengineering solutions. Contemporary research is explicitly aimed at developing compact and scalable systems that can be integrated into existing infrastructure. A representative example is the development of filtration strips using natural sorbents (notably diatomite-based materials) specifically for the treatment of railway runoff, with a focus on practical implementation and pollutant removal efficiency [3]. Such solutions are valuable because they function as "passive technologies": they do not require complex energy inputs yet provide an additional barrier against pollutant release into the environment.

In parallel with treatment technologies, Best Management Practices (BMPs) for infrastructure runoff are actively being evolved worldwide, combining source control, detention, filtration, and safe discharge. Notably, specialized stormwater management manuals distinguish solutions for light rail systems, emphasizing the selection of runoff control and treatment practices that account for the specific characteristics of the transport corridor [4]. This serves as an important signal: railway runoff constitutes a distinct category, and simply replicating urban drainage schemes without adaptation is insufficient.

In conclusion: an effective system for treating surface runoff from railway tracks is typically multi-stage, including detention and sedimentation (to remove the bulk of suspended solids), oil separation (to intercept light fractions), advanced treatment via filtration and/or sorption (to reduce concentrations of "fine" pollutants), and operational control (regular sludge removal, inspection of separators, and water quality monitoring).

References

1. Wiłkomirski B., Sudnik-Wójcikowska B., Galera H., Wierzbicka M., Malawska M. Railway transportation as a serious source of organic and inorganic pollution // Water, Air, & Soil Pollution. 2011. (Публікація у відкритому доступі на платформі NCBI/PMC) [Електронний ресурс]. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3096763/
2. Adler & Allan. Quick Guide: BS EN 858-2:2003 (separator systems for light liquids; selection, installation, operation and maintenance) [Електронний ресурс]. 2023. https://www.adlerandallan.co.uk/knowledge/quick-guide/bs-en-858-2-2003
3. Ilyasov O. et al. Environmental protection of railway wastewater using diatomite sorbent… (оцінка ефективності фільтраційної смуги для очищення залізничного стоку) // Extrica : PDF, 2025 [Електронний ресурс]. https://www.extrica.com/article/25627/pdf
4. Washington State Department of Ecology. 2024 Stormwater Management Manual for Eastern Washington (розділ із BMPs для light rail) [Електронний ресурс]. 2024. https://apps.ecology.wa.gov/publications/documents/2410014.pdf

РОЗВИТОК У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ: ВИКОРИСТАННЯ ЛОКАЛЬНОЇ ТА СЕЗОННОЇ СИРОВИНИ

Здобувачка освіти Д.О. Холодюк
Здобувачка освіти К.В. Красовська
Керівник- викладач технологічних дисциплін О.В. Качан
Рівненський фаховий коледж інформаційних технологій, м. Рівне, Україна

У статті розглянуто значення використання локальної та сезонної сировини в сучасних харчових технологіях як важливого елементу сталого розвитку. Проаналізовано переваги застосування місцевих продуктів у технологіях виробництва харчових продуктів і страв, зокрема зменшення негативного впливу на довкілля, підтримку місцевих виробників та підвищення харчової цінності продукції. Визначено основні напрямки впровадження принципів сталого розвитку у закладах ресторанного господарства та харчовій промисловості.

Сучасний розвиток харчових технологій нерозривно пов’язаний із принципами сталого розвитку, що передбачають раціональне використання природних ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та забезпечення продовольчої безпеки. У зв’язку зі зростанням екологічних проблем та глобалізацією ринку харчових продуктів все більшої актуальності

набуває використання локальної та сезонної сировини у виробництві харчової продукції.

Використання місцевих продуктів дозволяє скоротити транспортні витрати, зменшити викиди парникових газів та підтримати розвиток локальних фермерських господарств. Крім того, сезонна сировина характеризується високою якістю, свіжістю та більшою харчовою цінністю. Саме тому впровадження принципів сталого розвитку у харчових технологіях стає важливим напрямом розвитку сучасного ресторанного господарства та харчової промисловості.

Сталий розвиток у сфері харчових технологій передбачає поєднання економічних, екологічних та соціальних аспектів виробництва харчових продуктів. Одним із ключових напрямів реалізації цих принципів є використання локальної та сезонної сировини.

Локальна сировина — це продукти, що вирощуються або виробляються в певному регіоні та постачаються на підприємства харчування без значних транспортних витрат. Використання таких продуктів має низку переваг. По-перше, скорочується ланцюг постачання, що дозволяє зберегти свіжість і природні властивості продуктів. По-друге, зменшуються витрати на транспортування та зберігання, що позитивно впливає на економічну ефективність виробництва.

Сезонна сировина — це продукти, що використовуються у період їх природного дозрівання. Вони мають більш насичений смак, вищу концентрацію біологічно активних речовин та кращі органолептичні показники. Використання сезонних продуктів також сприяє формуванню різноманітного та збалансованого меню в закладах ресторанного господарства.

Особливе значення використання локальної та сезонної сировини має для розвитку регіональної гастрономії. Використання традиційних продуктів певної місцевості сприяє збереженню кулінарної спадщини та формуванню гастрономічної ідентичності регіону. Наприклад, у регіонах Полісся активно використовуються гриби, ягоди, мед, риба прісноводних водойм та інші традиційні продукти.

Важливим аспектом сталого розвитку є також зменшення харчових відходів. Використання сезонної сировини дозволяє раціонально планувати меню та оптимізувати технологічні процеси, що сприяє більш ефективному використанню продуктів.

Крім того, сучасні заклади ресторанного господарства активно впроваджують концепцію «від ферми до столу», яка передбачає пряме співробітництво з місцевими виробниками. Такий підхід сприяє підвищенню якості продукції, зміцненню економіки регіону та формуванню відповідального ставлення до природних ресурсів.

Використання локальних продуктів активно впроваджується у закладах ресторанного господарства міста Рівне. Одним із прикладів є ресторан BarMaky, який пропонує сучасне бачення української кухні з використанням

традиційних продуктів регіону. Заклад орієнтується на поєднання сучасних кулінарних технологій із автентичними смаками української гастрономії. Основною концепцією ресторану є створення страв, що передають емоції та культуру місцевої кухні, використовуючи традиційні інгредієнти та локальну сировину.

Використання місцевих продуктів дозволяє ресторану формувати меню, яке відображає гастрономічні особливості регіону. У стравах активно застосовуються сезонні овочі, м'ясо від локальних фермерських господарств, молочні продукти та інші інгредієнти, що виробляються в Україні. Такий підхід сприяє збереженню кулінарних традицій, підвищує якість страв та забезпечує свіжість продуктів.

Крім того, у Рівному з'являються нові заклади, що працюють за концепцією farm-to-table, яка передбачає використання локальних і сезонних продуктів та співпрацю з українськими постачальниками.

Таким чином, використання локальної та сезонної сировини у закладах ресторанного господарства м. Рівне є важливим елементом сталого розвитку. Воно сприяє підтримці місцевих виробників, зменшенню транспортних витрат, покращенню якості харчових продуктів та популяризації регіональної гастрономічної культури.

Отже, використання локальної та сезонної сировини є важливим елементом сталого розвитку у сфері харчових технологій. Такий підхід сприяє підвищенню якості харчових продуктів, зменшенню негативного впливу на довкілля та підтримці місцевих виробників. Впровадження принципів сталого розвитку у діяльність підприємств харчування дозволяє створювати конкурентоспроможну та екологічно відповідальну продукцію.

Подальші дослідження у цьому напрямі можуть бути спрямовані на розробку нових технологій переробки локальної сировини, створення інноваційних страв із сезонних продуктів та оптимізацію систем постачання харчових ресурсів.

Посилання

1. Архіпов В. В., Русавська В. А. Організація ресторанного господарства : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 280 с.
2. Пятницька Н. О. Організація обслуговування у закладах ресторанного господарства : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2018. 584 с.
3. Мазаракі А. А. Технологія продукції ресторанного господарства : підручник. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2017. 680 с.
4. FAO. Sustainable food systems: Concept and framework. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018. URL: https://www.fao.org.
5. BarMaky – ресторан сучасної української кухні у Рівному. URL: https://rivne.travel.
6. Кравченко М. Ф., Попова Н. В. Інноваційні технології у ресторанному господарстві : навч. посіб. Харків : ХДУХТ, 2020. 215 с.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ШАРУВАТИХ МАТЕРІАЛІВ

Доц., канд. техн. наук Д.П. Часов, доц., канд. техн. наук В.О. Бейгул,
проф., д.юр.н Т.В. Ярошевська,
аспірант Р.Ф. Гільмутдінов, аспірант Н.О. Захаров
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна

Збереження окремих типів сипкої сільськогосподарської продукції вимагає їх захисту від потрапляння вологи за періодичного доступу до них. В промислових умовах для цього застосовують ємностей великих об'ємів зі спеціальними люками. Вони складені з металевих рам з вставленими в них плоскими, тонкими гнучкими елементами. Останні виготовляють з еластичного матеріалу двошаровим. Один шар полімерний армований волокнами. Другий полімерний. В ємності подається зневоднене повітря. Воно компенсує виток повітря з судини зумовлені її не повною герметичністю. Пружні деформації гнучкогоелемента люка дозволяють подавати повітря в ємність періодично.

Дослідженням напружено-деформованого стану (НДС) шаруватих матеріалів присвячена значна кількість робіт. У статті [1] досліджується вплив повномасштабної російсько-української війни на сільськогосподарський сектор України, окреслюються прогнози щодо післявоєнного відновлення сільського господарства. Для визначення параметрів пластичного деформування шаруватих матеріалів [2] запропоновано чисельний метод визначення напружень за розподілом твердості. У статті [3] методами експериментальної механіки вивчається деформація фольгованого міддю склотекстоліту. Потреба застосування уточнених моделей для оцінки компонентів напружено-деформованого стану шаруватих конструкцій, які враховують вплив деформацій поперечного обтиснення показана в [4]. З урахуванням поперечних нормальних напружень від обтиснення удосконалено чисельним методом вдосконалено метод розрахунку шаруватих конструктивних елементів дорожнього одягу прогонових будов мостів [5]. В публікації [6] розглянуто вигин прямокутної на пружній основі Вінклера, тришарової пластини. Розрахунок багатошарових балок зі скла на згин і методом скінчених елементів виконано в [7]. Методом кореляції цифрових зображень [8] досліджено їх згин скляних багатошарових плит під дією зосередженого навантаження. Автори [9], на основі розробленої версії моделі ортотропних пластин середньої товщини, досліджують проблему врахування ефекту «енергетичної узгодженості» моделі зр її згину. У статті [10] отримані вирази для моделювання фізико-механічних характеристик окремого односпрямованим шару композитного матеріалу складної форми зі змінним параметром армування вздовж одного з напрямів. На підставі аналізу підходів до розрахунку міцності шаруватих композиційних матеріалів показано [11] що класичні моделі розрахунку

міцності до них не застосовуються. В статті [12] сформульована моделі коливань для ізотропної пружної балки Ейлера–Бернуллі нескінченної довжини на двопараметричній основі Пастернака. В праці [13] запропоновано підхід до математичного моделювання механічних властивостей композиційних полімерних матеріалів армованих волокнами природного походження. Результати роботи дозволяють визначати зведені механічні характеристики зразка армованого матеріалу.

Згідно наведеного огляду можна зробити висновок що автори досліджень напружено-деформованого стану балок, плит як шаруватих конструкцій або враховували лише їх жорсткість на згин або використовували чисельні методи. Отримані ними результати не дозволяють сформулювати аналітичну математичну модель двошарової системи з урахуванням властивостей матеріалів та сумісного деформування шарів довільної товщини.

Посилання

1. Nehrey, M., Klymenko, N., Kravchenko, V., & Komar, M. (2025). Ukrainian agriculture during the full-scale Russian-Ukrainian war: consequences, policy responses and recovery strategies. Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal, 11(2), 148–182. https://doi.org/10.51599/are.2025.11.02.06.
2. Kanin O. P., Hrynevytskyi B. V. & Tsybulskyi V. M. (2020) Calculation of the roadway slab of a highway bridge using a non-classical model. Highways and Road Construction. Issue 107. Kyiv, Ukraine. pp. 40-43.
3. Tsybulsky V. M. (2021). Improving the method for calculating rigid pavement of bridges with composite reinforcement. Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences (05.22.11 – highways and airfields) National Transport University. Kyiv, Ukraine. 22 p.
4. Ovskyi O. G. Leont'eva V. V., Kondrati'eva N. O. (2016). Mathematical modeling of deformation of a three-layer plate on an elastic base. Bulletin of the Zaporizhzhia National University. Physical and Mathematical Sciences. Zaporizhzhia, Ukraine. No. 2. P. 192-201.
5. Kozak R. P. (2023) Load-bearing capacity of thin multilayer glass beams. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 192 – Construction and Civil Engineering. Fields of knowledge 19 – Architecture and Construction. Lviv Polytechnic National University Lviv, Ukraine. 189 p.
6. Osadchuk T. Yu. (2020) Strength and deformability of glass multilayer plates. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in the specialty 05.23.01 - building structures, buildings and structures. Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. 203p.
7. Shvabyuk V. I., Rotko S. V., Ribeiro L. F., Kuts N. H., Zakharchuk V. I. & Shvabyuk V. V. (2024). The problem of the reliability of bending models for composite plates of medium thickness. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 11(1), pp. D36–D43. https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).d5
8. Piskunov S.O., Bakhtavarshoev T.A. (2024) Modeling the elastic properties of the reinforced layer of composite structural elements of complex shape. Strength of Materials and Theory of Structures/Strength of Materials and Theory of Structures. Kyiv, Ukraine No. 113, pp. 124-130.

9. Datsyuk, D. & Kupchuk, I. (2024). Review of modern approaches to assessing the strength of materials. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences, 343 (6(1)), pp.90-95. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-343-6-13.
10. Yanyutin Y., Voropay A., Povalyaev S. & Sharapata A., Matvienko O. (2025). Vibration of a beam based on Pasternak under the action of moving loads. Journal of Engineering Sciences. No. 12(2). P. D1–D8. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(2).d1
11. Karvatsky, A. Ya., Mikulyonok, I. O., Borshchyk, S. O., & Karaulova, V. O. (2018). Modeling of mechanical properties of reinforced polymer materials for packaging purposes. Bulletin of NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Series: Chemical Engineering, Ecology and Resource Conservation, (1), 24–32. https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143371
12. Belmas I.V., Trykilo A.I., Bilous O.I., Tantsura G.I., Fesan O.M. Deformation of layered soil. Strength of Materials and Theory of Structures/Strength of Materials and Theory of Structures. 2024. No. 112 p. 125-131DOI: 10.32347/2410-2547.2024.112.125-131
13. Serilko L. S., Lyashuk O. L., Chasov D. P., Serilko D. L., Ihnatiuk R. M. (2025). Body movement along the surface of an inertial conveyor chute under combined friction. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 12(1), pp. D1–D8. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).d1

SOME PECULIARITIES OF DRINKING WATER TREATMENT FROM LOW-YIELD SURFACE WATER SOURCES

Master's students: D. S. Chmykhalo, D.Yu. Bilenko
Supervisor: Assoc. Prof., PhD (Eng.) O.V. Nesterova
Language consultant: Assoc. Prof. Cand. Sc. (Philol), N.I. Shashkina
Ukrainian State University of Science and Technologies
SEI "Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture"
Dnipro, Ukraine

Small rivers and streams form the basis of water supply for many rural communities, remote settlements, and local systems. They are close to consumers and easily accessible, yet at the same time are characterized by high variability of hydrological and hydrochemical regimes. Water quality in such sources responds rapidly to precipitation, seasonal temperature changes, and economic activities within the catchment area. This variability determines the approach to drinking water treatment from low-yield surface water sources and requires a combination of technological flexibility and reliable engineering solutions [1].

The quality of water from small surface sources can change significantly over short periods of time. After heavy rainfall or snowmelt, turbidity and microbiological loads increase, while during the summer period color and the

content of dissolved organic substances often rise. Under such conditions, effective water treatment cannot rely solely on averaged indicators. Contemporary recommendations in the field of drinking water supply emphasize the application of risk-based management and water safety plans that cover the entire water pathway—from the catchment to the consumer [1, 4].

The catchments of small rivers are usually compact and therefore sensitive to any changes in land use. Surface runoff from fields, flooding of riparian areas, and the input of organic residues and domestic pollutants are rapidly reflected in water composition. Consequently, drinking water treatment begins with source protection measures, including the selection of an optimal intake location, establishment of sanitary protection zones, and application of primary barriers to retain coarse impurities [1].

Within the technological treatment chain, coagulation, sedimentation, and filtration play a key role. For waters with increased color and low turbidity, coagulation efficiency largely depends on proper reagent selection, pH adjustment, and mixing regimes. At this stage, the system's ability to ensure stable filter operation and achieve the required water clarity is formed. Subsequent filtration serves as a reliable barrier for the removal of fine suspended particles and residual organic compounds [2].

Ensuring microbiological safety is of particular importance. After periods of intense precipitation, microorganisms enter the water together with suspended matter, increasing epidemiological risks. Therefore, disinfection is a mandatory component of water treatment schemes, regardless of system scale. The combination of coagulation, filtration, and a properly selected disinfection method makes it possible to achieve stable compliance of drinking water with regulatory requirements [2, 4].

For small water supply systems, organizational and resource-related aspects are also significant. Limited financial resources, shortages of qualified personnel, and insufficient laboratory control drive demand for simple, modular, and adaptive technological solutions. Modern approaches to decentralized and modular water treatment systems enable gradual capacity expansion, adaptation of processes to seasonal changes, and assurance of reliability without excessive capital costs [3].

In practical terms, drinking water treatment from low-yield surface water sources is implemented through a multi-barrier scheme: primary protection and smoothing of quality fluctuations, optimized physicochemical treatment processes, effective filtration, and mandatory disinfection. Continuous monitoring and clear response protocols for water quality deterioration are essential conditions for the stable operation of such systems [1, 2].

Drinking water treatment from small surface sources integrates engineering solutions, risk management, and responsible use of natural resources. It is in such systems that the importance of a comprehensive approach becomes most evident, where technical means, organizational measures, and scientifically grounded methods ensure the safety of water for daily human consumption [1–4].

References

1. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: small water supplies [Електронний ресурс]. Geneva : WHO, 2024. Режим доступу: https://www.who.int/publications/i/item/9789240088740.
2. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda [Електронний ресурс]. Geneva: WHO, 2022. Режим доступу: https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/69c17edd-ee26-425b 9d34-33799377e886/conten.
3. Wutich A., et al. MAD water: Integrating modular, adaptive, and decentralized approaches for water systems // WIREs Water. 2023. [Електронний ресурс].Режим доступу: https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wat2.1680.
4. Kumpel E., et al. Implementing risk-based approaches to improve drinking-water quality compliance in small supplies // Journal of Water and Health. 2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://iwaponline.com/jwh/article/21/12/1747/98609/Implementing-risk-based-approaches-to-improve

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ХЛОРУВАННЯ ВОДИ

Студенти –Д.А. Чорна, В.Є. Петренко
Керівник – ст. викл. О.А. Журавльова
Український державний університет науки і технологій
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
м. Дніпро, Україна

Серед багатьох існуючих методів знезараження хлорування залишається одним із найбільш поширених та ефективних методів знезараження питної та технічної води. Його перевагами є висока ефективність проти більшості бактерій і вірусів, пролонгована дезінфікуюча дія, економічна доцільність, можливість застосування у будь-яких системах водопостачання. Не зважаючи на певні недоліки методу, пов’язані з утворенням побічних хлорорганічних сполук, зниження ефективності при високій мутності води, можливого негативного впливу на смакові та органолептичні властивості води, хлорування залишається найбільш надійним способом забезпечення мікробіологічної безпеки води.

Метою проведеного дослідження було вивчення механізму дії хлору для забезпечення ефективного знезараження води. Механізм дії є

багатостадійним процесом і ґрунтується на високій окиснювальній здатності активних форм хлору. Однак саме співвідношення активних форм хлору безпосередньо впливає на ефективність знезараження.

Процес знезараження відбувається у дві стадії.

1 етап – дифузія всередину клітини: після введення у воду хлор гідролізується з утворенням гіпохлоритної кислоти HOCl та гіпохлорит-іону OCl^- . Ці форми перебувають у кислотно-основній рівновазі, положення якої визначається значенням pH середовища.

Гіпохлоритна кислота є електронейтральною молекулою, має невеликі розміри, що дозволяє їй легко проникати через клітинні мембрани мікроорганізмів шляхом дифузії, забезпечуючи високу бактерицидну та віруліцидну активність.

Натомість гіпохлорит-іон має негативний заряд і проникає в клітину значно повільніше, тому його дезінфекційна активність значно нижча у порівнянні з гіпохлоритною кислотою.

Ефективність цієї стадії значною мірою залежить від pH, температури води, типу та структури клітинної оболонки мікроорганізмів.

2 етап – окислення ферментів та клітинних структур: при цьому хлор окислює ферменти, що беруть участь у процесах обміну речовин, а також пошкоджує білки та мембрани, що призводить до загибелі клітини.

У результаті сукупної дії цих процесів мікроорганізми втрачають здатність до росту та розмноження і гинуть.

Ефективність процесу знезараження значною мірою залежить від фізико-хімічних параметрів води, серед яких ключову роль відіграє показник pH.

Аналіз залежності співвідношення форм активного хлору від pH показує, що при низьких значеннях pH = 5,0 – 6,0 у воді переважає гіпохлоритна кислота, частка якої може досягати 95 – 100 %. За таких умов процес знезараження є максимально ефективним. Проте надмірно кисле середовище може призводити до корозії трубопроводів, погіршення органолептичних властивостей води та зниження стабільності системи водопостачання.

У діапазоні pH = 6,5 – 7,5 спостерігається оптимальне поєднання високої частки HOCl (приблизно 60 – 80%) та прийнятних експлуатаційних характеристик води. Саме цей інтервал вважається найбільш доцільним для практичного застосування хлорування в системах підготовки питної води. При значенні близько pH = 7,5 досягається точка рівноваги, за якої концентрації HOCl та OCl^- є приблизно однаковими.

Подальше підвищення pH призводить до різкого зменшення частки гіпохлоритної кислоти. При pH = 8,0 – 9,0 її вміст знижується до 10 – 20%, а при значенні більше pH = 9,0 практично весь активний хлор перебуває у формі гіпохлорит-іону. У таких умовах ефективність знезараження суттєво

зменшується, що вимагає підвищення доз хлору та збільшує ризик утворення небажаних побічних продуктів хлорування.

Висновки:

1. Співвідношення форм активного хлору – гіпохлоритної кислоти HOCl та гіпохлорит-іону OCl^- визначається значенням pH і безпосередньо впливає на ефективність знезараження.

2. Контроль та коригування показника pH є необхідною умовою забезпечення ефективності процесу знезараження води хлором.

3. Підтримання слабокислого або нейтрального середовища зі значеннями pH = 6,5 – 7,5 дозволяє досягти оптимального балансу між високою мікробіологічною безпекою води та надійністю експлуатації систем водопідготовки.

Посилання:

1. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості: Національний стандарт України. Київ, 2014.
2. ДСТУ ISO 7393-2:2004 Якість води. Визначання незв’язаного та загального хлору. Частина 2.
3. World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking-water Quality. – 4th ed. Geneva: WHO, 2017.
4. Мокиєнко А. В. Знезараження води. Гігієнічні та медико-екологічні аспекти. Том 1. Хлор та його сполуки. Одеса, 2011.
5. Бабієнко, А. В. Мокієнко. Знезараження води. Одеса: Прес-кур'єр, 2022. 276 с.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ

Аспірант С.А. Щербина
Керівник – проф., доктор. техн. наук В.В. Біляєва
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Оптимальна температура ґрунту відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного вирощування рослин у тепличних умовах. Навіть за наявності результативної системи повітряного опалення недостатнє прогрівання ґрунту може призводити до уповільнення розвитку кореневої системи, погіршення засвоєння поживних речовин рослинами та зниження рівня врожайності [2, 3].

Температурний режим ґрунту суттєво впливає на перебіг життєвих процесів рослин. За надто низької температури сповільнюється розвиток кореневої системи, погіршується поглинання води та мінеральних речовин, а також зростає ймовірність виникнення різних захворювань. Крім того,

недостатній рівень прогрівання ґрунту може спричиняти затримку росту рослин і негативно позначатися на якості врожаю. Найбільш чутливими до таких умов є теплолюбні культури, зокрема томати та огірки, для яких підтримання стабільної температури в зоні коренів має вирішальне значення [5].

Водночас належний рівень прогріву ґрунту створює сприятливі умови для розвитку коренів, активізує обмінні процеси та сприяє збільшенню врожайності. Це має особливе значення для регіонів із холодним кліматом або в перехідні сезони [6].

Існує декілька методів прогріву ґрунту, і вибір оптимального варіанта залежить від доступних технологій, фінансових можливостей та особливостей теплиці.

Варто відзначити, що аналіз цього процесу передбачає визначення динаміки штучного прогріву ґрунту та обґрунтування ефективних, енергозберігаючих режимів його нагрівання в теплицях, що потребує виконання великої кількості розрахунків. Тому важливо розробити швидкі методи обчислення теплових процесів у ґрунті для їх наукового обґрунтування.

У роботі досліджується побудова математичної моделі процесу прогрівання ґрунту в теплиці зі штучною системою опалення. На основі розробленої моделі створено комп'ютерну програму, що дозволяє проводити обчислювальні експерименти для визначення динаміки штучного нагріву ґрунту в тепличних умовах. Крім того, для перевірки коректності реалізації моделі було розв'язано тестову задачу.

На першому етапі було здійснено тестування розробленої чисельної моделі. Для цього розглядався розв'язок наступного рівняння нестаціонарної теплопровідності [2]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Тестова задача реалізується у наступній постановці: задана температура на поверхні ґрунту T_S внаслідок дії деякого джерела емісії тепла. Початкова температура ґрунту дорівнює T_0. Потрібно визначити як змінюється температура ґрунту з часом в деякій точці.

Аналітичний розв'язок розглянутої задачі має вигляд:

$$T(\mathrm{x},\mathrm{t}) = T_s + (\mathrm{T}_0 - \mathrm{T}_s)\cdot \mathrm{erf}(\frac{x}{2\sqrt{at}}) \qquad (1.1)$$

Дана залежність дозволяє визначити динаміку зміни температури всередині ґрунту для різних моментів часу.

На другому етапі було розв'язано модельну задачу по визначенню динаміки зміни температури ґрунту в теплиці від нагрівального елементу, що розташований у ґрунті на заданій глибині.

Розглядається процес нагріву ґрунту в теплиці за рахунок теплового елементу, що розташовується на певній глибині у ґрунті. Поширення тепла в ґрунті здійснюється за рахунок теплопровідності. Моделююче рівняння даного процесу має вигляд [1, 4]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(a \ \frac{\partial T}{\partial x} \right), \qquad (1.2)$$

де T – температура ґрунту; a – коефіцієнт температуропровідності; x – декартова координата; t – час.

Для чисельного інтегрування моделюючого рівняння (1.2) використовується схема сумарної апроксимації. Невідоме значення температури всередині ґрунту на кожному кроці розщеплення визначається за явною формулою розрахунку «що біжить».

Дана чисельна модель була реалізована у вигляді комп'ютерного коду на мові програмування FORTRAN.

Висновки:

1. Розроблено одновимірну чисельну модель, призначену для дослідження процесу штучного нагрівання ґрунту в умовах теплиці. Модель базується на чисельному розв'язанні рівняння теплопровідності. Її використання дає можливість оперативно досліджувати зміну температурного поля в ґрунті як у період роботи нагрівального елемента, так і після припинення його функціонування. Для підтвердження коректності отриманих результатів було проведено верифікацію розробленої моделі.
2. Створена чисельна модель може бути корисною на стадії проєктування систем штучного прогріву ґрунту. Вона дозволяє науково обґрунтувати параметри нагрівальних систем і оптимізувати енергозберігаючий режим їхньої роботи.

Посилання

1. Біляєв М. М., Біляєва В. В., Берлов О. В., Козачина В. А. *CFD-моделювання в аналізі ефективності систем захисту довкілля та працівників на робочих місцях*: монографія. Дніпро : Журфонд, 2022. 268 с.
2. Біляєва, В., Щербина С.А. (2025). Чисельні моделі в прикладних задачах тепломасопереносу. *Наука та прогрес транспорту*, (4(112), 34–40. https://doi.org/10.15802/stp2025/345827
3. Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Прокопенко Т.О. Математичне і комп'ютерне моделювання розподілу температур в теплиці для створення системи управління / *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*, 2011, випуск 24, ч.II, С. 40-51

4. Згуровский М. З., Скопецкий В. В., Хрущ В. К., Беляев Н. Н. *Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде.* Киев: Наукова думка, 1997. 368 с.
5. Dimitropoulou, A.-M.N.; Maroulis, V.Z.; Giannini, E.N. A Simple and Effective Model for Predicting the Thermal Energy Requirements of Greenhouses in Europe. *Energies 2023*, 16, 6788. https://doi.org/10.3390/en16196788
6. Noakes C. J. Use of CFD modelling to optimise the design of upper-room UVGI disinfection systems for ventilated rooms / C. J. Noakes, P. A. Sleigh, L. A. Fletcher, C. B. Beggs // *Indoor and Built Environment. – USA, 2006. – Vol. 15, no. 4*, pp. 347–356.

ЩОДО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ В ФАЗОПЕРЕХІДНОМУ ТЕПЛОВОМУ АКУМУЛЯТОРІ СОНЯЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ УСТАНОВКИ

Молодший науковий співробітник Р.С. Юрков,
проф., докт. техн. наук Л.І. Книш
Інститут транспортних систем і технологій НАН України
м. Дніпро, Україна

Система акумулювання тепла є невід'ємним елементом промислових сонячних енергетичних установок з термодинамічним типом перетворення. Включення теплових акумуляторів в загальний контур установки пов'язано з необхідністю компенсувати нерівномірне надходженням сонячної радіації в приймальну систему та забезпечити відповідний температурний рівень для безперебійного функціонування системи перетворення. Найбільш поширеною на сьогодні є сонячна термодинамічна технологія з параболоциліндричними концентраторами, в якій реалізується класичний паротурбінний цикл Ренкіна. Контури існуючих параболоциліндричних станцій містять теплові акумулятори зі збереженням тепла за рахунок теплоємності. В більшості теплових акумуляторах тепло зберігається в розплавах солів, що рухаються в окремому контурі та передають тепло конвекцією основному теплоносію по прямоточній або противоточній схемі [1]. Існують також статичні (пасивні) теплові акумулятори, в яких тепло накопичується за рахунок теплоємності гравію, бетону та ін. [2].

Системи акумулювання з конвективним переносом складні в проектуванні та експлуатації, коштовні, характеризуються відносно низькою надійністю, потребують додаткового устаткування для прокачки. Пасивні теплоємностні акумулятори мають великий об'єм та відносно низьку ефективність. Таких недоліків немає у теплових пасивних акумуляторах з фазовим переходом «тверде тіло – рідина». Збереження тепла в цих системах відбувається не тільки за рахунок теплоємності, а і за рахунок прихованої теплоти фазового переходу, що значно підвищує їх ємність. Більш того, в фазоперехідних акумуляторах відсутня динамічна складова, вони нетоксичні, надійні, мають невисоку вартість.

У фазоперехідних теплоакумуляторах параболо-циліндричних станцій в якості теплоакумулюючого матеріалу (ТАМу) можуть виступати чисті метали, їх сплави, солі та ін. Вибір ТАМу визначається його температурою фазового переходу, яка відповідає рівню температур, на який проектується станція. Від значення прихованої теплоти фазового переходу залежить об'єм ТАМу, необхідний для безперебійного функціонування системи перетворення. Ці базові параметри знаходяться в тісному взаємозв'язку з динамічними (число Re для теплоносія, втрати тиску), теплофізичними (числа Nu та Pr), геометричними та енергетичними показниками системи. Параметрична оптимізація цих показників проводилась на основі розв'язання спряженої задачі Стефана, яка складалась із рівняння теплопровідності для ТАМу та рівняння конвективного теплообміну для теплоносія системи перетворення. Ці рівняння доповнювались відповідними граничними та початковими умовами. На границі розподілу фаз в ТАМі, де функція температури має розрив, проводилось згладжування параметрів за методом «Mushy layer» [3]. Вільна конвекції, що виникає в розплаві ТАМу враховувалась квазістаціонарним методом з використанням критеріальних рівнянь. Розроблену математичну модель було розв'язано методом контрольного об'єму за допомогою створеного Python-коду. В якості фізичної моделі розглядалась система типу «труба в трубі», де ТАМ розташовувався в кільцевому просторі між стінкою каналу з теплоносієм та зовнішньою границею. Моделювання проводилось із нітритом натрію $NaNO_3$, температура та теплота фазового переходу якого складає Тф=3060С та 172 кДж/кг, відповідно. В результаті числового моделювання отримані поля температур та відповідних теплових потоків в теплоносії, в рідкій та твердій фазі ТАМу, знайдено закон руху границі розподілу фаз на режимі розрядки та зарядки, його залежність від початкової температури та швидкості теплоносія, час повної зарядки та розрядки теплового акумулюючого модуля.

Висновки

1. В роботі розроблена спряжена 3D математична модель та проведені числові дослідження енергомасопереносу в фазоперехідному тепловому акумуляторі «тверде тіло – рідина» сонячної параболоциліндрічної станції.

2. Знайдено розподіл температур у теплоносії, в рідинній та твердій фазі теплоакумулюючого матеріалу, закон руху границі розподілу фаз, час зарядки та розрядки.

Посилання

1. Guruprasad Alva, Yaxue Lin, Guiyin Fang, "An overview of thermal energy storage systems", Energy, vol. 144, pp.341-378, 2018.
2. Ahmed Bilal Awan, M.N. Khan, Muhammad Zubair, Evangelos Bellos, Commercial parabolic trough CSP plants: Research trends and technological advancements, Solar energy, vol. 211, pp.1422-1458, 2020.
3. Р. С. Юрков, Л. І. Книш, «Верифікація математичної моделі задачі Стефана в рамках методу «Mushy layer», Технічна механіка, No 3, стор. 119 - 125, 2021.

СЕКЦІЯ 5

«ПРИРОДНИЧІ, ГУМАНІТАРНІ, СОЦІАЛЬНО-ПОЛІТИЧНІ НАУКИ, у т.ч. ПЕДАГОГІКА І ПСИХОЛОГІЯ»

Модератор

О.А. КУЗНЄЦОВ
канд. іст. наук, доцент

WORKSHOP 5

«NATURAL, HUMANITARIAN, SOCIO-POLITICAL SCIENCES, including PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY»

Moderator

Olexander KUZNETSOV
PhD (Hist.), Assoc. Prof.

ДІПФЕЙКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ СОЦІАЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ: ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ, ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗАГРОЗИ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Студенка А.В. Андрейчук
Керівник – викладачка інформаційних дисциплін М.П. Скібяк
Івано-Франківський фаховий коледж технологій та бізнесу, м.Івано-Франківськ, Україна

Вступ. Технологічний прогрес рідко буває лінійним: один і той самий винахід часто несе не тільки нові можливості, а також непередбачувані загрози. Яскравим прикладом цього є генеративний штучний інтелект і, зокрема, синтетичний медіаматеріал, такий як діпфейк. З одного боку, ці технології відкривають нові перспективи для кіноіндустрії, освіти та сфери персоналізованих комунікацій. А з іншого вони стають засобами в руках злочинців, пропагандистів та шахраїв [1].

Термін «deepfake» походить від слів «deep learning» (глибоке навчання) та «fake» (підробка). Він описує медіаконтент – відео, аудіо або зображення, – які або доповнені, або значно змінені за допомогою алгоритмів штучного інтелекту, щоб виглядати достовірними [2]. Перші загальнодоступні випадки з'явилися приблизно у 2017 році, але значний технологічний прорив відбувся після 2020 року, коли обчислювальна потужність та доступність відкритих моделей поступово відкрили двері для створення високоякісного синтетичного контенту для широкого загалу [3].

Для України загроза deepfake є підвищеною. Країна зазнає повномасштабної збройної агресії та організованих інформаційних атак. Фейкові відео, які нібито зафіксували заяву президента Зеленського про капітуляцію, вже були в мережі в перші дні вторгнення 2022 року – перше реальне широкомасштабне використання діпфейку як зброї психологічної війни проти цілої держави [4, 5]. З того часу обсяг таких інцидентів постійно зростає, що робить наукове дослідження цього явища не академічними відхиленнями, а радше прагматичною необхідністю.

Актуальність і стан дослідження проблеми. Статистика відображає масштаб проблеми: варто просто порівняти кілька цифр. З 2017 по 2023 рік дослідники зафіксували 64 задокументованих інциденти за майже сім років. У 2024 році їх стало 150. За першу половину 2025 року вже 580 випадків [6]. За шість місяців відбулося більше інцидентів, ніж за попередні вісім років разом узятих.

Наступні квартали лише посилили цю картину. Компанія Resemble AI задокументувала 487 інцидентів лише в другому кварталі 2025 року. Це втричі більше, ніж за відповідний квартал попереднього року, і на 41% більше, ніж у першому кварталі того ж року [7]. Deepfake-атаки перестали бути поодинокими резонансними випадками і набули характеру систематичної загрози.

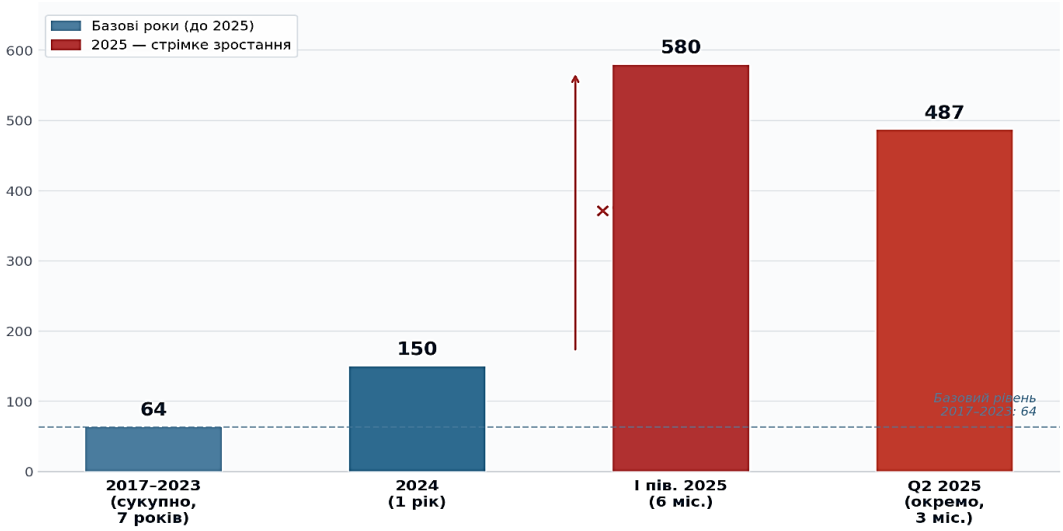


Рис. 1 - Динаміка задокументованих deepfake-інцидентів у світі (2017–2025)

Окремої уваги заслуговує ситуація з цифровою ідентифікацією особи. Згідно з Entrust Identity Fraud Report 2026 [8], кожна п'ята спроба біометричного шахрайства сьогодні здійснюється із застосуванням deepfake-технологій, а кількість підроблених біометричних селфі зросла на 58% протягом 2025 року. Зловмисники вже не підробляють документи, а генерують синтетичну особистість і проходять перевірку від її імені.

За прогнозом Bloomberg Intelligence (2023), до 2032 року ринок генеративного штучного інтелекту, як очікується, буде коштувати понад 1,3 трильйона доларів, і все більша частина цього контенту використовуватиметься у зловмисних цілях [9].

Існує кілька більш специфічних загроз в українському контексті. По-перше, це операції «Doppelganger» – розробка реплік відомих медіасайтів (BBC Ukraine, Суспільне, Укрінформ), на яких можуть поширюватися фейкові пости з легітимними обличчями [10]. По-друге, це так зване «отруєння» великих мовних моделей (LLM grooming): пропагандистська мережа створює тисячі фейкових повідомлень з ефектом доміно на AI-асистентів [10]. По-третє, вибіркові діпфейки українських політиків та незалежних журналістів використовуються для дискредитації та деморалізації [5]. Вітчизняні дослідники, які вивчають суміжні теми, внесли важливі напрацювання у сфері кіберпсихологічних маніпуляцій [4] та ідентифікації пропагандистських повідомлень [1]. У глобальному масштабі деякі алгоритми виявлення [11] були розроблені групою FaceForensics++ та командою MIT Media Lab.

Метою статті є детальне дослідження ролі технології deepfake як механізму соціальної інженерії, систематизація методів виявлення та оцінка рівня підготовленості середнього користувача до критичного сприйняття синтетичного медіаконтенту.

Методологія дослідження базується на систематичному огляді наукових праць, опублікованих у 2019–2025 роках, та контент-аналізі випадків застосування технології , зафіксованих в Україні та світі.

Технічні основи: генеративні змагальні мережі

Архітектура GAN. У 2014 році Ян Гудфеллоу та його колеги описали архітектуру генеративних змагальних мереж (GAN), яка стала технічною основою більшості сучасних діпфейків [12]. GAN концептуально розвивається через змагальну силу двох нейронних мереж, які взаємно «покращують» одна одну. Нестабільний генератор G приймає випадковий вектор шуму z як вхід і навчається перетворювати його в зображення (або відеокадри), які були б невідрізними від реальних. З іншого боку, дискримінатор D вирішує задачу бінарної класифікації: яке з зображень є реальним, а яке згенерованим генератором? Ця функція втрат описується за допомогою гри мінімакс, у якій G намагається мінімізувати ймовірність того, що D розпізнає підробку, а D намагається максимізувати точність класифікації [12].

Основним обмеженням простого GAN є нестабільність навчання (колапс режиму), коли генератор починає генерувати невелику кількість «успішних» зображень замість різноманітного набору. Подолання цього ефекту стало перспективною метою для майбутніх досліджень, що призвело до появи Wasserstein GAN, StyleGAN тощо [13]. Для завдань заміни облич у відео зазвичай використовуються автоенкодери – мережі, які навчаються як стискати зображення, так і відновлювати його, навчаючись компактному латентному представленню. Коли два автоенкодери навчаються на різних особах із загальним енкодером, обмін декодерами призводить до ефекту переносу ідентичності: зображення, яке відновлюється, зберігає позу та освітлення оригіналу, але має риси цільової особи [2].

Більш нещодавно запропонований підхід – це моделі дифузії, які поступово «зашумлюють» зображення, а потім виконують зворотні процеси денойзингу. Вони пропонують кращу стабільність навчання та загальність порівняно з GAN і досягають цього через різноманітність згенерованих зразків. Системи Stable Diffusion, DALL-E 3 та OpenAI Sora, які підвищили реалізм синтетичного відеоконтенту в останні роки, походять від цих моделей [14]. Архітектурна гнучкість цих моделей зумовила широкий спектр практичних застосувань – від нешкідливих фільтрів до цілеспрямованих інформаційних операцій. Саме різноманіття технічних механізмів і визначає різноманіття загроз.

Класифікація діпфейків та загрози соціальній безпеці. Різні типи синтетичного контенту є важливими для правильного розуміння рівнів загроз. Класифікована система, описана в таблиці 1, базується на вивченні класифікацій, встановлених Толосаною та ін. [2], і модифікована з урахуванням специфіки українського контексту.

Таблиця 1 – Класифікація видів діпфейку та їхні ризики

Вид діпфейку	Технічний механізм	Застосування в соціальній інженерії	Рівень загрози
Підміна обличчя (Face Swap)	Накладання рис однієї особи на відео іншої	Підроблені промови політиків, компрометуючий контент	**Критичний**
Клонування голосу (Voice Cloning)	Синтез голосу конкретної людини за аудіозаписом	Шахрайські дзвінки, маніпуляція в переговорах	**Критичний**
Синхронізація губ (Lip-Syncing)	Відтворення довільного тексту устами реальної людини	Дезінформація від імені лідерів думок	**Високий**
Генерація обличчя (Face Generation)	Створення неіснуючих людей зі схожими рисами	Фейкові акаунти, агенти впливу	**Високий**
Маніпуляція виразом (Puppeteering)	Зміна емоцій та жестів на відео	Фальшиві реакції на події, провокації	Середній

***Примітка**. Рівень загрози визначався за трьома критеріями: масштаб потенційної аудиторії, складність розпізнавання без технічних інструментів та задокументована частота використання у зловмисних цілях.*

Діпфейки рідко застосовуються ізольовано. Найчастіше вони поєднуються з фішингом, вішингом та підробленими відеодзвінками, що суттєво підвищує шанси на успіх атаки. Жертва отримує спочатку переконливий лист, потім голосове підтвердження, а завершує схему відеодзвінок зі знайомим обличчям. Кожен наступний елемент знімає залишкові сумніви.

У березні 2025 року фінансовий директор транснаціональної компанії в Сінгапурі авторизував переказ $499 000 під час відеодзвінка у Zoom. Усі учасники зустрічі виявилися синтетичними: шахраї змоделювали фінансового директора та кількох топменеджерів у реальному часі [15].

Того ж року в Італії зловмисники імітували міністра оборони країни та переконали щонайменше одну жертву перерахувати 1 мільйон євро на рахунок у Гонконзі [16].

Ці випадки об'єднує одна схема: атака розрахована не на технічну вразливість системи, а на довіру людини до знайомого обличчя або голосу.

Що робить загрозу особливо потужною в Україні – це особливий військовий контекст: діпфейки загрожують знищити довіру до командування збройних сил, поширювати панічні чутки та дискредитувати міжнародних партнерів. У 2023–2024 роках Центр протидії дезінформації при РНБО України відстежив понад тридцять підтверджених випадків розповсюдження контенту, згенерованого штучним інтелектом, як пропаганди [4].

Україна як полігон для deepfake-операцій. Більшість країн світу зіткнулася з deepfake-загрозою через шахрайство або дезінформацію в мережі. Україна отримала цей досвід в умовах активного збройного конфлікту. Різниця суттєва: коли мішенню є воєнна мораль і довіра до командування, ціна помилки незрівнянно вища.

Перший задокументований масштабний випадок стався 16 березня 2022 року. Через три тижні після початку повномасштабного вторгнення в мережі з'явилося відео, де президент Зеленський нібито закликає українських військових скласти зброю і повернутися до родин. Того ж дня невідомі зламали ефір телеканалу «Україна 24» і запустили текстовий рядок із тим самим текстом. Підробку було видно неозброєним оком: голова виглядала непропорційно великою, а голос звучав на кілька тонів нижче, ніж справжній. Зеленський відповів відеозверненням із вулиці і назвав це «дитячою провокацією» [4, 5]. Атака провалилась, але намір був зрозумілий: посіяти паніку в момент, коли у людей і без того достатньо причин для страху.

Важливо, що українська розвідка попередила про цю операцію ще 3 березня 2022 року. ГУР повідомило, що Росія готує відео з обличчям президента і закликом до капітуляції. Публічне попередження виявилось ефективнішим засобом захисту, ніж технічна детекція: коли відео нарешті з'явилось, його вже ніхто не сприйняв серйозно [5].

Окремим напрямом є операція «Doppelganger». Суть проста: у мережі з'являються сайти, які виглядають як BBC Ukraine, Суспільне або Укрінформ. На цих ресурсах публікуються матеріали від імені реальних журналістів і редакцій. Технічно deepfake тут стосується не відео, а ідентичності медіаорганізації. Механізм впливу той самий: людина бачить знайому назву, знайоме обличчя або ім'я автора і довіряє контенту без перевірки [10].

2023 і 2024 роки принесли зміщення акцентів. Якщо раніше мішенями були переважно перші особи держави, то Центр протидії дезінформації при РНБО зафіксував зростання кількості deepfake-матеріалів, спрямованих проти журналістів, активістів і військових командирів регіонального рівня. Логіка проста: дискредитувати одну людину простіше, ніж президента, а наслідки для конкретної громади можуть бути не меншими [1].

Є ще один вимір, про який рідко говорять у технічних статтях. Deepfake у воєнний час впливає не лише на тих, хто побачив підробку. Він впливає на всіх, хто знає, що підробки існують. Людина починає сумніватися в автентичності будь-якого відео. Офіційне звернення командира здається менш переконливим. Новина з фронту викликає запитання. Дослідники Vaccari і Chadwick назвали цей ефект «невизначеністю»: навіть якщо

конкретне відео не є фейком, сама можливість фейку підриває довіру до всього медіапростору [23].

Саме тому протидія deepfake-загрозі в Україні не може зводитись лише до технічного виявлення підробок. Потрібна система, яка дає людям простий і швидкий спосіб перевірити автентичність відео. Це інфраструктурне завдання, а не тільки кібербезпекове.

Розуміння того, якими методами створюється синтетичний контент, є необхідною передумовою для його виявлення.

Методи виявлення синтетичного медіаконтенту

Візуальні індикатори. Незважаючи на постійний прогрес алгоритмів генерації, сучасні діпфейки все ще залишають характерні сліди, які дозволяють навченому спостерігачеві виявити підробку.

Патології моргання та рухів очей. Ранні моделі створювали очі, які рідко моргають або моргають надто часто. Хоча нові алгоритми навчилися відтворювати автентичне моргання, асинхронний погляд або аномальна фіксація зіниць все ще існують як діагностичні симптоми [17].

Артефакти на краях обличчя. Коли синтезоване обличчя накладається на оригінальне відео, зона переходу – лінія щелепи, вуха, волосся – є найбільш вразливою. «Мерехтіння» або розмиття спостерігається навіть у високоякісних діпфейках, особливо під час різких поворотів голови [20].

Аномалії шкіри та освітлення. Генератори, які імітують обличчя, зазвичай згладжують текстуру шкіри, знищуючи природні пори та дрібні зморшки. Водночас вони можуть відтворювати некоректне відображення світла, яке не відповідає фактичним умовам зйомки [20].

Десинхронізація губ і голосу. У діпфейках, які поєднують замінене обличчя з синтетичним голосом, рухи губ відстають від вимовлених слів, особливо при складних звукових комбінаціях [18].

Автоматизовані інструменти виявлення. У міру розвитку інструментів генерації також розробляються технології виявлення. Таблиця 2 підсумовує найпопулярніші рішення станом на 2024–2025 роки. Складено на основі [19,20].

Багато детекторів, навчених на наявних наборах даних, мають обмежену здатність до узагальнення на архітектури останнього покоління. Цей ефект отримав назву «гонка озброєнь» (arms race) між генераторами та детекторами [20]. Intel FakeCatcher відрізняється від конкурентів тим, що аналізує не артефакти зображень, а фотоплетизмографічний сигнал – мікроваріації кольору шкіри, що виникають при пульсації крові (rPPG). Це ознаки, які існуючі генератори не можуть відтворити [19].

Хронологія розвитку технології. Щоб зрозуміти динаміку розвитку та еволюції загроз, таблиця 3 підсумовує основні етапи еволюції технології діпфейків.

Хронологія свідчить: між першими лабораторними експериментами 2014 року і повсюдним поширенням діпфейків у 2025-му минуло менше

десяти років. Технологія демократизувалась швидше, ніж суспільство встигло виробити захисні реакції.

Таблиця 2 – Порівняльний огляд інструментів автоматизованої детекції діпфейків

Інструмент	Застосування	Точність детекції*	Особливості
Microsoft Video Authenticator	Відео / Фото	~87%	Аналіз мікроартефактів, хмарний сервіс
Deepware Scanner	Відео	84–89%	Безкоштовний, веб-інтерфейс, відкритий API
Sensity AI	Відео / Аудіо	н/д (комерц.)	Використовується ЗМІ та НПО
FakeCatcher (Intel)	Відео в реальному часі	96%	Аналіз кровотоку (rPPG), апаратне прискорення
Reality Defender	Мультимодальний	89–94%	API-інтеграція, корпоративний рівень

* *Показники точності наведені за даними виробників. Дослідження Deepfake-Eval-2024 зафіксувало падіння ефективності більшості детекторів на 45–50% при тестуванні на контенті, згенерованому архітектурами наступного покоління.*

Таблиця 3 – Хронологія ключових подій в еволюції технологій deepfake (2014-2025)

Рік	Ключова подія в еволюції технологій діпфейку
2014	Ian Goodfellow запропонував архітектуру GAN у Монреальському університеті. Перші синтетичні зображення низької якості.
2017	Анонімний користувач Reddit опублікував перші масові deepfake-відео. Початок публічного обговорення загроз.
2018	DARPA запустила програму MediFor для виявлення маніпульованого медіаконтенту. Перші детектори на базі CNN.
2019	Поява маніпулятивних відеоматеріалів із використанням технологій deepfake під час виборчих кампаній у різних країнах
2022	Масштабна інформаційна атака: фейкове відео про «капітуляцію» президента Зеленського поширене в перші дні повномасштабного вторгнення.
2023–2025	Генеративні моделі (Stable Diffusion, Sora) досягають фотореалістичної якості. Кількість deepfake-інцидентів збільшилась у 10 разів порівняно з 2020 р.

Примітка. Перші вісім років існування технології охоплюють чотири рядки таблиці. Саме з 2022 року діпфейк перестав бути предметом лабораторних дискусій і став задокументованим інструментом у реальних конфліктах та фінансових злочинах. Складено на основі [3, 4, 5, 12].

Висновки

Технологія deepfake пройшла шлях від лабораторного експерименту до масового інструменту шахрайства та маніпуляцій за десять років. У першій половині 2025 року зафіксовано 580 задокументованих інцидентів, що

більше, ніж за всі попередні вісім років разом. Глобальні збитки від deepfake-шахрайства у 2025 році сягнули $1,1 млрд [6]. Це вже не прогнози, а поточна реальність.

Для України ситуація має додатковий вимір. Синтетичний контент тут використовується не стихійно, а цілеспрямовано: фейкові відео державних діячів, клоновані медіасайти, отруєння мовних моделей. Усе це частини одного процесу, а не випадкові інциденти.

Протистояти цьому одним інструментом неможливо. Технічні детектори відстають від нових архітектур генерації. Закони запізнюються за технологіями. Люди не розпізнають підробки навіть тоді, коли знають про їх існування.

Тому необхідні три паралельні кроки. Фахівці з кібербезпеки мають впроваджувати криптографічну верифікацію медіафайлів за стандартом C2PA, що закриває найпоширеніші вектори атак типу Doppelganger [21]. Педагоги мають навчати не теорії, а практиці, оскільки тренування на реальних прикладах дає результат там, де лекції не справляються. Законодавці мають закріпити обов'язкове маркування AI-контенту та відповідальність платформ, спираючись на європейський AI Act 2024 року, який Україна може імплементувати без розробки з нуля [22].

Подальші дослідження варто спрямувати на розробку вітчизняних освітніх програм з виявлення синтетичного контенту та порівняльний аналіз регуляторних підходів країн ЄС як орієнтир для українського законодавства.

Посилання

1. Центр протидії дезінформації при РНБО України. Щорічний звіт про стан інформаційної безпеки України [Електронний ресурс]. Київ : РНБО, 2024. – Режим доступу: https://cpd.gov.ua
2. Tolosana R., Vera-Rodriguez R., Fierrez J., Morales A., Ortega-Garcia J. Deepfakes and beyond: A survey of face manipulation and fake detection. Information Fusion. 2020. Vol. 64. Pp. 131–148. DOI: https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.06.014
3. Chesney R., Citron D. Deep fakes: A looming challenge for privacy, democracy, and national security. California Law Review. 2019. Vol. 107, No. 6. Pp. 1753–1820.
4. Стасюк О., Горбань Т. Інформаційна агресія Росії проти України: технологічний вимір. Стратегічні пріоритети. 2022. № 2(55). с. 44–57. DOI: https://doi.org/10.47051/2306-5272-2022-2-44-57
5. Павлюк Ю. І. Діпфейки як інструмент гібридної війни: досвід України. Наукові записки Інституту журналістики. 2023. № 1(80). с. 112–126.
6. Surfshark. Deepfake fraud losses reach almost $900 million [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://surfshark.com/ research/chart/deepfake-fraud-losses
7. Resemble AI. Q2 2025 AI Deepfake Security Report [Електронний ресурс]. 2025. – Режим доступу: https://www.resemble.ai/q3-2025-ai-deepfake-security-report/
8. Entrust. 2026 Identity Fraud Report [Електронний ресурс]. 2025. – Режим доступу: https://www.entrust.com/resources/reports/identity-fraud-report.
9. Bloomberg Intelligence. Generative AI to Become a $1.3 Trillion Market by 2032 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://www.bloomberg.com/company/press/generative-ai-to-become-a-1-3-trillion-market-by-2032-research-finds/
10. Козак В. М. Операція Doppelganger: механізми та протидія. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2024. № 4(24). с. 88–101. DOI: https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.24.8891
11. Rössler A., Cozzolino D., Verdoliva L., Riess C., Thies J., Nießner M. FaceForensics++: Learning to detect manipulated facial images // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). 2019. Pp. 1–11. – Режим доступу: https://arxiv.org/abs/1901.08971
12. Goodfellow I., Pouget-Abadie J., Mirza M. [et al.]. Generative adversarial nets. Advances in Neural Information Processing Systems. 2014. Vol. 27. Pp. 2672–2680.
13. Karras T., Laine S., Aila T. A style-based generator architecture for generative adversarial networks // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2019. – Режим доступу: https://arxiv.org/abs/1812.04948
14. Ho J., Jain A., Abbeel P. Denoising diffusion probabilistic models. Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). 2020. Vol. 33. Pp. 6840–6851.
15. Singapore Police Force. Advisory on Scams Involving Deepfake Video Calls [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.police.gov.sg/ media-room/advisories
16. Eftsure. Deepfake Fraud: Real-World Cases and Prevention Strategies [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://eftsure.com/resources/ deepfake-fraud
17. Li Y., Chang M.-C., Lyu S. In ictu oculi: Exposing AI created fake videos by detecting eye blinking // Proceedings of the IEEE International Workshop on Information Forensics and Security. 2018.
18. Prajwal K. R., Mukhopadhyay R., Namboodiri V. P., Jawahar C. V. A lip sync expert is all you need for speech to lip generation in the wild // Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia (ACM MM). – Режим доступу: https://arxiv.org/abs/2008.10010
19. Intel Labs. FakeCatcher: Real-Time Deepfake Detection [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://newsroom.intel.com/artificial
-intelligence/intel-introduces-real-time-deepfake-detector
20. Mirsky Y., Lee W. The creation and detection of deepfakes: A survey. ACM Computing Surveys. 2021. Vol. 54, No. 1. Pp. 1–41.
21. Coalition for Content Provenance and Authenticity (C2PA). C2PA Technical Specification 1.3 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://c2pa.org/specifications/specifications/1.3
22. European Parliament. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on Artificial Intelligence (AI Act). Official Journal of the European Union. 2024. L series.
23. Vaccari C., Chadwick A. Deepfakes and disinformation: Exploring the impact of synthetic political video on deception, uncertainty, and trust in news. Social Media + Society. 2020. Vol. 6, No. 1. – Режим доступу: https://doi.org/10.1177/2056305120903408

STYLISTIC FEATURES OF MODERN ENGLISH-LANGUAGE JOURNALISM

Student O. Babentsov
Supervisor - Associate Professor, PhD L. Karmazina
Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

The same political event can read very differently depending on which outlet covers it. The Guardian and BBC News might report the same facts, but the language they use is not the same. Word choice changes. Some things get quoted directly, others get paraphrased. Some judgment is visible, some is buried. This paper looks at how English-language journalism uses these stylistic choices to take a position, even in texts that claim to be objective.

These questions matter more now because of how people actually read online. Most scroll through headlines on their phones and never open the article. For many readers, the headline and maybe the first sentence is all they get. That small amount of text still shapes how they understand an event. The stylistic choices in those few words carry a lot of weight.

The study looked at articles from BBC News, The Guardian, and The New York Times published in 2024–2025. All three outlets work quite differently: BBC operates under a public broadcasting neutrality mandate, The Guardian has a more openly interpretative tradition, and The New York Times represents the American prestige press. Comparing them shows both what they have in common and where they part ways.

Two theoretical frameworks shaped the analysis. The first is appraisal theory, developed by Martin and White [1], which looks at how texts build stance through attitude, engagement, and graduation. Even a small word choice matters here. Writing that a politician "claimed" something rather than "said" it already shifts how the reader evaluates them. The second framework is news values theory, proposed by Bednarek and Caple [2], which argues that qualities like negativity or superlativeness get built into the language itself. A headline that says "worst in decades" is not just describing an event; it is doing news value work through that superlative.

Journalism sits in an uncomfortable position compared to other functional styles. It needs to sound trustworthy and factual, but it also has to signal what is important and what is not. It cannot argue openly like an opinion piece, but it still has to frame events in some way. That tension shows up in every word and sentence choice a journalist makes.

At the word level, news writing tends to use common vocabulary packed with specific nouns: names, titles, numbers, places. But choosing between near-synonyms is never neutral. Calling a group "militants," "fighters," or "terrorists" sends very different signals about their legitimacy. Describing the same budget policy as "reforms" or "cuts" points readers in opposite directions. In conflict

reporting especially, these labelling choices carry ideological weight while looking like plain description [3].

Intensifiers show up a lot in news writing because they signal importance quickly. Phrases like "sharp rise," "significant shift," or "unprecedented move" tell the reader that something is worth paying attention to. Superlatives work the same way: "largest in a generation" frames an event as historically exceptional. The Guardian's climate coverage is a good example, with urgency phrases like "closing window" and "critical decade" appearing regularly. These are editorial decisions, not just neutral descriptions.

News writing also tends to favour compact word forms. Stacking nouns together produces dense phrases like "cost-of-living crisis" or "AI ethics debate," which pack a lot of meaning into a small space. Nominalisation lets writers hide who actually did something: "approval was granted" does not say who granted it. Both of these patterns help with headline brevity, but they also quietly shape what gets emphasised and what gets left out [4].

News writing is pulled in two directions at the sentence level. On one side, readability calls for short clauses and front-loaded information. A lead like "UK inflation fell to 2.3% in October" puts the key fact first and gets out of the way. On the other side, verifiability requires attribution and hedging, which produces longer constructions like "according to officials familiar with the matter." BBC tends to keep sentences short and direct; the NYT is more comfortable with embedding and subordination.

Voice also matters. Passive constructions like "the report was released" hide who did something. Active voice like "ministers rejected" makes responsibility clear. Neither is neutral; writers choose based on what framing serves the story [5].

Headlines work under much tighter constraints, where every word has to count. Articles and auxiliaries get dropped: "PM under fire after vote" instead of "The Prime Minister is under fire after the vote." Present tense makes past events feel immediate: "Court rules against tech giant" sounds like it is happening now. Question headlines pull readers in: "Can Europe avoid recession?" [6].

Noun-heavy headlines compress whole processes into a few words: "Brexit trade deal row deepens." Numbers promise a clear structure: "Five things we learned." Metaphors show up more in features and opinion pieces: "Democracy on thin ice." All of these choices frame a story before the reader has seen any of the actual evidence.

Subheadings fill in what headlines left out: who is affected, what the consequences are. In hard news, the lead puts the most important information first. In features, the lead might open with a scene before getting to the main point. Both approaches guide the reader, just in different ways [7].

Metaphor is everywhere in news writing, especially when abstract processes need to feel concrete. Political instability becomes "erosion" or "fracture." Economic problems turn into "storms" or "headwinds." The Guardian's climate coverage relies heavily on threshold metaphors like "tipping point" and "point of no

return." These choices shape how readers think about cause and responsibility without making any explicit argument.

The New York Times shows a similar pattern in its coverage of democratic institutions. Phrases like "foundations weakening," "guardrails failing," and "norms eroding" came up repeatedly in the analysis. This kind of imagery suggests slow systemic breakdown rather than individual events. It encodes a judgement about the state of democracy while looking like plain description [8].

Evaluative adjectives are common across all three outlets: "controversial," "landmark," "fragile," "divisive." When embedded in a noun phrase like "the controversial bill," they feel like neutral description. But they already position the reader before any argument has been made. Irony works similarly in opinion pieces: "yet another reform promise" signals scepticism through the repetition framing alone [9].

Quotation is another subtle evaluative tool. By putting strong judgements inside direct quotes, journalists can import evaluation while keeping their distance: "'A reckless gamble,' critics warned." The journalist did not call it reckless, but critics did. But the journalist chose that quote and decided where to put it. Attribution verbs carry weight too: "claimed" implies doubt; "noted" implies agreement; "admitted" implies reluctance [10].

BBC News articles matched the expected pattern of institutional neutrality. Explanatory pieces like "Climate change: A really simple guide" use plain vocabulary, frequent definitions, and careful hedging. Reporting verbs stay neutral: "said," "stated," "explained." Evaluative adjectives are rare, and when they do appear, they are usually attributed to a source. Sentences tend to be shorter. The overall tone is informational and procedural.

The Guardian works differently. Even in straight news reporting, evaluative language shows up in the journalist's own voice rather than being attributed to sources. Climate coverage uses urgency framing like "the climate emergency" and "systemic failure." Feature articles open with metaphorical scene-setting: "a city holding its breath." Sentences tend to be longer, with more subordination and parallelism. The overall style is aimed at readers who want some interpretation alongside the facts.

The New York Times sits somewhere in between. News coverage keeps attribution discipline, but the word choices lean analytical: "structural inequality," "institutional erosion," "democratic backsliding." These abstract framings place individual events inside larger patterns. Modal hedging with "may," "could," and "appears to" keeps the tone cautious. The overall register reads more like authoritative analysis than neutral reporting.

In political reporting, all three outlets prioritise authority. Evaluation gets delegated: ministers say, analysts warn, critics argue. The journalist's own voice stays fairly flat.. But differences do show up: BBC's political coverage feels the most procedural, the NYT's the most analytical, and The Guardian's the most willing to let critical framing appear in the reporter's own words.

Cultural journalism works by different rules. Subjective assessment is the whole point here. Guardian reviews use expressive vocabulary and extended metaphors. Irony and wit are expected, not avoided. NYT cultural coverage tends to be more reflective, placing works in their broader social context. The contrast with political reporting is striking, even within the same outlet.

Social journalism mixes both approaches. Human stories make abstract issues personal: "Maria, a mother of three, has not seen a doctor in two years." This builds empathy while still staying grounded in facts. The Guardian pushes further toward ethical framing with phrases like "communities abandoned." BBC keeps more distance, leading with statistics and official responses.

Translating journalistic texts comes with specific problems. A phrase like "dangerous gamble" cannot just be translated literally without checking whether the Ukrainian equivalent carries the same evaluative weight. "Yet another promise of reform" relies on ironic framing that has to be reconstructed in the target language, not just transferred word for word. Modal hedging needs equivalents that keep the same level of epistemic caution. Attribution structures may also need to be reorganised syntactically to sound natural in Ukrainian.

Working through translation examples made it clear that stylistic adequacy matters more than formal equivalence. A translation that gets the facts right but flattens the evaluation still misrepresents the source text. Metaphors need target-language equivalents that carry the same conceptual frame, not just the same surface meaning. To produce an accurate translation, the translator needs to understand how journalistic evaluation works in both languages.

Conclusions:

1. News is never just neutral. Every choice a journalist makes, like which word to use, how to frame a story, or whose quotes to include, involves some kind of evaluation. Once you start seeing these patterns, reading the news critically becomes a lot easier.

2. BBC, The Guardian, and The New York Times all use the same basic tools: attribution, framing, word choice. The difference is where the judgment shows up. Sometimes it comes directly from the journalist, sometimes it gets handed off to quoted sources.

3. How much opinion is "allowed" depends on the genre. Political reporting tries to hide it; cultural journalism doesn't bother. Headlines compress everything into a few loaded words; feature articles have room to develop a point of view. A good reader adjusts accordingly.

4. For translators, this matters practically. If you miss the evaluative layer and translate only the surface meaning, you've changed the text. For journalism teachers, close stylistic analysis is one of the most useful tools there is. It shows students how professional norms actually work in real published writing, not just in theory.

References

1. Martin J. R., White P. R. R. The Language of Evaluation: Appraisal in English. New York: Palgrave Macmillan, 2005. 240 p

2. Bednarek M., Caple H. The Discourse of News Values: How News Organizations Create Newsworthiness. New York: Oxford University Press, 2017. 320 p.
3. Richardson J. E. Analysing Newspapers: An Approach from Critical Discourse Analysis. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2007. 280 p.
4. Conboy M. The Language of the News. London: Routledge, 2007. 240 p.
5. Bell A. The Language of News Media. Oxford: Blackwell, 1991. 320 p.
6. Dor D. On Newspaper Headlines as Relevance Optimizers. Journal of Pragmatics, 2003, 35(5): 695–721.
7. Bednarek M., Caple H. News Discourse. London: Bloomsbury, 2012. 272 p.
8. Fairclough N. Media Discourse. London: Edward Arnold, 1995. 214 p.
9. Hunston S., Thompson G. (eds.). Evaluation in Text: Authorial Stance and the Construction of Discourse. Oxford: Oxford University Press, 2000. 225 p.
10. Hyland K. Metadiscourse: Exploring Interaction in Writing. London: Continuum, 2005. 240 p.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ АНГЛОМОВНОЇ ГРАМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ

Доцент, канд. політ. наук В.Ф. Басанець,
ст. викладач, канд. пед. наук В.В. Петляєва
Воєнна академія імені Євгенія Березняка, Київ

У сучасній методиці викладання іноземних мов граматична компетенція посідає важливе місце як одна з ключових складових комунікативної компетенції особистості. Вона визначається як здатність мовця правильно й доречно будувати граматично оформлені висловлювання відповідно до норм мови, що вивчається. Однак ефективний процес навчання передбачає не лише формування таких умінь і навичок, але й систематичний, цілеспрямований і об’єктивний контроль рівня їх сформованості, що дозволяє своєчасно коригувати освітній процес і підвищувати його результативність.

Відповідно до Загальноєвропейських рекомендацій з мовної освіти (CEFR), граматична компетенція входить до складу мовної компетенції та охоплює знання граматичних категорій, морфологічних форм і синтаксичних структур, а також здатність ефективно використовувати їх у процесі мовленнєвої діяльності. Важливо підкреслити, що граматична компетенція не обмежується лише знанням правил, а включає також інтуїтивне володіння мовними структурами, що формується в результаті систематичної практики.

Українські та зарубіжні дослідники приділяють значну увагу проблемі формування граматичної компетенції. Так, Н. О. Бахтіна зазначає, що граматична компетенція є складною інтегрованою системою, яка включає як

знання, так і автоматизовані навички їх використання (Бахтіна, 2012). С. Ю. Ніколаєва підкреслює поетапний характер її формування: від ознайомлення з новими граматичними явищами до їхнього продуктивного застосування в мовленні (Ніколаєва, 2008). Подібної думки дотримується І. М. Кобилянська, яка акцентує увагу на важливості переходу від рецептивного до продуктивного рівня володіння граматикою (Кобилянська, 2015).

Контроль у процесі навчання іноземної мови виконує низку важливих функцій: оцінювальну, діагностичну, мотиваційну та коригувальну. Завдяки контролю викладач отримує об'єктивну інформацію про рівень засвоєння матеріалу, може виявити типові помилки, визначити ефективність обраних методів навчання та своєчасно внести необхідні зміни в освітній процес. Крім того, контроль стимулює навчальну діяльність студентів, сприяє формуванню відповідального ставлення до навчання та розвитку самоконтролю.

У сучасній дидактиці виділяють кілька основних видів контролю. Поточний контроль здійснюється безпосередньо під час вивчення матеріалу та має на меті оперативну перевірку рівня його засвоєння. Проміжний контроль проводиться після завершення певного тематичного блоку і дозволяє оцінити ступінь сформованості відповідних навичок. Підсумковий контроль реалізується наприкінці навчального етапу (модуля, семестру чи курсу) і спрямований на визначення загального рівня володіння граматичною компетенцією.

Реалізація контролю граматичної компетенції відбувається через різноманітні форми та методи. Найбільш поширеними є тестові завдання, які можуть включати множинний вибір, заповнення пропусків, встановлення відповідностей або трансформаційні вправи. Вони дозволяють швидко й об'єктивно оцінити рівень знань студентів. Водночас письмові роботи (есе, переклад, диктанти, граматичний аналіз) дають можливість перевірити здатність до самостійного використання граматичних структур у контексті.

Не менш важливим є усний контроль, що передбачає монологічне та діалогічне мовлення. Саме цей вид контролю найбільшою мірою відображає реальний рівень сформованості граматичної компетенції, оскільки вимагає спонтанного використання мовних засобів. У сучасних умовах значного поширення набули цифрові інструменти контролю, зокрема платформи Kahoot, Quizlet, Grammarly та Google Classroom, які дозволяють автоматизувати процес оцінювання, зробити його більш інтерактивним і доступним.

Сучасні підходи до оцінювання передбачають відхід від суто формального контролю знання правил і орієнтацію на перевірку здатності студентів використовувати граматичні структури в реальних комунікативних ситуаціях. У цьому контексті особливої актуальності набуває формувальне оцінювання (formative assessment), яке спрямоване на постійний моніторинг навчального прогресу та надання зворотного зв'язку.

Для забезпечення об'єктивності оцінювання необхідно враховувати чітко визначені критерії. До основних із них належать: точність (правильність

використання граматичних форм), адекватність (відповідність мовних засобів комунікативному завданню), автоматизованість (ступінь сформованості навички) та системність (розуміння взаємозв'язків між граматичними явищами). Використання таких критеріїв дозволяє уникнути суб'єктивності та забезпечити прозорість оцінювання.

Разом із тим процес контролю граматичної компетенції супроводжується певними труднощами. Серед них можна виділити формалізм у перевірці знань, коли основна увага приділяється запам'ятовуванню правил, а не їх практичному застосуванню; суб'єктивність оцінювання, особливо в усному мовленні; недостатню інтеграцію граматики у комунікативні види діяльності; а також відсутність системного підходу до формувального оцінювання.

Підвищення ефективності контролю можливе за умови впровадження комплексного підходу, який передбачає інтеграцію граматичних завдань у реальні мовленнєві ситуації, поєднання традиційних і цифрових методів оцінювання, активне використання формувального оцінювання та залучення студентів до процесу самооцінювання і взаємооцінювання. Це сприяє розвитку рефлексивних умінь і підвищує мотивацію до навчання.

Отже, контроль рівня сформованості англомовної граматичної компетенції є невід'ємною складовою навчального процесу. Його ефективність залежить від системності, об'єктивності та відповідності сучасним освітнім вимогам. Грамотно організований контроль не лише забезпечує точне оцінювання знань, але й сприяє розвитку мовленнєвих умінь, підвищенню мотивації студентів та вдосконаленню методики викладання іноземних мов.

Посилання

1. Бахтіна Н. О. Формування граматичної компетенції у процесі вивчення іноземної мови. Київ : Ленвіт, 2012. 256 с.
2. Ніколаєва С. Ю. Методика навчання іноземних мов і культур: теорія і практика : підручник. Київ : Ленвіт, 2008. 590 с.
3. Кобилянська І. М. Формування граматичної компетенції студентів у процесі вивчення англійської мови. Іноземні мови. 2015. № 2. С. 25–30.
4. Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment. Cambridge : Cambridge University Press, 2001. 273 p.
5. Council of Europe. Common European Framework of Reference for Languages: Companion Volume with New Descriptors. Strasbourg, 2018. 235 p.

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛУ ПРО СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ УЧНЯМИ ШКІЛЬНОГО КУРСУ ФІЗИКИ

Магістрант Б.М. Бацько
Керівник – доц., канд.пед.наук К.С. Ільніцька
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
м. Умань, Україна

У зв'язку із зростанням цін на викопні види палива та попиту на електроенергію постійно зростає й інтерес до поновлюваних (альтернативних) джерел енергії (ПДЕ), як у промислово розвинутих країнах, так і в країнах, що розвиваються. Зважаючи на важливість розвитку цієї галузі енергетики для народного господарства України, ми у своїй практичній педагогічній роботі інтегруємо такий матеріал у зміст відповідних тем за вивчення курсу фізики у школі з метою формування в учнів дослідницького інтересу до цієї проблематики та інженерного мислення щодо участі у реалізації реальних проєктів за вибору ними майбутньої професійної діяльності.

Нижче тезово представляємо примірний варіант змісту такого використовуваного матеріалу.

І. Географія ПДЕ України (загальна характеристика):

Сонячні електростанції (СЕС) в Україні

1. Нікопольська СЕС – велика сонячна електростанція в Дніпропетровській області потужністю ~246 МВт, що забезпечує електроенергією значну кількість домогосподарств.

2. Покровська СЕС (ДТЕК) – промисловий проєкт сонячної електростанції на 240 МВт.

3. Токмацька СЕС– одна з найбільших СЕС в Україні (понад 500 МВт) у Запорізькій області.

4. Старокозацька СЕС в Одеській області потужністю близько 43 МВт.

5. Малі та критичні інфраструктурні СЕС – наприклад, сонячні системи для лікарень та водоканалів у Харківській, Київській та інших областях, що підтримують безперебійну роботу під час воєнних загроз.

Вітрові електростанції (ВЕС)

1. Тилігульська вітрова електростанція (Tylihul Wind Power Plant/DTEK) – один із найбільших вітрових проєктів в Україні (~114 МВт перша черга з планами розширення до ~500 МВт).

2. Розроблені проєкти побудови семи нових ВЕС у 2025 році – загальною потужністю близько 4 ГВт (мали будуватися по всій країні).

3. Херсонські та Миколаївські вітрові проєкти – регіональні вітроустановки, що розвиваються для місцевого виробництва «зеленої» енергії.

4. Запоріжжя та узбережжя Чорного моря – великі вітрові комплекси (частина проєктів як наземні парки).

Біогазові комплекси та проєкти біогазової енергетики

В Україні біогазові установки використовуються як джерела електроенергії, тепла та біометану:

1. «Біогаз Ладижин» (МХП) – потужний біогазовий комплекс агрохолдингу МХП у Вінницькій області, що переробляє відходи птахівництва у біогаз.

2. Біогазовий завод ПрАТ «Екопрод» – станція потужністю ~1,5 МВт у Волновасі.

3. ТОВ «Юзефо-Миколаївська біогазова компанія» – біогазовий комплекс у Вінницькій області (~3-5 МВт).

4. ТзОВ «Гудвеллі Україна» (с. Копанки, Івано-Франківська область) – біогазова установка ~1,1 МВт.

5. Біометанові проєкти (Teofipol, Vitaqro, Галс Агро, МХП у кількох регіонах) – виробництво біометану для внутрішнього споживання і потенційного експорту.

6. Малі фермерські біогазові установки – приклади підприємств, які використовують біогаз для власних потреб, включно з перетворенням відходів тваринництва на електроенергію.

ІІ. Розширена характеристика ПДЕ по областях:

Сонячні електростанції (СЕС) у Дніпропетровській області

Покровська СЕС (Nikopol/Solar Park)

– Одна з найбільших СЕС не лише в Україні, а й у Європі – потужність ≈240 МВт.

– Введена в експлуатацію у жовтні 2019 року компанією DTEK.

– Вона оснащена понад 840000 фотомодулів, розташованих на території колишнього кар’єру у Нікопольському районі.

– Річне виробництво електроенергії – приблизно 400 млн. кВт·год., що здатне забезпечити електрикою близько 200000 домогосподарств на рік.

– Проєкт суттєво зменшує викиди CO_2 в атмосферу й сприяє енергетичній незалежності регіону.

Інші СЕС у області

– У Дніпропетровській області працюють також інші промислові та приватні СЕС, як наприклад СЕС у м. Широкому з потужністю ≈7 МВт.

– Значна частина сонячної енергії також виробляється «домашніми електростанціями» на дахах приватних будинків, яких в області більше 6400 одиниць із загальною потужністю понад 180 МВт.

– Це робить регіон лідером України за кількістю малих приватних СЕС, що активно впроваджуються для енергозабезпечення домогосподарств.

Роль у регіональній енергетиці

– Дніпропетровщина має дуже сприятливі умови для сонячної генерації (добре сонячне випромінювання та великі відкриті площі).

– Комбінація великих промислових парків і тисяч малих СЕС підсилює енергетичну стійкість області, знижує залежність від традиційних джерел та сприяє переходу на «зелений тариф».

Вітрові електростанції (ВЕС) у Миколаївській області

Tyliqyl (Тилігульська) ВЕС

– Одна з ключових вітрових станцій регіону – перша черга має 19 турбін загальною потужністю близько 114 МВт.

– ВЕС виробляє ≈390 млн. кВт·год. електроенергії на рік, чого вистачає для забезпечення десятків тисяч домогосподарств.

– Проєкт планується також масштабувати до ~500 МВт потужності, що значно збільшить внесок «чистої» енергії у загальну генерацію.

Потужності та виробництво

– Загальна встановлена потужність вітрових електростанцій у Миколаївській області сягає близько 275,7 МВт (станом на липень 2025).

– ВЕС регіону виробляють значну частину «зеленої» електроенергії: 709,855 млн. кВт·год. у 2024 році – це суттєвий внесок у енергомережу.

– Частина цих потужностей була реалізована незважаючи на складну ситуацію з безпекою під час війни, що підкреслює важливість розвитку поновлюваної енергетики навіть за кризових умов.

Перспективи розширення будівництва ВЕС

– У регіоні визначено великі вітрополя на територіях Одеського узбережжя та узбережжя Тилігульського лиману, що можуть приймати для будівництва додаткові ВЕС загальною потужністю 1500-2500 МВт в майбутньому.

– Залучення міжнародних партнерів (наприклад, угоду між DTEK та Vestas для другої черги Тилігульської ВЕС) оцінюють у понад 400 млн. євро, що сприятиме подальшому розвитку проєктів.

Крім наведеного переліку, повідомляємо учням фізико-технічні характеристики вітропарку «Новоазовський» – одного з найбільших вітропарків України, розташованого в Донецькій області, Новоазовському районі (с.Безіменне), нажаль на тимчасово окупованій російськими загарбниками території.

Проєктна потужність: початкові плани передбачали до 107,5 МВт з 43 турбінами, але фактична експлуатаційна потужність становить близько 57,5 МВт (23 турбіни по 2,5 МВт).

Проєкт отримував фінансування і кредити від ЄБРР та фондів підтримки «чистих технологій».

Цей парк є частиною розвитку поновлюваної енергетики в Україні та одним із найвидатніших прикладів таких проєктів у східному регіоні.

ІІІ. Перелік об’єктів ПДЕ за регіонами України

Тип ПДЕ	Назва проєкту	Область	Орієнтовна потужність	Коментар
СЕС	Nikopol Solar Park (Нікопольська СЕС)	Дніпропетровська	~246 МВт	Одна з найбільших СЕС у Східній Європі
СЕС	Pokrovska Solar Park (ДТЕК) (Покровська СЕС)	Дніпропетровська	~240 МВт	Промисловий проєкт великого інвестора
СЕС	Tokmak Solar Energy (Токмацька СЕС)	Запорізька	~50 МВт	Великий регіональний сонячний парк
СЕС	Starokozache Solar Park (Старокозацька СЕС)	Одеська	~43 МВт	Типовий приклад південної СЕС
ВЕС	Тилігульська ВЕС (ДТЕК)	Миколаївська	114 МВт (план >500 МВТ)	Найбільший чинний ВЕС-проєкт
ВЕС	Ботієвська ВЕС	Запорізька	~200 МВт	Класичний прибережний вітропарк
ВЕС	Приморські ВЕС	Запорізька	~200 МВт	Високий вітровий потенціал
Біогаз	Біогаз Ладижин (МХП)	Вінницька	~12 МВт	Один із найбільших комплексів
Біогаз	Юзефо-Миколаївська БГК	Вінницька	3-5 МВт	Агропромисловий біогаз
Біогаз	Гудвеллі Україна	Івано-Франківська	~1,1 МВт	Біогаз із відходів свинарства
Біогаз	Екопрод	Донецька	~1,5 МВт	Біогаз із аграрних відходів
Біометан	Теофіполь/ Vitaqro	Хмельницька	–	Біометан для заміщення газу

IV. Де в Україні найефективніше розвивати ПДЕ

Сонячна енергетика, найкращі області: Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька, Дніпропетровська.

Висока інсоляція, великі площі, зручні промислові майданчики.

Вітрова енергетика, найбільший потенціал: Миколаївська, Одеська, Запорізька, Херсонська області, Карпати (Львівська, Івано-Франківська).

Узбережжя Чорного та Азовського морів + гірські перевали.

Біогаз і біометан, найкращі області: Вінницька, Полтавська, Черкаська, Хмельницька, Київська.

Висока концентрація агробізнесу та відходів тваринництва.

V. За розгляду відповідного матеріалу на уроках фізики знайомимо учнів ще й з такими ПДЕ як гідроелектростанції України

Однією з найважливіших енергетичних систем України є Дніпровський каскад гідроелектростанцій. До Дніпровського каскаду ГЕС входять шість основних гідроелектростанцій, розташованих уздовж річки Дніпро – від Києва до Запоріжжя:

Назва ГЕС	**Розташування**	**Рік введення в експлуатацію**	**Основні характеристики**
Київська ГЕС	м. Вишгород Київська обл.	1964	Регулює рівень води в Київському водосховищі; має потужність ~440 МВт
Київська ГАЕС	Біля Київської ГЕС	1972	Гідроакумулююча станція (потужність ~235 МВт); вирівнює пікові навантаження
Канівська ГЕС	м. Канів, Черкаська обл.	1975	Потужність ~444 МВт; важлива для енергетики центральної України
Кременчуцька ГЕС	м.Світловодськ, Кіровоградська обл.	1959	Найбільше водосховище каскаду; потужність ~625 МВт
Середньодніпровська ГЕС (раніше Дніпродзержинська)	м. Кам’янське, Дніпропетровська обл.	1964	Потужність ~352 МВт; регулює середню ділянку каскаду
Дніпровська ГЕС (ДніпроГЕС)	м. Запоріжжя	1932/1947 (після відбудови)	Найстаріша, історично перша; потужність понад 1500 МВт (ДніпроГЕС-1 і ДніпроГЕС-2)

– Загальна потужність каскаду: понад 3600 МВт.

– Загальна довжина каскаду: понад 800 км.

– Роль: регулювання стоку Дніпра, виробництво електроенергії, судноплавство, водопостачання, зрошення.

За цього величезну роль у народному господарстві України відіграють і водосховища Дніпровського каскаду.

№ за/п	Назва	Площа, км^2	Об'єм води, км^3	Призначення
1	Київське	922	3,7	Постачання води, судноплавство
2	Канівське	574	2,6	Енергетика
3	Кременчуцьке	2250	18,2	Водопостачання, рибне господарство
4	Середньодніпровське	417	1,6	Регулювання стоку
5	Каховське	2155	18,2	Постачання води, зрошення
6	Дніпровське	259		Водопостачання, судноплавство

Тож можна стверджувати, що розвиток поновлюваної енергетики в Україні триває, незважаючи на виклики, спричинені війною та руйнуванням енергетичної інфраструктури. Загальна потужність ПДЕ включно з сонцем, вітром та біомасою зростає, і Україна має значний потенціал для подальшої енергетичної трансформації.

Практика нашої роботи щодо вивчення на уроках фізики матеріалу про ПДЕ України, саме у такому аспекті, сприяє не лише формуванню дослідницьких умінь та інженерного мислення, а й патріотичному вихованню учнів.

ВІДМІННОСТІ МІЖ СУМОМ І ДЕПРЕСІЄЮ: ПРОЯВИ І НАСЛІДКИ

Студентка К. С. Бойко
Керівник – доц., канд. психол. наук С. П. Дерев'янко
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна

Проблематика розмежування суму й депресії набуває особливої актуальності в сучасній психологічній науці, оскільки ці стани мають не лише зовнішню подібність, а й частково перетинаються за окремими емоційними проявами, що ускладнює їх диференціацію як на теоретичному, так і на практичному рівнях. Депресивні стани розглядаються як значуща проблема психічного здоров'я, що впливає на якість життя, соціальне функціонування та загальний стан психологічного благополуччя людини [1; 3]. Водночас у практиці психологічної

допомоги зберігається складність визначення межі між нормативними емоційними реакціями та початковими проявами психічних порушень, що пов'язано з поступовим характером формування депресії та наявністю проміжних станів [6]. Це обумовлює необхідність глибшого аналізу відмінностей між сумом і депресією з урахуванням їх внутрішньої структури, динаміки та наслідків.

Сум як базова емоційна реакція виникає у відповідь на значущі життєві події, що пов'язані з втратою, розчаруванням або зміною звичного способу життя, і виконує адаптивну функцію, сприяючи психологічній переробці досвіду та поступовому відновленню рівноваги [6]. Сум має чіткий зв'язок із конкретною ситуацією, а його динаміка передбачає поступове зниження інтенсивності переживань у процесі адаптації. Такий стан не супроводжується глибокими порушеннями психічної діяльності та не призводить до системної дезорганізації поведінки. Депресія ж є якісно іншим феноменом, який виходить за межі реактивної відповіді на події і проявляється як стійке порушення емоційної регуляції, мислення та поведінкової активності [7]. Цей стан характеризується не лише зниженням настрою, а й комплексною зміною внутрішнього психічного досвіду, що охоплює різні рівні функціонування особистості.

Часовий вимір є одним із ключових критеріїв розмежування. Сум має обмежену тривалість і зменшується в міру адаптації до ситуації, тоді як депресивні стани можуть зберігатися тривалий час або повторюватися у вигляді окремих епізодів. Лонгітюдні дослідження науковців підтвердили, що депресія може розвиватися за різними траєкторіями, включаючи короткочасні, рецидивні та хронічні форми, що відображає складну динаміку цього стану [3]. Така варіативність свідчить про те, що депресія формується поступово і не завжди виникає як різко виражений стан, а може розгортатися через послідовні зміни емоційного і когнітивного функціонування.

Емоційний компонент суму і депресії відрізняється не лише за інтенсивністю, а й за якістю переживання. Переживання суму містять здатність до емоційної варіативності, коли навіть на фоні пригніченого настрою можливі короткочасні позитивні переживання або відчуття полегшення. У депресії ж формується стійкий негативний емоційний фон, який не залежить безпосередньо від зовнішніх умов і супроводжується відчуттям безнадійності, внутрішньої спустошеності та втрати інтересу до життя [4]. Ангедонія як один із центральних проявів депресії відображає порушення здатності переживати задоволення, що якісно відрізняє цей стан від нормальної емоційної реакції.

Когнітивний компонент є принципово важливим у розмежуванні цих станів. При переживанні суму мислення залишається пов'язаним із конкретною ситуацією і не набуває стійкого негативного характеру. У стані депресії, навпаки, формуються стабільні негативні когнітивні установки, які впливають на інтерпретацію досвіду, сприйняття себе і майбутнього. Дослідження показують, що при депресивних станах спостерігається зниження здатності до гальмування негативної інформації та підвищена увага до емоційно негативних стимулів, що сприяє підтриманню патологічного емоційного стану [4]. Це створює замкнене коло, у якому когнітивні викривлення і негативні емоції взаємно підсилюють одне одного.

Поведінкові та мотиваційні прояви також істотно відрізняються. У стані суму людина зберігає здатність до активності, взаємодії з оточенням і виконання повсякденних завдань, хоча може відчувати тимчасове зниження енергії. Водночас депресія супроводжується вираженим зниженням активності, втратою ініціативи та звуженням кола інтересів, що призводить до поступової соціальної ізоляції та порушення адаптації [4]. Зниження мотивації стає не лише симптомом, а й чинником, який підтримує депресивний стан через обмеження позитивного досвіду.

Особливу роль у переході від суму до депресії відіграють субклінічні стани, які займають проміжне положення між нормою і психічним розладом. Вони характеризуються наявністю окремих депресивних симптомів, що не досягають діагностичного порогу, але вже впливають на якість життя та функціонування [6]. Такі стани є важливими з точки зору профілактики, оскільки саме на цьому етапі існує підвищений ризик розвитку повноцінного депресивного розладу. Дані досліджень свідчать, що своєчасні психологічні інтервенції можуть знижувати ймовірність такого переходу, що підкреслює значення раннього втручання [2].

Формування депресії часто пов’язане з дією стресових факторів, які на початкових етапах можуть викликати нормальні емоційні реакції, зокрема сум. У продромальній фазі депресії відбувається накопичення стресових подій, які поступово змінюють емоційний стан і сприяють переходу до більш стійких порушень [5]. У цьому процесі важливу роль відіграє індивідуальна чутливість до стресу, яка визначає, чи залишиться реакція в межах адаптивної, чи трансформується у патологічну.

Вплив на повсякденне функціонування є одним із найбільш важливих критеріїв диференціації. Сум не призводить до значних порушень життєдіяльності та не обмежує здатність людини виконувати свої соціальні та професійні ролі. Стан депресії супроводжується системним зниженням функціонування, що проявляється у труднощах виконання звичних завдань, зниженні продуктивності та порушенні міжособистісних взаємин [3; 4]. Такі зміни мають не лише індивідуальний, а й соціальний вимір, оскільки впливають на різні сфери життя людини.

У клінічній практиці розмежування суму і депресії ґрунтується на поєднанні діагностичних критеріїв і оцінці функціонального стану людини. Сучасні підходи передбачають використання комплексної оцінки, що включає клінічне інтерв’ю, психометричні методи та аналіз поведінкових і когнітивних проявів [8]. Водночас важливим є раннє виявлення субклінічних порушень, що дозволяє своєчасно ідентифікувати ризики розвитку депресії та запобігти її ускладненню [9]. Це відповідає сучасним тенденціям у клінічній психології, орієнтованим на профілактику та раннє втручання.

Висновки:

1. Сум і депресія відрізняються за своєю природою, тривалістю, інтенсивністю та впливом на функціонування особистості. Сум є адаптивною емоційною реакцією, що сприяє психологічній регуляції та не призводить до глибоких порушень. Депресія виступає складним психічним розладом із

багатовимірною структурою, що охоплює емоційні, когнітивні, поведінкові та мотиваційні компоненти і потребує своєчасного виявлення та професійного втручання.

2. Відмінності між сумом та депресією фіксуються на рівні емоційних, когнітивних, поведінкових та мотиваційних проявах.

3. Наслідки переживання суму та депресії можуть бути болісними для людини (зокрема, зниження емоційного фону, невпевненість в собі), поряд із тим сум є «корисною депресією», яка сприяє самоусвідомленню, рефлексії та вдосконаленню; депресія – патологічний стан, який призводить до душевної загибелі людини.

Розуміння континуальності між цими станами та механізмів їх переходу має ключове значення для ефективної діагностики, профілактики та психологічної допомоги особам, які страждають від депресії.

Посилання

1. Flehr A., Dowrick C., Kaylor-Hughes C., Gunn J. Uniting depression care through generalism: a primary care-informed response to the Lancet–World Psychiatric Association Commission's call for action on depression // The Lancet Primary Care. – 2025. – Vol. 1. – P. 100042.
2. Buntrock C., Harrer M., Sprenger A. A., et al. Psychological interventions to prevent the onset of major depression in adults: a systematic review and individual participant data meta-analysis // The Lancet Psychiatry. – 2024. – Vol. 11. – P. 990–1001.
3. de Sousa R. D., Zagalo D. M., Costa T., et al. Exploring depression in adults over a decade: a review of longitudinal studies // BMC Psychiatry. – 2025. – Vol. 25. – Article 378.
4. Ridout N., Dritschel B., Wardall H., Day R., O'Carroll R. Inhibition of emotional faces in clinical and subclinical depression // Journal of Psychiatric Research. – 2025. – Vol. 182. – P. 221–234.
5. Meisenzahl E., Schultze-Lutter F., Stegmüller V., et al. Stressors during the prodromal phase of major depressive episode (CHR-D) // Frontiers in Psychiatry. – 2024. – Vol. 15. – Article 1389370.
6. Volz H.-P., Stirnweiß J., Kasper S., Möller H.-J., Seifritz E. Subthreshold depression – concept, operationalisation and epidemiological data: a scoping review // International Journal of Psychiatry in Clinical Practice. – 2023. – Vol. 27. – P. 1–15.
7. World Health Organization. Clinical descriptions and diagnostic requirements for ICD-11 mental, behavioral and neurodevelopmental disorders. – Geneva: WHO, 2024. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789240077263 (дата звернення: 18.03.2026).
8. Підлубний В. Л., Хоміцький М. Є. Сучасний стан проблеми діагностики та терапії депресивних розладів (огляд літератури) // Запорізький медичний журнал. – 2024. – Т. 26, № 1. – С. 78–83.
9. Чабан О. С. Виявлення субклінічних психічних порушень за первинного звернення пацієнта до лікаря // Здоров'я України. – 2023. – С. 27. URL: https://health-ua.com/multimedia/7/4/4/1/0/1697875278.pdf (дата звернення: 18.03.2026).

МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ РОЗПОДІЛУ СТРУМУ РІЗНИХ ТИПІВ

Аспірант О.В. Братута, аспірант А.С. Пугач
Керівник - доц., канд. хім. наук С.В. Ковальов
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Математично доведено, що вектор щільності струму i визначається градієнтом електричного потенціалу. Це означає, що ми маємо спочатку розрахувати розподіл потенціалу в електроліті, $\nabla^2 U = 0$, а вже потім визначити струм. Геометрія електрода викривляє лінії потенціалу, створюючи зони з високою щільністю струму[2].

Математичне моделювання дозволяє прогнозувати склад сплаву, товщину покриття та розподіл щільності струму залежно від геометрії ванни [2].

Для розрахунку електричних полів у міжелектродному просторі використовується рівняння Лапласа. Первинний розподіл струму залежить виключно від геометрії комірки, тоді як вторинний враховує кінетику електродних реакцій(поляризацію), що робить розподіл більш рівномірним. Використання числа Вагнера (Wa) дозволяє оцінити співвідношення між опором поляризації на межі поділу та омнічним опором електроліту, що критично для рівномірності покриття[1].

Для розрахунку розподілу струму в електролізері використано фундаментальний підхід, викладений у працях Н.П. Гнусіна[9]. Математична модель базується на розв'язанні рівняння Лапласа $\Delta U = 0$ для внутрішніх точок електроліту, що дозволяє визначити потенціал у будь-якій точці поля. Поле в електроліті є стаціонарним, тому ми маємо право використовувати електростатичні аналогії.

Поняття полів поляризації дозволило по-новому пояснити ряд явищ, що мають місце при розподілі струму та потенціалу в електричних полях рідин, а також розкрити механізм дії розсіювальної здатності електролітів[9].

Умови задачі для електричного поля в електроліті можна записати в такому вигляді: всередині електроліту:

$$\Delta U = 0$$

на межі електроліт — ізолятор:

$$\frac{\partial U}{\partial N} = 0$$

U – потенціал, N - внутрішня нормаль

Необхідно увести граничні умови для катода та анода, бо якщо рівняння Лапласа $\Delta U = 0$ у всіх задачах однакове, то саме граничні умови роблять кожну задачу унікальною. Отже, для катода маємо:

$$U = F_1 * (\frac{\partial U}{\partial N}) + A_1 \quad (1)$$

Для анода:

$$U = F_2 * (\frac{\partial U}{\partial N}) + A_2 \quad (2)$$

A_1 – потенціал металу.
F_1 – падіння напруги через хімічні та дифузійні процеси.
$\frac{\partial U}{\partial N}$ – градієнт потенціалу за нормаллю.

До речі, оператор Лапласа позначають у математиці та загальній фізиці ΔU або $\nabla^2 U$, а в електрохімії та теорії електричного поля потенціал часто позначається літерою Ф, тому оператор виглядає як $\Delta\Phi$. Рівняння $\Delta\Phi = 0$ або $\Delta U = 0$ - це стислий запис суми других похідних потенціалу за координатами:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 0 \quad (3)$$

Це рівняння каже, що в об'ємі електроліту немає джерел або стоків заряду. Весь струм, що входить у певний об'єм, з нього ж і виходить. Для моделі це означає, що лінії струму залежать лише від геометрії ванни.

Аналітичний розв'язок задачі в загальній постановці важко здійснити практично. Якщо катод і анод знаходяться далеко один від одного, то можна вважати, що розподіл струму і потенціалу на даному електроді не залежить від явищ, що відбуваються на іншому. В переважній більшості випадків гальванотехніки анодна поляризованість не впливає на катодний розподіл струму[9]. Це припущення при постановці крайової задачі повинно забезпечити заміну граничних умов на протилежному електроді відповідними умовами на деякій границі, що знаходиться на певній відстані від електрода. Виберемо в електролізері деякий переріз, розташований приблизно посередині між електродами. У разі віддаленості перерізу від катода і анода електричне поле в ньому не буде залежати від граничних умов на електродах, а буде визначатися лише геометрією електролізера [9].

Можна вийти на рівняння стрибка потенціалу, яке є фундаментальним:

$$\mathbf{U_{Me} - U = \Delta\epsilon,} \quad \mathbf{(4)}$$

U - потенціал у точці електроліту, що безпосередньо прилягає до електрода;
$\mathbf{U_{Me}}$ - потенціал самого металу електрода (деталь, яка розглядається);
$\mathbf{\Delta\epsilon}$ - стрибок потенціалу на межі метал-електроліт.

Потенціал у розчині біля деталі не дорівнює потенціалу деталі. Вони розрізняються на величину поляризації.

Поля поляризації описують опір на межі електрод-електроліт. Без цього блоку модель буде чисто геометричною (первинною), що не відповідає реальності. Властивості цих полів дозволяють нам розкласти складне поле на простіші компоненти.

Припустимо, що функція $f(\Delta\epsilon)$ у рівнянні є лінійною:

$$\Delta\epsilon = \Delta\epsilon_0 + p \quad (5)$$

де $\Delta\epsilon$ - стаціонарний потенціал електрода за відсутності струму; p - питомий омічний опір поляризації (перехідний опір).

Тоді гранична умова на електродах набуває вигляду:

$$U - к\rho \frac{\partial U}{\partial n} = U_{ср} \quad (6)$$

Введемо потенціал поля поляризації W, як різницю між фактичним полем U та первинним полем U_0, де поляризація відсутня: [9]

$$W = U + iV \quad (7)$$

U (дійсна частина) - потенціал;

V - функція току. Вона описує траєкторії, за якими рухаються іони.

i – уявна одиниця.

Треба вводити комплексний потенціал W, щоб ми могли побудувати ортогональну сітку.

Якщо ми масштабуємо ванну, вся ця сітка розтягується або стискається, але кути в 90° між лініями зберігаються. На складній деталі ми можемо побачити зони, куди силові лінії V майже не доходять. Одночасно зрозуміло, що еквіпотенціалі U зустрічаються дуже рідко. Це означає, що буде занадто тонке покриття, треба змінювати параметри електроліту.

Опишемо математичні властивості поля W:

У об'ємі електроліту: $\Delta W = 0$

На ізоляторі: $\frac{\partial W}{\partial n} = 0$

На електродах значення W дорівнює величині поляризації зі зворотним знаком:

$$W = -\rho \cdot i = -\Delta\epsilon_{pol} \quad (8)$$

Математична залежність базується на тому, що щільність струму на електроді прямо пропорційна градієнту потенціалу (напруженості поля) біля його поверхні. Чим сильніша кривизна (гострі кути) геометрії електрода, тим вища там концентрація силових ліній поля, а отже - вища щільність струму.

Отже:

1. Потенціал поля поляризації W задовольняє рівнянню Лапласа всередині об'єму електроліту.
2. На межі з ізолятором нормальна складова градієнта потенціалу W дорівнює нулю.
3. На поверхні електродів значення W чисельно дорівнює величині поляризації, взятій із протилежним знаком.

Коли на катоді має місце лінійна поляризація, гранична умова наведена в безрозмірному (узагальненому) вигляді для вторинного поля: [3]

$$U_z = \eta(\frac{\partial U}{\partial N} - 1) \quad (9)$$

U_z – безрозмірний потенціал,

η - критерій, що враховує поляризовність; нахил поляризаційної кривої.

$\frac{\partial U}{\partial N}$ - градієнт потенціалу на межі, пропорційний щільності струму.

Потенціал на поверхні електрода не є постійним, він залежить від щільності струму через опір реакції. Отже, на межі електрода діє нелінійна залежність.

Зв'язок між геометрією поля та реальним струмом:

$$j = -\kappa\frac{\partial U}{\partial N} \quad (10)$$

j - щільність струму.

κ - питома електропровідність (вплив властивостей розчину).

$\frac{\partial U}{\partial N}$ - градієнт потенціалу за нормаллю до поверхні.

Без зміни ванни важливо враховувати саме вторинний розподіл. Доведено, що розподіл струму залежить не просто від напруги, а від безрозмірного комплексу, який пов'язує провідність розчину, розміри ванни та нахил поляризаційної кривої[3].

Геометрична подібність - це спосіб зробити ГУ безрозмірними, щоб програма рахувала універсальною[9].

У вторинному полі - потенціал залежить від щільності струму:

$$\Phi_{sur\ f} = f(j). \quad (11)$$

Формула має зміст:

$$j = \kappa(\frac{\partial U}{\partial N})_{(sur\ f)} \quad (12)$$

$$\Phi_{sur\ f} = \Phi_{met} - \eta(j) \quad (13)$$

Струм j, який виходить із розчину на деталь, пропорційний нахилу(градієнту) потенціалу. Потенціал біля самої деталі $\Phi_{sur\ f}$ не дорівнює потенціалу металу Φ_{met}, бо на нього впливає поляризація η.

Оскільки η залежить від j нелінійно логарифмічно або через рівняння Батлера-Фольмера, ця формула робить модель нелінійною.

На практиці ми маємо постійно перераховувати: якщо струм виріс, значить опір поляризації теж росте, і треба зменшити притік струму в наступній ітерації.

Критерій подібності - це формула, яка зв’язує фізику процесу з розмірами системи.

L=$\frac{k}{d} * \frac{d\eta}{dj}$, де

k - питома електропровідність електроліту,

$\frac{d\eta}{dj}$ - поляризовність.

Якщо L мале - працюємо за правилами геометрії, а саме, де ближче, там і товще покриття.

Якщо L велике - працюємо за правилами електрохімії, а саме, покриття буде рівномірним навіть на складних рельєфах.

Якщо ви не можете змінити d, змініть k або режим струму так, щоб збільшити L.

Це дозволить зробити програму універсальною. Критерій подібності перевіряє чи достатньо цих коректив, щоб покриття на деталі було рівномірним при заданій провідності k.

Для дослідження розподілу напруги та струму на практиці використовуються комірки зі спеціальною геометрією.

Комірка Хулла - класичний інструмент для вивчення покриття в широкому діапазоні густини струму за один дослід. Її геометрія створює нерівномірне електричне поле через гострий кут між анодом і катодом.

Комірка Молера - використовує ізоляційні екрани з прорізами для штучного спотворення електричного поля та створення лінійного або логарифмічного розподілу струму.

Обертовий циліндр Хулла забезпечує кращий контроль гідродинаміки та масопереносу.

Ми не можемо ігнорувати граничні умови. У методі скінченних різниць (сіток) гранична умова - це окремий рядок коду для кожного вузла на межі. Виходимо на формулу функціональної залежності.

$$j = \mathrm{f}(\Delta\epsilon) \qquad (14)$$

Струм і залежить від поляризації $\Delta\epsilon$. У найпростішому випадку це лінійна залежність, але в реальності це буде нелінійна функція, наприклад, рівняння Тафеля або Батлера-Фольмера. Вторинне поле враховує поляризацію електрода. Якщо модель не буде враховувати цей опір на межі «електрод-розчин», вона ніколи не співпаде з практикою.

Підсумуємо основні формули:

$\mathbf{U_{Me} - U = \Delta\epsilon}$ - рівняння стрибка потенціалу

$\boldsymbol{j = -\kappa\frac{\partial U}{\partial N}}$ - закон Ома в диференціальній формі

$\mathbf{j = f(\Delta\epsilon)}$ - рівняння поляризаційної кривої

Будемо брати $\Delta\epsilon$ з рівняння стрибка потенціалу і через цю функцію знаходити j, який потім підставляє в закон Ома в диференціальній формі.

Для моделювання складних електричних полів та змін форми електродів ефективно використовуються комплекси COMSOL Multiphysics та OpenFOAM. Комірка Хулла використовується як класичний інструмент для вивчення покриттів у широкому діапазоні щільності струму в одному досвіді.

Для покращених результатів можна застосувати методи машинного навчання та physics-informed neural networks(PINN) для моделювання електрохімічних полів. Традиційні чисельні методи, такі як метод скінченних елементів або метод скінченних різниць, що використовуються для розрахунку розподілу потенціалу та щільності струму, мають певні обмеження при роботі зі складною геометрією та нелінійними граничними умовами, як рівняння Батлера-Вольмера.

Сучасне дослідження пропонує використання PINN для розв'язання задач електрохімічної дифузії та розподілу електричних полів[9].

Математична модель процесу базується на мінімізації функції втрат (loss function), яка включає в себе фізичні закони як регуляризатори. PNP (рівняння Пуассона-Нернста-Планка) - це класична математична модель. Вона складається з диференціальних рівнянь у частинних похідних. Щоб її розв'язати, потрібні сітка (mesh) і чисельні методи (наприклад, метод скінченних елементів, як у COMSOL).

Для розв’язання цієї задачі PNP - це фундаментальна база, що пов’язує локальну концентрацію іонів , електричний потенціал та щільність струму j.

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = \nabla \cdot \left[D_i \left(\nabla c_i + \frac{z_i F}{RT} c_i \nabla \phi \right) \right] \quad (15)$$

та рівняння електричного потенціалу:
$\epsilon \nabla^2 \phi = -F \sum_i z_i c_i$, де

ϵ – діелектрична проникність середовища. Вона визначає, як середовище послаблює електричне поле.

$\nabla^2 \phi$ - оператор Лапласа від потенціалу. Це те саме рівняння Лапласа, але тепер воно не дорівнює нулю.

z_i – заряд іона або валентність

c_i- концентрація

$\frac{z_i F}{RT} c_i \nabla \phi$ - показує, як іони рухаються під дією електричного поля.

$\frac{\partial c_i}{\partial t}$ - швидкість зміни концентрації і-го виду іонів у часі. Якщо процес стаціонарний, ця частина дорівнює 0.

$\nabla \cdot$ -оператор дивергенції.

D_i - коефіцієнт дифузії і-го виду іонів.

∇c_i - градієнт концентрації;рушійна сила дифузії. Рух іонів з зони з високою концентрацією в зону з низькою концентрацією.

$-F \sum_i z_i c_i$ - сумарний об'ємний заряд усіх іонів у розчині.

Якщо десь іонів одного знаку стало більше, там миттєво змінюється електричний потенціал ϕ. PNP-модель дозволяє побачити подвійний

електричний шар - ту саму зону товщиною в кілька нанометрів біля деталі, де іони розподіляються нерівномірно.

Проста раніше розглянута модель припускає, що електроліт у ванні перемішаний і його концентрація всюди однакова ($\nabla c = 0$). Тому ми рахуємо тільки потенціал. Модель PNP не вважає, що концентрація однакова. Вона використовується, коли кожен іон рухається під дією поля. Якщо планується моделювати дуже великі струми, коли необхідно враховувати граничний струм, PNP це покаже ідеально.

Однак, замість одного рівняння Лапласа доведеться розв'язувати систему з N+1 рівнянь (де N - кількість типів іонів). Це сповільнить розв'язок в десятки разів. Для PNP потрібно знати коефіцієнти дифузії та заряди для кожного іона у ванні. Якщо в електроліті багато добавок, знайти ці дані дуже важко.

PNP зазвичай використовують для мікро-рівня, наприклад, товщина шару в кілька мікрон. Отже, для розрахунку цілої ванни в метровому масштабі зазвичай вистачає рівняння Лапласа з правильними граничними умовами. PNP можна використати, якщо хочемо виділити окремий модуль для розрахунку дуже специфічних процесів, наприклад, електроліз у мікрощілинах або при дуже високих щільностях струму:

$$j_i = -D_i \left(\nabla c_i + \frac{z_i F}{RT} c_i \nabla \phi \right) \qquad (16)$$

j_i-щільність потоку і-го виду іонів.

Формула дозволяє прогнозувати граничні струми, при яких якість покриття різко падає.

PINN - це нейронна мережа, в яку вбудовані закони фізики. Замість того, щоб будувати складну сітку, ми змусимо нейромережу підбирати такі значення, які б не суперечили рівнянням PNP.

У PINN-моделях електропровідність розчину не просто вводиться як константа, а розглядається як функція від локальних концентрацій носіїв заряду та їх рухливості:

$$\sigma = F^2 \sum z_i^2 u_i c_i \qquad (17)$$

Питома електропровідність позначається як k, так і σ.

u_i - абсолютна рухливість і-го іона. Це швидкість, з якою іон рухається в розчині під дією одиничної сили.

c_i – молярна концентрація і-го іона. Чим більше іонів у розчині, тим вища його провідність.

Логічний перехід буде:

$$j = -F \sum z_i D_i \nabla c_i - \sigma \nabla \quad (18)$$

Можемо розглядати моделі, які будуть враховувати:

1. Склад електроліту σ

2. Геометрію через зміни потенціалу в просторі $\nabla \phi$

3. Виснаження електроліту через $\sum \nabla c_i$ - дифузію біля катода.

Висновки:

1. Встановлено, що для розрахунку розподілу потенціалу та щільності струму в макромасштабі достатньо використання рівняння Лапласа ΔU за умови коректного задання граничних умов. Однак для прогнозування реальної товщини покриття на складних геометріях критично важливо враховувати вторинний розподіл через опір поляризації.

2. Доведено, що для мікрорівня та процесів із високою щільністю струму необхідно використовувати моделі Пуассона-Нернста-Планка. Використання PINN забезпечує точний розрахунок третинного розподілу струму, який є найбільш точним для процесів одержання покриттів.

Посилання

1. *Сахненко М. Д., Горохівський А. С.* Формування плазмо-електролітних кобальтовмісних покриттів на поршневих сплавах алюмінію // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2020. – № 4(6). – С. 128–135..
2. *Abraham S. et al.* Multi-physics field simulation of electrodeposition process for micro-via filling // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2022. – Vol. 185. – Art. 122605. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.122605.
3. *Chaudhuri S., Maurer R. J.* Challenges in the Theory and Atomistic Simulation of Metal Electrodeposition // arXiv. – 2025. – Preprint. – DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.16704.
4. *Landolt D.* Fundamental aspects of electropolishing // Electrochimica Acta. – 1987. – Vol. 32. – No. 1. – P. 1–11. – DOI: https://doi.org/10.1016/0013-4686(87)87001-9.
5. *Sharma A. et al.* Electric Field Distribution in Bipolar Electrochemical Cells // Analytical Chemistry. – 2024. – DOI: https://doi.org/10.1021/acs.analchem.4c04454.
6. *Wang L. et al.* From Membranes to Electrodes: Aligned Membrane Electrode Assemblies for Ion-Exchange Membrane Fuel Cells and Water Electrolyzers // Electrochemical Energy Reviews. – 2026. – DOI: https://doi.org/10.1007/s41918-025-00269-6.
7. *West A. C., Newman J.* Determination of Current Distributions // Modern Aspects of Electrochemistry. – 1992. – Vol. 23. – P. 101–147. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3382-5_2.

8. *Xun D. et al.* A review of preparation methods, product specifications, detection techniques, and production environments for high-purity rare and scattered metals // Journal of Materials Science and Technology. – 2026. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jmst.2025.12.023.
9. *Гнусін Н. П., Поддубний Н. П., Маслій А. І.* Теоретические основы расчета электрических полей в электролитах. – Новосибирск: Наука, 1972. – 452 с.
10. *Newman J. S., Thomas-Alyea K. E.* Electrochemical Systems (3rd ed.). – Wiley-Interscience, 2004. – DOI: https://doi.org/10.1002/0471477567.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА СТРУКТУРНА ЛОГІКА МАГІСТЕРСЬКИХ ПРОГРАМ ПРАВА У ВЕЛИКІЙ БРИТАНІЇ: ОРІЄНТИРИ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРАВНИЧОЇ МАГІСТРАТУРИ УКРАЇНИ

Аспірант В.А. Будкевич
Керівник - доктор педагогічних наук, професор М.В. Швардак
Мукачівський державний університет, м. Мукачево, Україна

Підготовка магістрів права в Україні відбувається в умовах одночасних викликів: реформування правничої освіти, посилення вимог до академічної доброчесності, цифровізації правничої практики та необхідності узгодження освітніх програм із європейськими стандартами якості. У цьому контексті порівняльний аналіз досвіду Великої Британії є корисним, оскільки британська модель поєднує високу університетську автономію з розвиненими механізмами забезпечення якості та зовнішньої експертизи [1; 3].

Структура магістерських програм права у британських університетах формується в межах рівневих рамок кваліфікацій і так званої «м'якої стандартизації» через документи Агентства із забезпечення якості вищої освіти (англійською – «Quality Assurance Agency for Higher Education», а також скорочено - «QAA») [1]. На магістерському рівні ключовою є орієнтація на самостійне критичне осмислення складних проблем, роботу з невизначеністю та здатність планувати й реалізовувати дослідницький або професійно орієнтований проєкт [2].

На практиці зміст і структура програми описуються через систему взаємопов'язаних документів: паспорт програми (англійською – «programme specification»), описи модулів, правила оцінювання, політики доброчесності, студентські довідники. Така архітектура забезпечує прозорість: студент бачить, які результати навчання очікуються і як саме вони перевірятимуться. Водночас програми суттєво різняться за моделями (від «немодульних» іспитових форматів до модульних програм із науковою роботою в якості «ядра»), що дозволяє адаптацію під різні професійні потреби [2].

Важливою практикою британської системи є зовнішнє рецензування програм і оцінювання (англійською – «external examining»). Агентство із забезпечення якості вищої освіти рекомендує залучати зовнішніх експертів до проєктування та перегляду програм, до процедур оцінювання й підтвердження стандартів [3]. Це підсилює довіру до результатів навчання, а також не допускає «замкненість» академічної спільноти, коли програма оцінювала б «сама себе».

Реформи доступу до юридичних професій у Англії та Уельсі (зокрема, звіт «LETR» від 2013 року – «Встановлення стандартів: майбутнє регулювання освіти та професійної підготовки у сфері надання юридичних послуг в Англії та Уельсі. Підсумковий звіт незалежної дослідницької групи Огляду юридичної освіти та професійної підготовки» як аналітична основа подальших змін) посилили запит на практикоорієнтованість, етичну відповідальність і готовність випускника працювати в середовищі технологічних інновацій [4].

Це сприяло тому, що частина магістерських програм активніше інтегрує навички письма, клінічні компоненти, симуляції та курси з цифрових юридичних технологій (англійською – «legal tech»).

В Україні рамкові вимоги до підготовки магістрів права визначаються стандартом спеціальності «Право» [6] і процедурами акредитації освітніх програм [7], що орієнтовані на внутрішнє та зовнішнє забезпечення якості. Європейським «парасольковим» орієнтиром виступають Стандарти та рекомендації щодо забезпечення якості у Європейському просторі вищої освіти від 2015 року, які акцентують прозорість, студентоцентризм, регулярний перегляд програм тощо [5]. Практична проблема полягає не стільки у відсутності норм, скільки в потребі зробити результати навчання вимірюваними, а процедури забезпечення якості – реально дієвими на рівні кожної програми.

Для модернізації правничої магістратури України (з урахуванням британського досвіду) можна запропонувати вдосконалити «паспорт програми» як ключовий документ; посилити дослідницьку компоненту, щоб остання відбувалася не лише на рівні підсумкової роботи, а й поетапного навчання методології та академічного письма; запровадити системне залучення зовнішніх експертів (академічних і професійних) до рецензування програм і вибіркової перевірки оцінювання; розширити практикоорієнтовані модулі (юридична клініка, модельні судові процеси, симуляції) з прозорими критеріями оцінювання; оновити політики доброчесності та цифрової грамотності, включно з правилами використання інструментів штучного інтелекту у навчанні та дослідженнях.

Висновки. Британська модель показує, що якість магістерської підготовки забезпечується не «єдиним каноном» навчального плану, а прозорою документальною архітектурою програми, зовнішньою експертизою та постійним узгодженням між академічними цілями і вимогами професії. Для України ключовим є перетворити стандарти та акредитаційні вимоги на

практичні інструменти управління програмою, зазначивши зрозумілі для студента й роботодавця результати навчання та механізми їх перевірки.

Посилання

1. Quality Assurance Agency for Higher Education (QAA). The Frameworks for Higher Education Qualifications of UK Degree-Awarding Bodies. 2nd ed. Gloucester: QAA, 2024.
2. Quality Assurance Agency for Higher Education (QAA). Master's degree characteristics statement. Gloucester: QAA, 2020.
3. Quality Assurance Agency for Higher Education (QAA). UK Quality Code, Advice and Guidance: External Expertise. Gloucester: QAA, 2018.
4. Webb, J. S., Ching, J., Maharg, P., & Sherr, A. Setting Standards: The Future of Legal Services Education and Training Regulation in England and Wales: The Final Report of the Legal Education and Training Review Independent Research Team. June 2013. Legal Education and Training Review.
5. ENQA, ESU, EUA, EURASHE, & EQAR. Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area (ESG). 2015.
6. Міністерство освіти і науки України. Стандарт вищої освіти України: другий (магістерський) рівень, спеціальність 081 «Право»: затверджено наказом МОН України від 20.07.2022 № 643 (зі змінами).
7. Міністерство освіти і науки України. Про затвердження Положення про акредитацію освітніх програм, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти: наказ МОН України від 15.05.2024 № 686 (зареєстровано в Мін'юсті 04.07.2024 за № 1013/42358; чинний з 01.08.2024).

СИСТЕМА ВИХОВНОГО ПРОЦЕСУ У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

Курсант В.О. Ганчева
Керівник - викладач Р.З. Камінський
Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми

Система виховного процесу у Збройних силах України є невід'ємною складовою загальної системи забезпечення боєздатності війська. В умовах збройної агресії проти України особливого значення набуває не лише технічне оснащення та професійна підготовка військовослужбовців, а й їхній моральний стан, внутрішня мотивація, світоглядні переконання та стійкість до психологічних навантажень. Саме тому виховна робота в ЗСУ має системний, цілеспрямований і безперервний характер.

Виховний процес у ЗСУ — це організована діяльність командирів, органів військового управління, структур морально-психологічного забезпечення, спрямована на формування у військовослужбовців високих морально-ділових якостей, патріотизму, дисциплінованості, відповідальності та готовності до захисту держави.

Мета та завдання виховного процесу

Головною метою виховного процесу є формування всебічно розвиненої особистості військовослужбовця, який усвідомлює свою відповідальність перед Українським народом, дотримується військової присяги та здатний ефективно виконувати службові обов'язки в мирний і воєнний час.

Основні завдання виховного процесу:

• формування вірності військовій присязі та конституційному обов'язку захисту Батьківщини;

• розвиток національної свідомості та патріотизму;

• зміцнення військової дисципліни та правопорядку;

• виховання поваги до законів України, статутів і традицій українського війська;

• забезпечення морально-психологічної стійкості особового складу;

• профілактика правопорушень і негативних проявів у військовому середовищі;

• формування готовності до самопожертви заради держави.

Основні напрями виховної роботи

Система виховання в ЗСУ охоплює кілька взаємопов'язаних напрямів.

1. Національно-патріотичне виховання

Цей напрям спрямований на формування у військовослужбовців глибокої любові до України, поваги до її історії, культури, традицій та державних символів. Особлива увага приділяється вивченню героїчних сторінок боротьби українського народу за незалежність, вшануванню пам'яті загиблих захисників.

Національно-патріотичне виховання сприяє усвідомленню військовослужбовцем своєї ролі у захисті державного суверенітету та територіальної цілісності України.

2. Морально-психологічне забезпечення

Морально-психологічне забезпечення (МПЗ) є важливою складовою виховного процесу. Воно спрямоване на підтримання високого морального духу військ, формування впевненості у власних силах, згуртованості підрозділів.

У межах МПЗ проводяться:

• індивідуальні та групові бесіди;

• психологічна діагностика;

• заходи з профілактики стресових станів;

• психологічна допомога військовослужбовцям після виконання бойових завдань.

Особливу роль відіграють військові психологи та офіцери структур морально-психологічного забезпечення.

3. Правове виховання

Правове виховання передбачає формування правової культури військовослужбовців, знання ними законодавства України, військових статутів та нормативних актів.

Воно спрямоване на:

• запобігання правопорушенням;
• зміцнення дисципліни;
• формування поваги до прав і свобод людини;
• розвиток почуття відповідальності за власні дії.

Правова обізнаність є важливим чинником підтримання статутного порядку у військових колективах.

4. Інформаційно-роз’яснювальна робота

В умовах сучасної інформаційної війни особливого значення набуває інформаційна складова виховного процесу. Військовослужбовцям доводиться об’єктивна інформація про суспільно-політичну ситуацію, роз’яснюються рішення державного та військового керівництва. Також проводиться робота з протидії дезінформації та ворожій пропаганді, формування критичного мислення та інформаційної стійкості.

5. Культурно-просвітницька діяльність

Культурно-просвітницькі заходи сприяють духовному розвитку особового складу, підтриманню морального клімату в підрозділах, формуванню почуття колективізму.

До таких заходів належать:

• урочистості з нагоди державних свят;
• вшанування пам’яті полеглих воїнів;
• тематичні лекції, виставки, зустрічі з ветеранами;

Організація та принципи виховного процесу

Виховний процес у ЗСУ здійснюється на основі чітко визначених принципів:

• законності;
• системності та безперервності;
• наукового підходу;
• особистого прикладу командира;
• поваги до честі та гідності військовослужбовця;
• поєднання вимогливості та турботи про підлеглих.

Безпосередню відповідальність за стан виховної роботи несе командир підрозділу. Саме особистий приклад командира, його професіоналізм, справедливість та відповідальність є ключовими чинниками ефективного виховання.

У системі виховної роботи також беруть участь офіцери морально-психологічного забезпечення, військові психологи, капелани та інші посадові особи.

Значення виховного процесу в умовах воєнного стану

В умовах повномасштабної війни роль виховного процесу суттєво зростає. Постійна небезпека, фізичні та психологічні навантаження, перебування у стресових ситуаціях вимагають високої внутрішньої стійкості та переконаності у правоті своєї справи.

Саме виховна робота допомагає:

- підтримувати бойовий дух;
- зміцнювати взаємодовіру в колективах;
- формувати готовність до виконання складних бойових завдань;
- зберігати моральну стійкість у складних умовах.

Моральний фактор у сучасній війні є одним із визначальних, адже техніка та озброєння ефективні лише тоді, коли ними керують мотивовані, свідомі та дисципліновані військовослужбовці.

Висновок

Система виховного процесу у Збройних силах України є багаторівневою та комплексною. Вона охоплює національно-патріотичне, морально-психологічне, правове, інформаційне та культурне виховання. Її головною метою є формування морально стійкого, дисциплінованого та свідомого захисника України.

Ефективність виховної роботи безпосередньо впливає на боєздатність підрозділів, рівень дисципліни та моральний стан особового складу. Саме тому виховний процес у ЗСУ розглядається як один із ключових чинників зміцнення обороноздатності держави.

Посилання

1. Конституція України: Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР (зі змінами).
2. Про Збройні Сили України: Закон України від 06.12.1991 № 1934-XII (зі змінами).
3. Про військовий обов’язок і військову службу: Закон України від 25.03.1992 № 2232-XII (зі змінами).
4. Статут внутрішньої служби Збройних Сил. України: затверджений Законом України від 24.03.1999 № 548-XIV (зі змінами).
5. Дисциплінарний статут Збройних Сил України: затверджений Законом України від 24.03.1999 № 551-XIV (зі змінами).
6. Міністерство оборони України. Концепція морально-психологічного забезпечення підготовки та застосування Збройних Сил України (чинна редакція).
7. Генеральний штаб Збройних Сил України. Нормативні документи з організації морально-психологічного забезпечення та виховної роботи у ЗСУ.
8. Бойові статути та керівні документи Збройних Сил України (чинні редакції).

ЗАСТОСУВАННЯ ЛІКУВАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ У ПРОФІЛАКТИЦІ ТА КОРЕКЦІЇ СКОЛІОЗУ

Студентка Архітектурного факультету Н. Д. Гладковська
канд. наук з фіз. вих. і спорту, доц. В. М. Шиян
Навчально-науковий інститут «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми та її зв'язок із науковими планами. Сколіоз належить до найбільш поширених порушень опорно-рухового апарату, що характеризується стійким бічним викривленням хребта у фронтальній площині з елементами ротації хребців і супроводжується порушенням біомеханіки рухів та постави. Особливої актуальності проблема набуває у дитячому та підлітковому віці, коли інтенсивні процеси росту організму поєднуються з підвищеним статичним навантаженням, недостатнім рівнем рухової активності та формуванням стереотипів неправильної постави. За цих умов навіть незначні функціональні відхилення мають тенденцію до прогресування та переходу у структурні деформації.

Зростання поширеності сколіотичних порушень серед дітей і молоді зумовлює необхідність пошуку ефективних, науково обґрунтованих підходів до їх профілактики та корекції, серед яких провідне місце займають засоби лікувальної фізичної культури. Їх застосування дозволяє цілеспрямовано впливати на м’язовий дисбаланс, покращувати функціональний стан хребта та формувати стійкі навички правильної постави без використання інвазивних методів. Водночас сучасні наукові підходи акцентують увагу на необхідності індивідуалізації реабілітаційних програм з урахуванням ступеня сколіозу, вікових та функціональних особливостей організму, що потребує подальшого узагальнення та систематизації науково-методичних даних.

Дослідження виконано відповідно до науково-дослідної роботи кафедри фізичного виховання та основ здоров’я ННІ ПДАБА УДУНТ на 2026 рік № 0126U002357 «Теоретико-методичні основи формування здорового способу життя різних груп населення», що визначає його спрямованість на вирішення актуальних завдань збереження та зміцнення здоров’я населення засобами фізичної культури.

Аналіз наукових джерел засвідчує, що проблема профілактики та корекції сколіозу розглядається у сучасній науці комплексно, з урахуванням як медичних, так і педагогічних підходів. Дослідники зосереджують увагу на виявленні причин виникнення порушень постави, обґрунтуванні ефективних засобів фізичної реабілітації та визначенні оптимальних умов їх застосування.

Зокрема, у праці Р. С. Неради сколіоз розглядається як багатофакторне порушення опорно-рухового апарату, що потребує системного підходу до корекції, де провідне місце відводиться лікувальній фізичній культурі як базовому засобу відновлення функціонального стану хребта [6]. Подібної

позиції дотримуються Л. Б. Волошко та В. А. Трирог, які акцентують увагу на доцільності використання спеціально підібраних фізичних вправ у дітей, підкреслюючи їх роль у формуванні м’язового корсету та стабілізації постави [3].

Узагальнення матеріалів наукових та навчально-методичних видань свідчить про значну увагу до профілактичних аспектів проблеми. Так, у колективній праці, підготовленій на базі Національного університету фізичного виховання і спорту України, розглядаються основні причини виникнення порушень постави та обґрунтовуються підходи до їх корекції засобами фізичної реабілітації, що дозволяє розглядати сколіоз не лише як медичну, а й як педагогічну проблему [1]. У матеріалах науково-практичної конференції «Наука і навчальний процес» (2020) підкреслюється значення систематичної рухової активності для попередження деформацій хребта, що розширює уявлення про профілактику сколіозу в освітньому середовищі [2].

Порівняльний аналіз підходів, представлених у матеріалах конференції «Сучасні технології в оздоровчій діяльності» (2025), дозволяє виділити тенденцію до інтеграції традиційних засобів лікувальної фізичної культури з інноваційними оздоровчими технологіями, що підвищує ефективність реабілітаційних програм [5]. Водночас Е. Б. Роспопа (2025) акцентує увагу на індивідуалізації процесу фізичної терапії, доводячи, що результативність корекції сколіозу значною мірою залежить від урахування ступеня деформації хребта та загального фізичного стану пацієнта [4].

Окремий науковий інтерес становить дослідження С. В. Сологубової, у якому розглянуто застосування вправ для зміцнення м’язів спини в умовах освітнього процесу. Авторка доводить, що систематичне включення таких вправ у навчальну діяльність сприяє не лише покращенню фізичної підготовленості, а й профілактиці порушень постави, що має важливе значення для молоді [7].

Проведений аналіз літератури дозволяє виокремити ключові напрями наукового пошуку: удосконалення методики лікувальної фізичної культури, впровадження інноваційних реабілітаційних технологій та забезпечення індивідуального підходу до корекції порушень постави, що створює підґрунтя для подальших досліджень у цій сфері.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування та узагальнення ефективності застосування засобів лікувальної фізичної культури у профілактиці та корекції сколіозу з урахуванням ступеня деформації хребта, а також систематизація практичних підходів до підбору фізичних вправ у процесі фізичної реабілітації.

Виклад основного матеріалу. *Лікувальна фізична культура (ЛФК)* посідає провідне місце серед немедикаментозних засобів профілактики та корекції сколіозу, оскільки забезпечує цілеспрямований вплив на функціональний стан опорно-рухового апарату. Її ефективність зумовлена можливістю диференційованого підбору вправ, спрямованих на зміцнення м’язового корсету, корекцію м’язового дисбалансу та формування стійких навичок правильної постави.

Сколіоз як складне поліетіологічне порушення характеризується різними ступенями вираженості деформації хребта, що визначає специфіку реабілітаційного впливу. Узагальнену характеристику ступенів сколіозу доцільно представити у вигляді структурованої схеми (рис. 1).

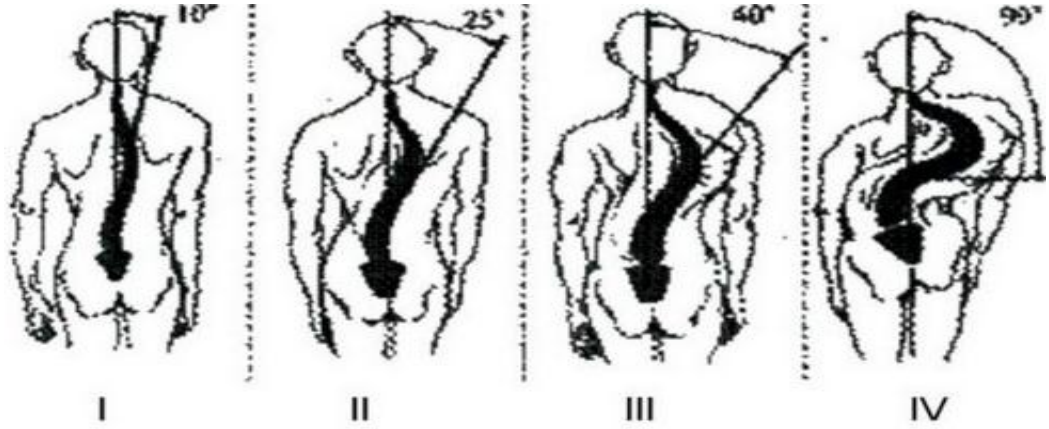


Рисунок 1 – Клініко-функціональна характеристика ступенів сколіозу [8]

Залежно від ступеня викривлення хребта змінюються завдання та зміст застосування засобів ЛФК. Систематизація цих підходів наведена в таблиці 1, що дозволяє простежити взаємозв'язок між характером деформації, засобами корекції та очікуваними результатами.

Таблиця 1 – Диференційоване застосування засобів лікувальної фізичної культури залежно від ступеня сколіозу.

Ступінь сколіозу	Характеристика викривлення хребта	Основні засоби ЛФК	Очікуваний результат
I ступінь	Незначне бічне викривлення хребта та асиметрія плечей	Коригувальні вправи, вправи для зміцнення м'язів спини	Формування постави, зміцнення м'язового корсету
II ступінь	Помітна асиметрія тулуба, початкові структурні зміни хребта	Спеціальні коригувальні вправи, вправи на розтягування хребта	Зменшення прогресування викривлення, покращення функціонального стану хребта
III ступінь	Виражене викривлення хребта, деформація грубної клітки	Індивідуальні комплекси ЛФК, дихальні вправи	Покращення функції опорно-рухового апарату, стабілізація стану
IV ступінь	Значна деформація хребта та грудної клітки	Спеціалізована фізична реабілітація під наглядом фахівців	Підтримка функціонального стану організму

Примітка. Узагальнено на основі наукових джерел із розширенням характеристик очікуваних результатів.

Як видно з таблиці 1, на початкових стадіях сколіозу (I–II ступінь) пріоритет надається коригувальним вправам та вправам для зміцнення м'язів спини, що забезпечують формування м'язового корсету та стабілізацію постави. У разі більш виражених деформацій (III–IV ступінь) зростає роль індивідуалізованих програм, що включають дихальні вправи, елементи розвантаження хребта та виконуються під контролем фахівців.

Практична реалізація корекційних заходів передбачає використання комплексу спеціально підібраних вправ, які впливають на різні функціональні ланки опорно-рухового апарату. Узагальнений перелік таких вправ із визначенням їх цільового призначення подано в таблиці 2.

Таблиця 2 – Комплекс основних вправ лікувальної фізичної культури для профілактики та корекції сколіозу

№	Назва вправи	Вихідне положення	Основна мета	Результат
1	Вправа для плечового поясу	Стоячи, руки зігнуті у ліктях	Зміцнення м'язів спини та плечового поясу	Покращення постави
2	Розтягування на похилій площині	Лежачи на похилій дошці	Розвантаження та витягування хребта	Зменшення викривлення хребта
3	Вправа з гімнастичною палицею	Стоячи, палиця в руках	Розвиток рухливості плечового поясу	Зміцнення м'язового корсету
4	Коригувальні вправи для спини	Стоячи або лежачи	Формування правильної постави	Профілактика прогресування сколіозу

Примітка. Узагальнено на основі джерел [1–6]; окремі вправи доповнено з урахуванням практичного досвіду.

Як видно з таблиці 2: ефективність ЛФК досягається завдяки поєднанню вправ різної спрямованості: зміцнювальних, коригувальних, розтягувальних та координаційних. Зокрема, вправи для плечового поясу сприяють усуненню м'язової асиметрії, тоді як розтягування на похилій площині забезпечує декомпресію хребта та зменшення його викривлення.

Важливим елементом корекційної програми є вправи на витягування хребта, приклад виконання яких наведено на рисунку 2.

Не менш значущими є вправи з додатковим обладнанням, зокрема з гімнастичною палицею, які сприяють розвитку рухливості плечового поясу та координації рухів (рис. 3).

Слід підкреслити, що ефективність застосування ЛФК визначається не лише змістом вправ, а й дотриманням принципів систематичності, поступовості та індивідуалізації навантаження. Нерегулярне виконання вправ або ігнорування індивідуальних особливостей пацієнта значно знижує результативність реабілітаційного процесу.

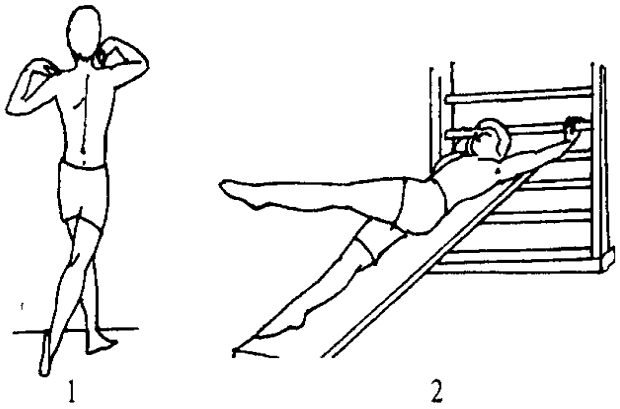


Рисунок 2 – Виконання вправи на розтягування хребта: у вертикальному положенні та на похилій площині [9].

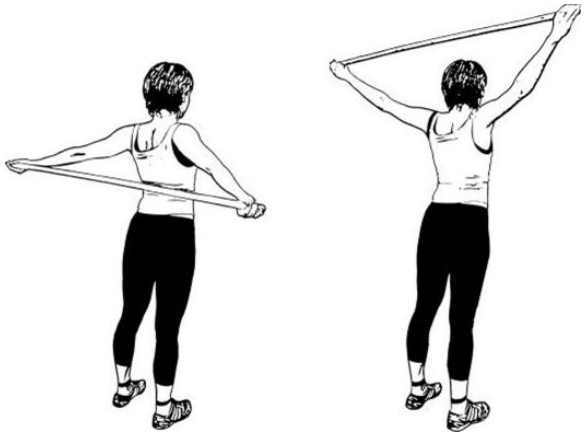


Рисунок 3 – Вправа з гімнастичною палицею для формування правильної постави [10].

Таким чином, комплексне та науково обґрунтоване застосування засобів лікувальної фізичної культури дозволяє не лише уповільнити прогресування сколіозу, але й сприяє відновленню функціонального стану хребта та покращенню загального фізичного розвитку.

Висновок: системне та диференційоване застосування засобів лікувальної фізичної культури відповідно до ступеня сколіотичної деформації забезпечує зміцнення м’язового корсету, корекцію порушень постави та стабілізацію функціонального стану хребта, запобігаючи прогресуванню патології.

Посилання

1. Дослідження проблем корекції порушень постави та сколіозу засобами фізичної реабілітації / Національний університет фізичного виховання і спорту України. URL: https://reposit.uni-sport.edu.ua/server/api/core/bitstreams/538b3d8e-e624-4bad-b4f0-07696e6c65b4/content (дата звернення: 17.03.2026).
2. Наука і навчальний процес : матеріали XX наук.-практ. конф. Вінниця, 2020. 246 с. URL: https://vsei.vn.ua/images/Doc/Nauka/Konferentsiya_ta_seminary/materiali-XX-konferenciyi-nauka-i-navchalnij-proces-2020.pdf#page=246 (дата звернення: 17.03.2026).

3. Волошко Л. Б., Трирог В. А. Особливості застосування фізичної культури при сколіозах у дітей. Фізична реабілітація та здоров'язбережувальні технології: реалії та перспективи. URL: https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/8640 (дата звернення: 17.03.2026).
4. Роспопа Е. Б. Особливості фізичної терапії при сколіозі : кваліфікаційна робота. Тернопіль : Тернопільський національний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського, 2025. URL: https://repository.tdmu.edu.ua//handle/123456789/18805 (дата звернення: 17.03.2026).
5. Сучасні технології в оздоровчій діяльності : матеріали наук.-практ. конф. Запоріжжя, 2025. 28 с. URL: https://zp.edu.ua/wp-content/uploads/2025/11/suchasni_tekhnolohiyi_v_ozdorovchiy_diyalnosti_2025.pdf#page=28 (дата звернення: 17.03.2026).
6. Нерода Р. С. Фізична реабілітація при сколіозі : кваліфікаційна робота / Західноукраїнський національний університет. URL: https://dspace.wunu.edu.ua/bitstreams/a5a9d81e-42e0-4071-8eab-aa3d9800b9e5/download (дата звернення: 17.03.2026).
7. Сологубова С. В. Використання вправ для зміцнення м'язів спини при прийомі контрольних нормативів у ВНЗ // Фізична культура, спорт та здоров'я нації : зб. наук. праць. Вінниця, 2015. Вип. 19, т. 1. С. 417–422. URL: https://www.vspu.edu.ua/science/art/a166.pdf#page=411 (дата звернення: 15.03.2026).
8. Ступені сколіозу. URL: https://times.zt.ua/skolioz-profilaktyka-dumka-eksperta/ (дата звернення: 17.03.2026).
9. Розтягування на похилій площині. URL: https://studfile.net/preview/9125640/page:76/ (дата звернення: 17.03.2026).
10. Вправи з гімнастичною палицею. URL: https://mama.ua/uk/28678-vpravy-dlia-profilaktyky-skoliozu-ta-kifozu-u-ditei/ (дата звернення: 17.03.2026).

РОЗВИТОК ПІЗНАВАЛЬНОГО ІНТЕРЕСУ УЧНІВ НА УРОКАХ ФІЗИКИ ЗАСОБАМИ ІНТЕРАКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Магістр, вчитель фізики та астрономії А.А. Гончарова
Троїцький ліцей Української сільської ради
док. пед. наук, професор О.Я. Кузнєцова
Бердянський державний педагогічний університет тимчасово переміщений до м. Запоріжжя

Сучасна система освіти, відповідно до Національної доктрини розвитку освіти, орієнтується на створення сприятливих умов для самовизначення та саморозвитку учнів. Реалізація цього завдання потребує організації навчального процесу з урахуванням індивідуальних потреб, інтересів і здібностей здобувачів освіти. Одним із найбільш ефективних засобів підвищення якості навчання є впровадження інтерактивних технологій, зокрема у викладанні фізики. Інтерактивні методи сприяють активізації пізнавальної діяльності, формуванню критичного мислення, розвитку

комунікативних умінь та здатності до співпраці. Вони створюють освітнє середовище, у якому учні стають активними учасниками навчального процесу, що позитивно впливає на рівень мотивації та засвоєння знань. Використання сучасних онлайн-платформ і цифрових ресурсів дозволяє зробити навчання більш індивідуалізованим, доступним і результативним.

Метою роботи є дослідити ефективність використання інтерактивних технологій у навчальному процесі та їхній вплив на пізнавальну активність учнів. Перш ніж говорити про інтерактивні методи навчання, необхідно спершу чітко визначитися зі змістом цього поняття, враховуючи його співвідношення з традиційними підходами до освітнього процесу.

Традиційні методи, такі як лекції, пояснення чи демонстрації, переважно орієнтовані на пасивне засвоєння інформації, тоді як ігрові та інтерактивні методи роблять учня активним учасником процесу пізнання, сприяючи глибшому засвоєнню матеріалу та розвитку критичного мислення, уяви і комунікативних навичок. Ігровий метод навчання передбачає використання елементів гри для досягнення освітніх цілей, де головним завданням є створення умов для активного пізнання, формування практичних навичок та закріплення теоретичних знань через практичні дії.

Історія використання ігрових методів бере свій початок від педагогічних систем XVIII–XIX століть, коли було помічено, що гра стимулює інтерес учнів та підвищує ефективність навчання. У XX столітті з’явилися навчальні ігри, рольові вправи та симуляції, а з розвитком технологій – комп’ютерні та інтерактивні симуляції, що дозволило поєднати гру і сучасні цифрові інструменти. Сьогодні інтерактивні методи включають дискусії, кейс-методи, рольові ігри, комп’ютерні симуляції та інтерактивні вправи, що забезпечують миттєвий зворотний зв’язок і закріплюють знання. Для максимально ефективного застосування цих методів важливо поєднувати їх із традиційними підходами, чітко визначати мету кожної вправи, давати учням можливість робити власні висновки, адаптувати рівень складності до підготовки учнів та використовувати різноманітні інструменти для підтримки мотивації та зацікавленості. Таким чином, інтерактивні та ігрові методи не замінюють традиційні підходи, а доповнюють їх, роблячи навчальний процес активним, цікавим та результативним.

Організація навчального процесу із застосуванням ігрових технологій передбачає цілеспрямоване створення умов, у яких освітня діяльність набуває форми гри, що поєднує пізнавальний та розважальний аспекти. В основі цього підходу лежить ідея, що гра виступає природним механізмом активізації мислення, розвитку творчості та підвищення внутрішньої мотивації учнів. Грамотно організований ігровий процес сприяє підвищенню мотивації до навчання, розвитку критичного мислення, формуванню комунікативних умінь і демократичних цінностей. Учні вчаться діяти в умовах співпраці, приймати рішення, аргументувати власну позицію та брати відповідальність за результат.

На практиці використано інтерактивні платформи LearningApps.org, Kahoot!, Wordwall, які сприяють активізації навчального процесу.

За допомогою LearningApps.org вчитель та учні створюють інтерактивні вправи, такі як вікторини, кросворди, ігри на відповідність, картки тощо. Користувачі можуть налаштовувати свої вправи, додаючи мультимедійні елементи, такі як зображення, аудіо та відео, щоб покращити процес навчання (рис. 1).

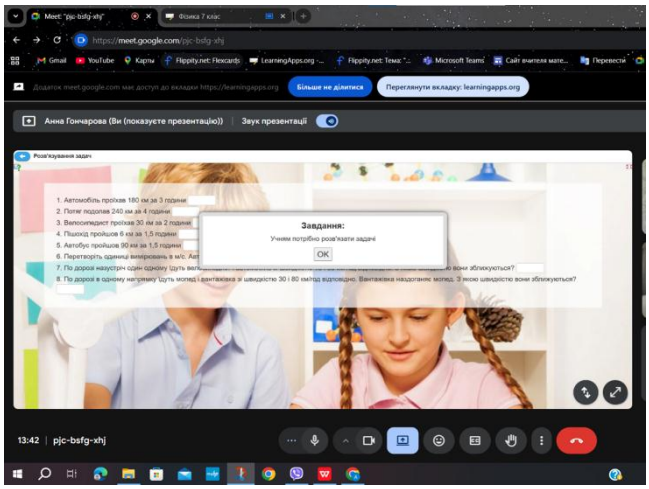


Рисунок 1 – Використання платформи LearningApps.org на уроці фізики

Kahoot! — це інтерактивна навчальна платформа, що дозволяє створювати та проводити вікторини, опитування й дискусії у форматі гри. Спочатку розроблена для аудиторної роботи, сьогодні вона активно використовується також у дистанційному навчанні, корпоративних тренінгах і навіть соціальних заходах. Платформа ґрунтується на принципах гейміфікації, поєднуючи елементи змагання з навчальними завданнями, що стимулює інтерес і активність учасників (рис.2).

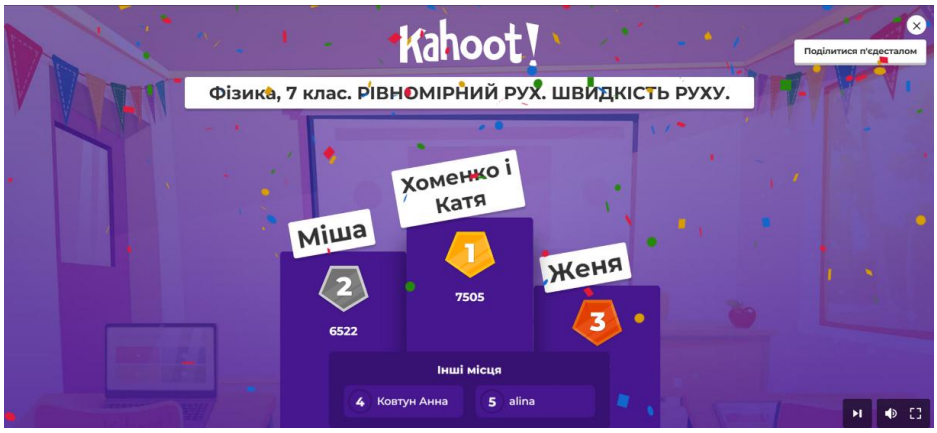


Рисунок 2 – Використання платформи Kahoot у підведенні підсумків

Інтерактивна платформа Wordwall є сучасним цифровим сервісом, що дозволяє створювати різноманітні інтерактивні завдання для уроків фізики. Вона дає змогу перетворити традиційні вправи на динамічні, ігрові форми навчання, що сприяє підвищенню пізнавальної активності та зацікавленості учнів.

Завдяки простому інтерфейсу та великій кількості шаблонів учитель може швидко створювати тести, вікторини, кросворди, вправи на встановлення відповідностей, сортування чи вибір правильної відповіді (рис. 3).

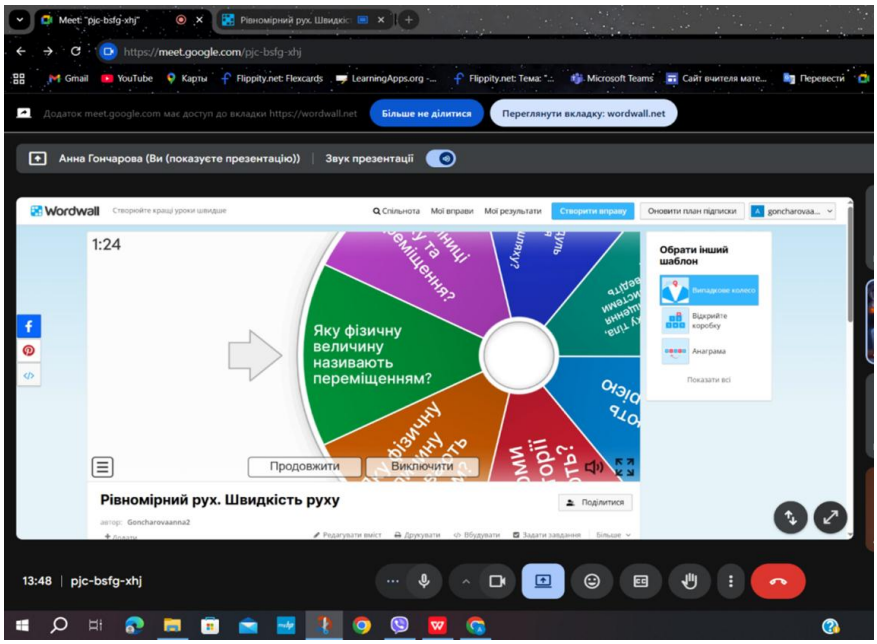


Рисунок 3 – Використання платформи Wordwall у перевірці вивченого матеріалу

Усі ці ресурси підвищують зацікавленість учнів і сприяють ефективному засвоєнню навчального матеріалу, бо мають багато можливості, які дозволяють урізноманітнити уроки. Як показує досвід, будь-який матеріал можна перетворити з презентації на поживу для розуму. Такі завдання можуть бути орієнтовані на самостійну роботу, роботу в парі, маленьких групах чи на обговорення класом. Час на виконання може коливатися від 1 до 15 хвилин і більше. Такі завдання часто є підготовчими перед переходом до дискусії, виконанню лабораторних робіт тому, що після того, як учні мали трохи часу замислитися над матеріалом, вони значно активніше вступають у дискусію.

Включення до навчального плану різних видів роботи з використанням інтерактивних технологій стимулює розумову активність учнів, допомагає формувати не лише знання, а й життєві компетентності - уміння застосовувати теорію на практиці, приймати обґрунтовані рішення, аналізувати результати експериментів.

Було проведено анкетування серед учнів з метою вивчення ефективності використання інтерактивних технологій на уроках фізики, що дозволило оцінити вплив інтерактивних технологій на навчальну мотивацію та якість засвоєння фізичних знань.

Висновки. Як показує досвід, інтерактивні технології навчання ефективніші за інші педагогічні підходи у сприянні інтелектуальному, соціальному та духовному розвитку учнів. Інтерактивні технології навчання сприяють ефективному розвитку в учнів математичних здібностей, логічного

мислення, розуміння загальнолюдських цінностей і норм поведінки; формуванню навичок самостійного добування навчальної інформації, забезпечують партнерську взаємодію між учителем і учнями, підвищують мотивацію до навчання, розвивають критичне мислення, комунікативні та творчі здібності, і загалом сприяють підвищенню рівня та якості фундаментальної підготовки школярів.

Посилання

1. Гельман В.В., Дейніченко Т.І. Інноваційні педагогічні технології в цифровій школі : матер. наук.-практ. конф. молодих учених (16- 17 травня 2019 р., Харків). Харків: ХНПУ, 2019. С. 177-179.
2. Наволокова Н.П. Енциклопедія педагогічних технологій та інновацій. – Х.: Вид. група «Основа», 2012. – 176 с. – (Серія «Золота педагогічна скарбниця»).
3. Захарчук Т.В. Інноваційні технології навчання в сучасній школі: Український науковий журнал / Гол. ред. В.М. Бебик, 2011. 48 с.
4. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.mon.gov.ua.
5. Інтерактивне навчання [Електронний ресурс]. – Режим доступу : *https://uk.wikipedia.org/wiki*

LEXICAL FEATURES OF STYLE IN ENGLISH ADVERTISING TEXTS

Student A.A. Hordiienko
Supervisor - Associate Professor, PhD L. Karmazina
Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

Advertising is a powerful instrument in modern communication. In a globalized world, English is the main international language. English-language advertising plays a unique role in intercultural exchange. It combines linguistic, cultural, and psychological factors. Its content and form depend on the cultural context where it is created and received. An advertising text represents a strategic act meant to influence the addressee. The choice of words is fundamental to achieving this goal.

This topic matters because English dominates international marketing, making it necessary to understand how language drives effective communication. Knowing advertising's lexical features helps us analyse or create messages that fit the culture, audience, and goal. Advertising shapes values, sets consumption standards, and creates ideals of success and beauty, influencing worldviews.

Roman Jakobson’s model of language functions is considered one of the most influential concepts in linguistics. It is often mentioned in studies of communication because it explains how language works in different situations.

According to Jakobson, every act of communication includes several elements: the addresser, the addressee, the message, the context, the code, and the channel of communication [1]. These elements correspond to six main functions of language: the emotive, conative, referential, phatic, metalingual, and poetic functions.

At first glance, the model seems quite simple. But when we start thinking about real communication, we notice that these functions often overlap. In everyday speech people rarely use only one function. For example, when someone says something emotional, they may also try to influence the listener at the same time. Communication is rarely "pure". It is usually mixed.

One of the most noticeable functions in advertising discourse is the emotive function. It focuses on expressing feelings and emotional attitudes. Advertisements try to make people feel something — excitement, curiosity, pleasure, or even a small sense of urgency. In other words, they try to create a mood.

Very often advertisers use emotionally coloured words to achieve this effect. We see many positive adjectives such as *perfect*, *amazing*, *luxurious*, *fresh*, or *unique*. Sometimes these words are repeated again and again in different campaigns. It may look simple, but it works. People react to emotions faster than to logical explanations.

Because of this, the emotional component becomes extremely important in advertising. The goal is not only to describe a product but also to associate it with positive experiences — comfort, beauty, success, or safety. And honestly, we see this everywhere: in cosmetics advertising, in food commercials, even in technology marketing. Emotional influence often becomes stronger than rational arguments. For this reason, the emotive function plays a central role in advertising discourse.

The conative function is aimed at the addressee and tries to influence their behaviour. In advertising, it appears in direct appeals, calls to action, and rhetorical questions. Its purpose is to encourage the consumer to buy a product, use a service, or change their attitude to a brand.

This function often uses imperatives, short phrases, and personalised expressions. Because of this, the message sounds direct and personal. It feels as if the advertisement is speaking to the consumer personally. That is why the conative function is one of the main tools of persuasion in advertising.

The referential function in advertising is responsible for giving factual information about a product, service, or brand. Without this function, advertising would seem empty. People need at least some real details. Usually, these details include the product's characteristics, composition, price, conditions of use, or its main advantages. Still, this information is never completely neutral. Advertisers choose facts very carefully. They include the details that create a good impression and leave out what may weaken the persuasive effect.

In this way, the consumer receives a certain minimum of objective information, but this information is already shaped in a specific direction. It is usually brief, clear, and easy to remember. Numbers are often used here. So are phrases that highlight benefit, such as *up to 50% faster*, *100% natural ingredients*, or *lasts all day*. These elements make the message sound more reliable. Or at least

more convincing. And this matters a lot, because people often trust exact figures more than general promises.

The phatic function, in its turn, is connected with establishing and maintaining contact with the audience. This is especially important in advertising, where every brand is fighting for attention. Really fighting for it. Consumers see hundreds of messages every day, so advertisers need some way to catch the eye and keep interest alive. That is why phatic elements appear so often.

These elements can be very simple: short phrases, direct forms of address, questions, interactive lines, catchy openings, even sound or visual signals. For example, phrases like *Hey, you!*, *Are you ready?*, or *Stay with us* do not always give new information, but they create the feeling of dialogue. And this feeling is important. It makes the message seem more personal, more direct, and sometimes even more memorable. As a result, the audience feels involved, and the connection between the consumer and the brand becomes stronger over time.

The metalingual function is a bit different. It is used when advertising explains the meaning of certain words, terms, or ideas that appear in the message. This function becomes especially visible in advertisements for technology, medicine, cosmetics, or other fields where specialised vocabulary is common. In such cases, a message can easily become too difficult for an ordinary consumer. And if people do not understand the text, they are less likely to trust it.

For this reason, advertisers often simplify complicated concepts and explain them in more accessible language. They may decode technical terms, paraphrase professional vocabulary, or give short clarifications directly in the text. This does not just make the advertisement clearer. It also helps avoid misunderstanding and creates a sense of openness. The consumer feels that the brand is trying to speak clearly, not to confuse. And honestly, this clarity can be very persuasive. When people understand what exactly is being offered and why it may be useful, they are much more likely to respond positively.

The poetic function focuses on the form of the message — its sound, rhythm, wordplay, and stylistic expression. It makes advertising text appealing, memorable, and aesthetically impressive. Slogans emerge through the poetic function. Their power exists not only in content but also in form. Advertising texts actively employ rhyme, alliteration, assonance, parallelism, metaphors, and puns. These devices create a sense of melody and rhythm, which makes the message easier to remember. The poetic function also helps a brand develop its own style and recognition. A creative form of expression often becomes a key element in an advertising campaign's success.

To successfully translate advertising slogans and taglines, a translator must know the language's norms. They must have a set of tools that allow them to flexibly adapt the information to the needs of a specific audience. Because of cultural differences and varying perceptions of humour, wordplay, metaphors, and connotative nuances, advertising formulas can rarely be translated word-for-word. This is precisely why translation transformations are necessary.

There are many classifications of lexical transformations in the academic literature; however, one of the most consistent is the system developed by V.I. Karaban. The scholar identified the following translation transformations: transcription and transliteration, calque (loan translation), lexico-semantic substitution, concretization, generalization, and modulation (semantic development) [2].

Among grammatical transformations, V.I. Karaban includes syntactic assimilation, grammatical substitutions, and sentence splitting and merging. In addition, he distinguishes complex lexico-grammatical transformations, such as antonymic translation, explication (descriptive translation), and compensation. As technical translation techniques, the scholar proposes to include transposition, addition, and omission.

The vocabulary of advertising texts varies considerably across industries, as each sector develops its own communication style tailored to its audience's specific needs and expectations.

In the sports industry, the vocabulary of action, strength, and motivation dominates. Verbs of activity, short imperative constructions, and words with the semantics of movement, overcoming, and achievement are frequently used. The style of such texts is dynamic and energetic. The vocabulary is uncomplicated and direct, without excessive imagery — it is meant to provoke an immediate response and create a feeling of purpose, for example: "Just Do It." — Nike, "Impossible Is Nothing." — Adidas.

Sensory vocabulary in food advertising is deliberately designed to stimulate appetite and trigger consumers’ taste memories. It is oriented toward pleasure, comfort, and positive emotions. Fundamental aspects include adjectives that describe texture, temperature, and taste. Sensory vocabulary psychologically triggers a physical response—the description of food can induce salivation and a feeling of hunger. The style of these texts is light, emotional, and may include elements of humour or phonetic play. Repetition, rhythmic constructions, and diminutive forms are often used, making the message pleasant to hear and easy to remember. The impact on the audience is to form associations with enjoyable moments and relaxation: "I'm Lovin' It." — McDonald's, "It's Finger Lickin' Good." — KFC.

Advertising in the cosmetics and perfumery industry uses the most poetic and metaphorical language of all industries. This distinctive style has a significant psychological impact, as cosmetic advertising is closely linked to social beauty standards, self-esteem, and the human desire for attractiveness and acceptance. In particular, vocabulary that emphasizes youth, perfection, and a well-groomed appearance can both motivate self-care and form unrealistic expectations. However, modern advertising messages are increasingly shifting from focusing on flaws to highlighting natural beauty and individuality. As a result, the emotional tone of such texts is typically intimate and trust-building, as seen in slogans like "Because You're Worth It." — L'Oréal and "Maybe She's Born With It. Maybe It's Maybelline." — Maybelline.

The vocabulary of technology advertising combines technical expressions with simple, accessible language. The foundation consists of adjectives denoting novelty, speed, and improvement. Many brands introduce their own terminology, which quickly becomes part of the common vocabulary, reinforcing a product's sense of uniqueness. The psychological effect of such vocabulary aims to create in the consumer a sense of being progressive and in control of their own life. Advertising builds confidence that a purchase will help them keep up with the times, solve everyday tasks more easily and efficiently, and stand out from others: "Think Different." — Apple, "Empowering Us All." — Microsoft.

The language of premium advertising is usually restrained, elegant, and polished. It does not sound too loud or aggressive. Instead, it creates an impression of exclusivity. Advertisers often use words that suggest perfection, uniqueness, and high status. This kind of vocabulary makes the audience feel that the product is not for everyone, but only for a select group of people.

In this way, premium advertising does more than simply promote a product. It builds a certain lifestyle, identity, and system of values. The consumer is invited not just to buy something, but to feel special. This idea can be clearly seen in famous slogans such as “The Best or Nothing” by Mercedes-Benz and “A Crown for Every Achievement” by Rolex.

Conclusions

1. Advertising text is a strategically constructed communicative act that combines information, emotional appeal, and psychological influence. Its purpose is not only to inform the consumer, but also to attract attention, create desire, and motivate action. In this process, lexical devices play a central role.
2. Advertising language realizes all six functions — emotive, conative, referential, phatic, metalingual, and poetic. Each of these functions is important for building an effective message, because together they help inform, persuade, explain, maintain contact, and create expressiveness.
3. The vocabulary of advertising texts varies greatly depending on the industry. The language used in beauty advertising, for example, differs from that of technology, medicine, food, or luxury brands. This shows that advertising vocabulary is always connected with the product type and the target audience.
4. Lexical choice in advertising is always strategic. It shapes the image of the brand, creates the emotional atmosphere of the message, and influences the behavioural patterns of the target audience. In other words, words in advertising are chosen not randomly, but with a clear persuasive purpose.
5. The effectiveness of an advertising text depends directly on how well its lexical stylistic devices are adapted to the target audience. Advertising becomes effective only when its language corresponds to the cultural norms, expectations, and emotional needs of consumers.
6. Translation transformations, lexical substitutions, and the search for new metaphors are essential tools in adapting advertising texts to a different cultural

and linguistic environment. They make it possible to preserve the main idea of the message while adjusting it to another audience.

7. A professional translator of advertising texts must combine linguistic competence with knowledge of marketing, industry specifics, and consumer psychology, as well as an understanding of modern translation tools. This makes advertising translation a complex but very important field.

References

1. Jakobson R. Language in Literature / ed. by K. Pomorska, S. Rudy. Cambridge : Harvard University Press, 1987. P. 71.
2. Карабан В. І. Попередження інтерференції мови оригіналу в перекладі (вибрані граматичні та лексичні проблеми перекладу з української мови на англійську): навч. посіб. / [В. І. Карабан, О. В. Борисова, Б. М. Колодій, К. А. Кузьміна] ; за ред. проф. В. І. Карабана. Вінниця : Нова книга, 2003. 205 с.

ФОРМУВАННЯ МОТИВАЦІЙНОЇ ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНІХ ВИКЛАДАЧІВ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДО НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Аспірант О.Г. Грицан
Керівник – д-р пед. н., проф., член-кореспондент
НАПН України В.В. Сидоренко
Білоцерківський інститут неперервної професійної освіти ДЗВО
«Університет менеджменту освіти» НАПН України
м. Біла Церква, Україна

Дослідницька компетентність є невід'ємною частиною професійного становлення майбутнього викладача вищої школи, що сприяє підготовці педагога-дослідника, розвитку його методологічної культури, творчих здібностей, пізнавальних інтересів, дослідницьких умінь, підвищенню ефективності та якості освітнього процесу, забезпечує конкурентоспроможність сучасного фахівця на ринку освітніх послуг.

Дослідницька компетентність може виявлятися тільки в органічній єдності з мотивами та цінностями людини, тобто за наявності ціннісно-смислового ставлення, глибокої особистісної зацікавленості в даному виді діяльності [1, с. 61]. Тому формування мотиваційної готовності майбутнього викладача ЗВО до науково-дослідницької діяльності є актуальною педагогічною проблемою, оскільки закладає фундамент для підготовки фахівця із дослідницькою культурою, аналітичними здібностями, *здатного до наукового пошуку, безперервного навчання впродовж життя шляхом формальної, неформальної та інформальної освіти.*

Мотиваційна готовність майбутніх викладачів ЗВО визначаємо як комплексну особистісну характеристику, що передбачає здатність викладачів до наукового пошуку, науково-дослідницької діяльності, задоволення пізнавальних потреб і наукових інтересів; прагнення пізнавати нове, розв'язувати дослідницькі і наукові завдання; опанування навичками організації і проведення науково-дослідної роботи; пізнавальний інтерес, бажання досягти успіху; постійний безперервний саморозвиток та самовдосконалення шляхом формальної, неформальної та інформальної освіти; самореалізація власних ідей, професійних задумів; розширення наукової ерудиції тощо.

Мотивацію до науково-дослідницької діяльності майбутнього викладача ЗВО тлумачимо як складне багатокомпонентне утворення, що складається із системи мотивів, що спонукають до конкретних вчинків, форм поведінки та визначають характер, спрямованість і зміст діяльності. Мотивацію до науково-дослідницької діяльності майбутнього викладача ЗВО поділяємо на два різновиди: внутрішню і зовнішню.

Внутрішня мотивація – це сукупність потреб, стимулів, мотивів, що ініціюють і регулюють науково-дослідницьку діяльність майбутнього викладача ЗВО з середини особистості, спричинена сформованою світоглядною позицією і стійкими пізнавальними інтересами, тобто є *внутрішньою потребою.* Внутрішня мотивація пов'язана з інтересом та зосередженістю до виконання науково-дослідницької діяльності, яка є цінною і професійно значущою для майбутнього викладача ЗВО.

Зовнішня мотивація пов'язана із впливом об'єктивних потреб, стимулів, мотивів, що ініціюють і регулюють науково-дослідницьку діяльність майбутнього викладача ЗВО, зокрема соціального макросередовища, освітніх викликів, вимог ринку праці, подолання кваліфікаційного розриву у навичках, компетентностях при підготовці фахівців із вищою освітою тощо.

Узагальнення результатів аналізу джерельної бази дослідження, проведене нами опитування здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 01 Освіта/Педагогіка спеціальності 011 Освітні, педагогічні науки дало можливість виокремити **зовнішні** (*об'єктивні* або *соціально-професійні*) і **внутрішні** (*суб'єктивні*) мотиви формування дослідницької компетентності студентів ЗВО, здійснення ними науково-дослідницької діяльності (рис.1).

Внутрішні (*суб'єктивні*) *мотиви формування дослідницької компетентності* у майбутніх викладачів ЗВО співвідносимо з виникненням пізнавальних потреб і розвитком потреби до здійснення науково-дослідницької діяльності незалежно від впливів соціокультурного середовища і професійної дійсності. Внутрішні мотиви зумовлені індивідуальними психофізіологічними особливостями майбутніх викладачів ЗВО, різними структурно-функціональними компонентами психіки, параметрами внутрішніх ресурсів (мотиваційні установки, потреби, інтереси тощо),

сформованою картиною світу, які визначають індивідуальний стиль професійної діяльності і професійно-педагогічної взаємодії із суб'єктами освітнього процесу, наявність стійкої мотивації до навчальної, пізнавальної та науково-дослідницької діяльності, пізнавального інтересу, безперервного навчання впродовж життя шляхом формальної, неформальної та інформальної освіти.

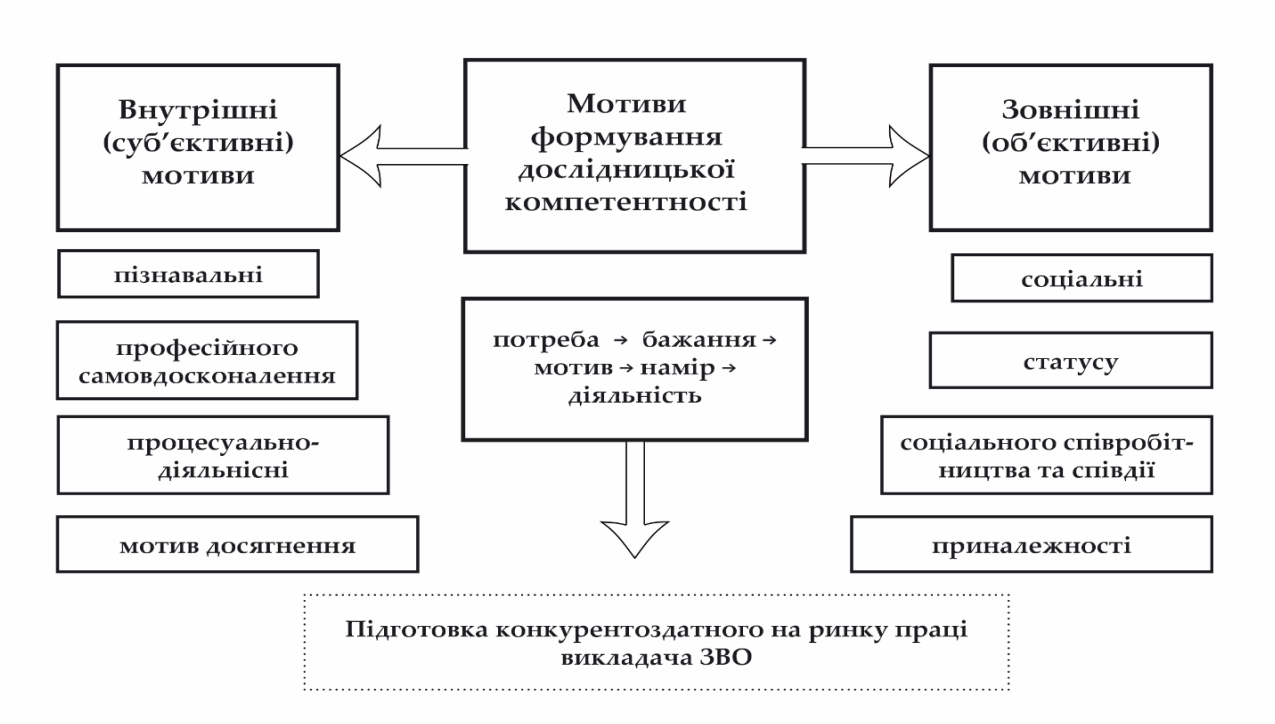


Рисунок 1 – Мотиви формування дослідницької компетентності у майбутніх викладачів ЗВО

За твердженням О.С. Повідайчик, М.М. Попик, А.М. Ребляна, високий рівень сформованості внутрішніх мотивів, які включають пізнавальні інтереси і прагнення, безпосередньо впливає на розвиток потреби до здійснення науково-дослідницької діяльності, зумовлює її ефективність, отже, науково-дослідницька діяльність студентів ЗВО детермінована внутрішніми мотивами [3, с. 220]. Умовами, які позитивно впливають на розвиток мотивації у студентів ЗВО до науково-дослідницької діяльності, є: оволодіння ними теоретичними знаннями у сфері наукових досліджень і дослідницькими вміннями, усвідомлення їх ролі в процесі професійної діяльності; забезпечення високого ступеня самостійності студентів; продуктивна взаємодія між студентами і викладачами та високий рівень науково-дослідницької компетентності педагогів, які беруть участь у процесі науково-дослідницької підготовки студентів [3, с. 219].

До **внутрішніх мотивів** формування дослідницької компетентності у майбутніх викладачів ЗВО належать такі:

●*пізнавальні мотиви,* що закладені в самому процесі науково-дослідницької діяльності та спонукають майбутніх викладачів ЗВО до наукового пошуку, пізнання, бажання долати труднощі інтелектуального

характеру, оволодіння новими фактами, явищами і закономірностями. Пізнавальні мотиви є основою ефективного навчання здобувачів у ЗВО, забезпечуючи сформованість дослідницької компетентності і високий рівень дослідницької культури майбутнього викладача, що вибудовується особистістю з урахуванням власних професійних якостей, мотивів, ціннісних орієнтацій, стилю професійно-педагогічної діяльності, способів взаємодії, а також наявного професійного досвіду, аналізу та узагальнення помилок і труднощів, бачення перспектив професійного розвитку. Пізнавальну спрямованість майбутніх викладачів ЗВО складає: допитливість, дослідницький інтерес до досліджуваних об'єктів і явищ, до процесу вирішення проблеми, науково-дослідницької діяльності, в результаті якого виникає пізнавальна і пошукова активність, яка викликає дослідницьку поведінку; наукова ерудиція; інтелектуальна активність; прагнення здобути нові знання і навчитись їх ціннісно використовувати в освітньому процесі; наявність стійких пізнавальних інтересів, переконань;

- *мотиви професійного самовдосконалення і самореалізації*, що включають уміння майбутніх викладачів ЗВО виявляти і використовувати власні потенційні ресурси в процесі науково-дослідницької діяльності, проявляти інтелектуальну ініціативу і самостійність у прийнятті рішень щодо вибору шляхів і змісту наукового пошуку, реалізації індивідуальної траєкторії розвитку, бажання розвивати та вдосконалювати ключові і фахові компетентності, особисті здібності;
- *процесуально-діяльнісні мотиви*, що забезпечують оптимізацію діяльності, підвищення її ефективності за рахунок високої продуктивності і передбачають зацікавленість майбутніх викладачів ЗВО у самому процесі та змісті науково-дослідницької діяльності. Процесуально-діяльнісні мотиви включають орієнтацію на мотиви і цінності обраної професії, потребу в ній; певний рівень сформованості дослідницьких, аналітичних, прогностичних навичок, необхідних для проведення наукових досліджень; виконання дослідницьких дій для вирішення поставлених завдань; уміння шукати, накопичувати, критично оцінювати інформацію, прогнозувати шляхи розвитку проблеми, застосовувати ефективні технології і моделі; готовність до науково-дослідницької роботи в нових умовах;
- *мотиви досягнення* передбачають бажання майбутніх викладачів ЗВО знаходити і вирішувати проблеми, досягати поставленої мети і завдань наукового пошуку, отримувати задоволення від навчання та наукової діяльності.

Зовнішні (*об'єктивні* або *соціально-професійні*) *мотиви* виникають в результаті впливу об'єктивних стимулів, що ініціюють і регулюють науково-дослідницьку діяльність майбутніх викладачів ЗВО, тобто зумовлені *зовнішніми чинниками*. Серед зовнішніх мотивів формування дослідницької компетентності у майбутніх викладачів ЗВО виокремлюємо такі:

- *соціальні мотиви*, пов'язані з громадянськими і моральними позиціями, важливими для особистості, громадянина і патріота держави, соціальними устремліннями і сформованою системою ціннісних орієнтирів. Майбутні викладачі ЗВО мають усвідомлювати значущість науково-дослідницької діяльності для професійної підготовки сучасного конкурентоздатного на ринку праці фахівця, проявляти інтерес до проведення дослідження, бажання більш глибоко опанувати майбутньою професією, прагнення принести користь своєю соціально корисною діяльністю та нести відповідальність за її результати і наслідки;
- *мотив статусу*, за якого навчання у ЗВО сприймається майбутніми викладачами як шлях до підвищення індивідуального благополуччя, професійного визнання, успіху, кар'єрного зростання, розвитку педагогічної майстерності, підвищення кваліфікаційного рівня; бажання працювати у майбутньому за фахом, що мотивується зацікавленістю змістом власної професійної діяльності; усвідомлення можливості продовжувати наукову роботу після закінчення ЗВО;
- *мотиви соціального співробітництва та співдії,* що передбачають взаємодію майбутніх викладачів ЗВО із професійним оточенням, ефективну комунікацію; організацію та участь у науковому (академічному) дискурсі, спрямовану на спільне досягнення цілей, передачу наукових положень, наукової і технічної інформації, вирішення наукових проблем, формування наукової картини світу та визначення напрямів суспільного прогресу; розвиток атмосфери творчості, новаторства, відкритості наукових дискусій; участь в обговоренні результатів реалізації дослідницьких проєктів;
- *мотиви приналежності*, що включають спілкування майбутніх викладачів ЗВО з видатними вченими і педагогами, лідерами і представниками наукових шкіл, де результат наукової діяльності потребує не лише академічного дискурсу, наукової оцінки, а й суспільної легітимації.

Висновки. Отже, сформована система цінностей, смислів, світоглядних позицій реалізують фахівця як особистість та забезпечують його стійкість у поведінці, вчинках, професійній діяльності. Мотиви та ціннісні орієнтації особи впливають на регуляцію розумових і пізнавальних процесів, тісно пов'язані з емоційно-вольовими механізмами психіки людини і регулюють її соціальну поведінку й професійну діяльність [1, с.61]. Формування мотиваційної готовності майбутніх викладачів ЗВО до науково-дослідницької діяльності є важливим для підготовки сучасних фахівців, їхнього професійного становлення, розвитку професійно важливих особистісних якостей і здібностей, подальшої успішної професійної діяльності, життєвого самовизначення та самореалізації відповідно до соціокультурних та освітніх викликів. Створене у ЗВО студентоцентроване освітнє середовище, психологічний супровід професіоналізації майбутніх фахівців з метою виявлення основних проблем, пов'язаних із початковим етапом професійної кар'єри, сформований під час навчання комплекс стійких мотивів

визначають позитивне ставлення, інтерес майбутнього викладача до своєї професії, задоволеність здійсненим професійним вибором, орієнтацію на мотиви і цінності обраної професійної діяльності, потребу в досягненнях і самовдосконаленні, професійну самовизначеність.

Посилання

1. Головань М.С., Яценко В.В. Сутність та зміст поняття «дослідницька компетентність». Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі : зб. наук. пр. Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2012. Вип. VII. С. 55-62. URL: https://surl.lu/spdqbo.
2. Грицан О. Теоретичні засади формування дослідницької компетентності майбутніх викладачів закладів вищої освіти. *Український Педагогічний журнал*, (4), 2025. С. 78–88. https://doi.org/10.32405/2411-1317-2025-4-78-88
3. Повідайчик О., Попик М., Реблян А. Мотиваційні аспекти науково-дослідницької діяльності студентів закладів вищої освіти. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Серія : «Педагогіка. Соціальна робота». 2022. Вип. 1(50). С. 219-222. URL: https://surl.li/jauzui
4. Стандарт вищої освіти України. Другий (магістерський) рівень, галузь знань 01 Освіта/Педагогіка, спеціальність 011 Освітні, педагогічні науки: від 11.05.2021 р. № 520. URL: https://surl.li/tlbege

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗВИТКУ ОБДАРОВАНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ F7 «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ» У ФАХОВОМУ КОЛЕДЖІ

Студентка А.В. Гром, студентка В.Б. Борович, студентка В.В. Радзивіл,
Керівник – викладач Г.І. Кривобока
Керівник – викладач С.С. Заліська
ВСП «Вінницький фаховий коледж НУХТ», м. Вінниця, Україна

Сучасна система освіти в умовах глобальної цифровізації постає перед викликом ефективної підготовки фахівців, здатних працювати у динамічному технологічному середовищі. Особливо актуально це для підготовки фахових молодших бакалаврів за спеціальністю F7 «Комп'ютерна інженерія». Традиційне навчання часто орієнтоване на середнього студента, через що викладачам не завжди вдається забезпечити індивідуалізацію освітнього процесу.

Обдаровані студенти – це молоді люди, які демонструють високий рівень когнітивних та творчих здібностей, здатність вирішувати складні завдання та досягати високих результатів у відповідних галузях. Такі здобувачі освіти мають потенціал для створення інновацій та впровадження змін, що є необхідним для розвитку суспільства та вирішення глобальних проблем.

Штучний інтелект (ШІ) – це галузь науки та технологій, яка розробляє системи, здатні аналізувати інформацію, робити висновки, навчатися та вирішувати завдання, що зазвичай потребують людського інтелекту. Інтеграція ШІ в навчальний процес дозволяє персоналізувати освіту, адаптуючись до потреб обдарованих студентів та розширюючи їхні індивідуальні траєкторії розвитку.

Для студентів спеціальності F7, які демонструють прояви обдарованості, технології ШІ відкривають значні можливості для розвитку творчого потенціалу. Взаємодія обдарованих студентів з інструментами ШІ має взаємовигідний характер: студенти використовують технології для підвищення власних навчальних та професійних досягнень, тоді як системи ШІ отримують креативні вхідні дані, що сприяють їхньому вдосконаленню.

Обдаровані студенти часто потребують складніших завдань і вищого темпу навчання, ніж передбачає стандартна програма. ШІ дозволяє створювати індивідуальні освітні траєкторії, пропонуючи персоналізовані матеріали, що відповідають унікальним здібностям кожного здобувача. Наприклад, адаптивні платформи, такі як Khan Academy, аналізують успіхи студента та автоматично формують плани занять, стимулюючи постійний інтелектуальний ріст.

У спеціальності «Комп’ютерна інженерія» обдарованість проявляється у здатності до алгоритмічного мислення та вирішення складних технічних завдань. ШІ допомагає розвивати ці якості через такі напрямки:

1. Автоматизація рутинних завдань для концентрації на креативності. ШІ може генерувати та перевіряти код, що дозволяє студентам зосередитися на архітектурі системи та логіці алгоритмів.

2. Стимулювання дослідницької діяльності. Системи ШІ надають доступ до великих масивів даних і можуть робити нестандартні висновки, розвиваючи аналітичне та критичне мислення студентів.

3. Підтримка в інтелектуальних змаганнях. Під час хакатонів чи олімпіад ШІ виступає в ролі віртуального ментора, пропонуючи варіанти розв’язання задач або оцінюючи ризики обраних рішень.

Під час вивчення дисциплін напрямку програмування активно використовуються різні продукти штучного інтелекту. Розглянемо найбільш поширені з них.

Codewars та LeetCode – оцінка ефективності алгоритмічних рішень, миттєвий зворотний зв’язок, участь у глобальних змаганнях.

GitHub Actions та SonarQube – аналіз якості коду за індустріальними стандартами, самоконтроль та вдосконалення проєктів.

Чат-боти (наприклад, ChatbotSQL) – допомагають опановувати складні запити до баз даних, надаючи персоналізовані підказки та пояснення у режимі 24/7.

Разом із перевагами, застосування ШІ має й недоліки. Надмірне покладання на технології може знизити розвиток когнітивних навичок, таких як аналітичне мислення або запам’ятовування базових фактів. Відсутність

«живого» спілкування може призвести до зменшення навичок соціальної взаємодії, оскільки ШІ не замінює емоційний зв’язок між людьми. Людський фактор, зокрема особиста мотивація та наставництво викладача, залишається вирішальним для розвитку обдарованих студентів.

Таким чином, ефективне використання ШІ потребує збалансованого підходу: поєднання технологічних інструментів із традиційними методами навчання та наставництвом викладача забезпечує цілісний розвиток молодих талантів у цифровому середовищі.

Інтеграція ШІ в освітній процес коледжу за спеціальністю 123 «Комп’ютерна інженерія» створює сприятливе середовище для реалізації творчого потенціалу студентів. Вони отримують інструменти для самореалізації, що підвищує їхню конкурентоспроможність у цифровій економіці та стимулює інноваційний розвиток суспільства.

Посилання

1. Кротова О. Ю. Значення штучного інтелекту для обдарованої молоді. «Українські студії в європейському контексті». 2024. № 9. С. 151–160.
2. Кривобока Г.І., Коробчинська Д.Ю. Інтеграція штучного інтелекту в освітній процес: підготовка фахових молодших бакалаврів спеціальності 123 комп'ютерна інженерія. // Сучасні педагогічні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців у закладах фахової передвищої освіти: досвід, проблеми, перспективи : матер. Всеукр. наук.-метод. конф. (Вінниця, 29 березня 2024 р.). Вип. № 5 (10). Вінниця : 2025.
3. Chugai O., Havrylenko K. CHATGPT: ATTITUDES AND EXPERIENCES OF TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS IN UKRAINE. «Information Technologies and Learning Tools». 2024. Vol. 101, No. 3. P. 15–27.
4. Laskova-Yarmolenko A. O. Developing Creativity in Gifted Students through the Use of Artificial Intelligence in STEM Education in Contemporary Ukraine. «Education and Development of Gifted Personality». 2025. No. 3 (98). P. 63–69.
5. The Role of Artificial Intelligence in Computer Science Education: A Systematic Review with a Focus on Database Instruction. «Applied Sciences». 2025. Vol. 15 (7). 3960.
6. Tverdokhliebova N., Yevtushenko N. The use of artificial intelligence in the individualization of student learning in higher technical educational institutions. «Educational Challenges». 2025. Vol. 30, No. 2. P. 113-125.

НАВЧАЛЬНА СТУДІЯ РОЗРОБКИ CAMPUS ЯК МОДЕЛЬ НАСКРІЗНОЇ ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІТ-ФАХІВЦІВ

Викладач вищої категорії, викладач-методист Т.М. Гуменна,
викладач І категорії О.М. Кравчук,
викладач, fullstack-розробник М.О. Воронов
Чернівецький політехнічний фаховий коледж,
м. Чернівці, Україна

Сучасне суспільство проходить цифрову трансформацію, що охоплює й освіту. Для фахової передвищої освіти цифровізація стала не лише технічною модернізацією, а стратегічним переходом до компетентнісного підходу, інтеграції навчання з практикою та формування єдиної цифрової екосистеми закладу. Особливо важливо це в умовах дистанційного та змішаного навчання.

Водночас цифрова трансформація має відповідати актуальним запитам ринку праці. Для спеціальності «Інженерія програмного забезпечення» одним із ключових викликів є стрімка зміна технологічних стеків і методологій розробки в ІТ-індустрії. Традиційна академічна модель, що ґрунтується переважно на виконанні ізольованих дисциплінарних завдань, часто не встигає за темпами галузевих змін. Внаслідок цього виникає розрив між теоретичною підготовкою здобувачів освіти та реальними виробничими процесами.

Одним із шляхів подолання зазначених проблем є впровадження моделі навчальної студії розробки, реалізованої в межах проєкту «Campus».

Студія функціонує як середовище, наближене до ІТ-компанії, де студенти різних курсів залучаються до повного циклу розробки програмного продукту із застосуванням сучасних методологій і засобів командної взаємодії. Практичною основою є створення власної цифрової екосистеми «Campus», адаптованої до потреб закладу освіти. Розробка системи виконує подвійну функцію: забезпечує цифровізацію освітніх процесів і водночас слугує навчальним середовищем, у якому студенти набувають практичного досвіду проєктування та реалізації програмних рішень.

Запропонована модель реалізує підхід «Learning by Doing» і сприяє формуванню професійних і надпрофесійних компетентностей. Її впровадження забезпечує поєднання цифрової модернізації освітнього середовища з підготовкою конкурентоспроможних ІТ-фахівців.

Концептуальні основи підготовки ІТ-фахівців

Виклики цифрової трансформації освіти

Цифрова трансформація освіти є складним багатовимірним процесом, що передбачає зміну освітньої парадигми, у межах якої цифрові технології виступають не лише інструментом, а й середовищем формування професійних компетентностей.

Аналіз практики функціонування закладів фахової передвищої освіти дозволяє виокремити ключові виклики цифровізації.

Першим є виклик системної інтеграції, пов'язаний із фрагментарністю використання окремих цифрових сервісів (хмарних сховищ, месенджерів, окремих платформ тестування). Це призводить до дублювання даних і зниження ефективності управління і зумовлює потребу у впровадженні інтегрованих цифрових екосистем із єдиною архітектурою [3].

Другим є виклик адаптивності освітнього середовища, зумовлений необхідністю оперативного оновлення змісту навчання відповідно до змін технологій і вимог ринку праці.

Третій виклик охоплює питання захисту даних, управління доступом і впровадження сучасних механізмів автентифікації. Реалізація механізмів Single Sign-On, зокрема із застосуванням Microsoft Entra ID, потребує не лише технічних ресурсів, а й відповідної кваліфікації розробників і адміністраторів [5].

Четвертий виклик пов'язаний із трансформацією ролей учасників освітнього процесу, зокрема переходом викладача до менторської ролі, а студента – до активної участі у створенні цифрових продуктів.

Таким чином, цифрова трансформація освіти передбачає формування інтегрованих систем, що забезпечують автоматизацію процесів, прозорість управління та умови для практико-орієнтованої підготовки. Це зумовлює необхідність впровадження ефективних моделей навчання, зокрема моделі навчальної студії розробки.

Розрив між академічною підготовкою та вимогами IT-ринку

IT-індустрія характеризується високою технологічною динамікою. За даними аналітичних звітів, актуальність окремих інструментальних знань (фреймворків, бібліотек, технологій) зберігається в середньому 2-3 роки, тоді як цикл підготовки фахівця триває чотири роки. Це породжує явище технологічного відставання: технології, що вивчалися на молодших курсах, можуть суттєво змінитися до моменту завершення навчання.

Аналіз вимог до фахівців початкового рівня (Junior) дозволяє виокремити ключові обмеження традиційної підготовки. По-перше, недостатній рівень сформованості архітектурного мислення, зумовлений орієнтацією на розробку ізольованих застосунків замість комплексних систем. По-друге, обмежений досвід командної розробки, зокрема роботи з системами контролю версій (Git-репозиторіями) і взаємодії з колективним кодом (Code Review, дотриманням стандартів Code Style тощо). По-третє, недостатня методологічна гнучкість у контексті сучасних підходів до управління проєктами. Більшість компаній працює за Agile-підходами (Scrum, Kanban), що передбачають ітеративність, короткі спринти, постійний рефакторинг. Академічне середовище, орієнтоване на поетапне виконання лабораторних робіт, не завжди формує готовність до такої динаміки.

Це все актуалізує потребу у створенні освітнього середовища, що забезпечує залучення здобувачів освіти до повного життєвого циклу розробки програмного продукту.

У цьому контексті проєкт «Campus» базується на концепції «Learning by Doing» і принципах контекстного навчання, відповідно до яких професійні компетентності формуються в процесі розв'язання практично значущих завдань. Такий підхід забезпечує наближення навчання до умов реальної професійної діяльності.

Концепція Learning by Doing та проєктно-орієнтоване навчання

Діяльність навчальної студії розробки ґрунтується на концепції Learning by Doing, відповідно до якої стійкість знань забезпечується їх практичним застосуванням. У підготовці ІТ-фахівців це означає перехід від виконання навчальних завдань до створення повноцінних програмних продуктів.

Реалізація цієї концепції в проєкті «Campus» базується на трьох принципах.

Перший принцип – контекстність навчання – передбачає роботу з реальною інформаційною системою управління закладом та орієнтацію на потреби конкретного користувача. Це підвищує відповідальність за якість, надійність і безпеку рішень.

Другий – активне конструювання знань, за якого викладач виконує менторську функцію, а студенти самостійно здійснюють вибір інструментів і розв'язання практичних завдань. Таким чином здобуті знання інтегруються в професійний досвід значно ефективніше.

Третій – соціальна взаємодія, що реалізується через формування спільноти та наставництво між студентами. Старші студенти виступають наставниками для молодших. Це сприяє закріпленню їхніх компетентностей і розвитку лідерських якостей.

У результаті відбувається інтеграція освітньої та практичної діяльності: програмні модулі є водночас результатом навчання і складовими цифрової інфраструктури закладу освіти. Це забезпечує формування професійної ідентичності здобувачів освіти та їх готовність до роботи в реальному ІТ-середовищі.

Обґрунтування створення моделі навчальної студії розробки CAMPUS

Аналіз існуючих LMS та їх обмежень

Заклад має тривалий досвід використання систем дистанційного навчання, зокрема Moodle, Microsoft Teams та Google Classroom. Вони забезпечують зберігання навчальних матеріалів, комунікацію та організацію освітнього процесу. Водночас їх застосування виявило низку обмежень у контексті підготовки ІТ-фахівців і цифрової трансформації.

По-перше, використання готових LMS формує «ефект чорної скриньки», коли студенти взаємодіють із системою лише на рівні інтерфейсу, без розуміння її архітектури. Це обмежує розвиток інженерного мислення та практичних навичок розробки.

По-друге, універсальні платформи не повною мірою відповідають специфіці адміністративних процесів закладу освіти. Їх адаптація до вимог

планування навантаження, обліку контингенту та ведення документації потребує значних ресурсів і ускладнює систему.

По-третє, відсутність продуктово-орієнтованої діяльності знижує мотивацію здобувачів освіти, оскільки у межах стандартних LMS навчальні завдання мають завершений і локальний характер. Натомість розробка власної цифрової системи формує інший рівень відповідальності, підвищує вимоги до якості коду, тестування та забезпечення безпеки даних.

З огляду на це виникла потреба у створенні власної цифрової екосистеми, яка інтегрує наявні сервіси та водночас виступає об'єктом професійної підготовки. Система Campus реалізує три взаємопов'язані функції:

– інтеграційну – забезпечує наскрізну авторизацію через Microsoft Entra ID (Azure AD), поєднуючи корпоративну пошту, Teams та внутрішні сервіси закладу;

– освітньо-структурну – перетворює статичні навчальні дані (плани, навантаження, контингент) на динамічну систему аналітики та автоматизованого обліку;

– навчально-технологічну – виступає базовим об'єктом розробки для Навчальної студії, трансформуючи внутрішні потреби закладу у практичні інженерні задачі.

Освітній потенціал власної цифрової екосистеми

Розробка внутрішньої системи Campus розглядається як дидактичний інструмент формування професійних компетентностей. На відміну від закритих комерційних платформ, архітектура власної системи є відкритою для аналізу та модифікації, що дозволяє студентам працювати з повним технологічним стеком.

Освітній потенціал екосистеми реалізується в кількох вимірах.

1. Опрацювання сучасних протоколів безпеки.

Інтеграція з Microsoft Entra ID (Azure AD) передбачає реалізацію OAuth 2.0 та OpenID Connect, що дозволяє студентам практично освоїти механізми Single Sign-On (SSO) та принципи захисту корпоративних середовищ.

2. Формування навичок архітектурного проєктування.

Розробка багаторівневої (N-tier) архітектури сприяє розумінню розмежування рівнів представлення, бізнес-логіки та доступу до даних. Це забезпечує формування системного мислення та здатності проєктувати масштабовані API.

3. Інтеграція з хмарною інфраструктурою.

Використання Azure-сервісів у процесі розгортання та підтримки системи дає студентам практичний досвід deployment та масштабування, що відповідає сучасним вимогам до Back-end і Cloud-інженерів.

У результаті теоретичні знання з баз даних, комп'ютерних мереж і кібербезпеки інтегруються в цілісний практичний досвід розробки реальної системи.

Концепція наскрізної проєктної діяльності

Концептуальною основою проєкту є принцип наскрізності, відповідно до якого навчання розглядається як безперервний процес розробки єдиного програмного продукту. Система «Campus» виступає інтеграційною платформою, що поєднує різні дисципліни підготовки ІТ-фахівців у спільний інженерний цикл.

Реалізація цього підходу змінює освітню траєкторію за кількома напрямами. По-перше, забезпечується тривалість і спадковість проєкту, що формує досвід супроводу та модифікації існуючого коду. По-друге, досягається реальна відповідальність за результат, оскільки розроблені модулі використовуються в діяльності закладу освіти. По-третє, відбувається поступове залучення до професійної діяльності – від виконання окремих завдань до участі в прийнятті системних рішень.

Такий підхід забезпечує наближення освітнього процесу до умов реальної інженерної практики.

Організаційна модель студії розробки CAMPUS

Структура та ролі учасників

Навчальна студія розробки функціонує як позаурочна проєктно-орієнтована платформа для здобувачів ІІ–ІV курсів спеціальності «Інженерія програмного забезпечення».

Ключовою методичною особливістю є поєднання горизонтальної та вертикальної взаємодії, що моделює структуру ІТ-команди та реалізує механізми наставництва.

У межах студії визначено такі ролі: Team Leads (IV курс), які здійснюють архітектурне проєктування, координацію розробки та контроль якості коду; Developers (III курс), відповідальні за реалізацію функціональних модулів системи; Trainees / Junior Devs (II курс), які виконують тестування, підготовку документації та базові завдання, поступово інтегруючись у процес розробки.

Зазначена структура забезпечує спадковість знань і формує саморегульоване освітнє середовище, наближене до умов професійної діяльності.

Інтеграція міжкурсної взаємодії

Організація роботи навчальної студії базується на адаптованих принципах Scrum, що забезпечує керованість процесу розробки в умовах змінного навчального графіку. Планування здійснюється у форматі коротких спринтів, у межах яких завдання розподіляються відповідно до рівня підготовки учасників.

Координація діяльності реалізується через регулярні синхронізаційні зустрічі, спрямовані на виявлення проблем, обмін досвідом та представлення проміжних результатів. Важливим елементом є дотримання інженерної дисципліни: інтеграція коду відбувається виключно через механізми Pull Request та Code Review, що забезпечує якість і цілісність програмного продукту.

Зазначена модель сприяє наскрізному формуванню компетентностей: здобувачі II курсу опановують базові інструменти та структуру проєкту; III курсу – реалізують бізнес-логіку та взаємодію компонентів; IV курсу – здійснюють оптимізацію, рефакторинг і налаштування процесів розгортання.

Таким чином, забезпечується ефективна міжкурсна взаємодія та спадковість знань, що формує стійке освітнє середовище професійного розвитку.

Трансформація ролі викладача

У межах навчальної студії «Campus» відбувається зміна традиційної ролі викладача від транслятора знань до учасника проєктної діяльності з розширеним функціоналом. Його діяльність поєднує ролі Product Owner та Mentor.

Як Product Owner, викладач визначає стратегічні напрями розвитку системи: формує та пріоритизує Product Backlog відповідно до потреб закладу освіти, окреслює критично важливі модулі та забезпечує відповідність програмного продукту нормативним вимогам. Такий підхід сприяє формуванню у здобувачів освіти розуміння програмного забезпечення як інструменту вирішення прикладних завдань.

У ролі Mentor викладач супроводжує процес професійного становлення студентів: здійснює експертний аналіз коду з урахуванням архітектурних, продуктивних і безпекових аспектів, фасилітує командну взаємодію та підтримує рефлексію навчального досвіду. Важливим елементом є створення середовища, у якому помилки розглядаються як ресурс для навчання.

Зазначена трансформація забезпечує формування інженерного мислення, культури відповідальності та досвіду командної розробки, наближеного до умов професійної діяльності.

Технологічна реалізація системи CAMPUS

Архітектура рішення

Архітектура системи «Campus» побудована відповідно до сучасних підходів enterprise-розробки та базується на принципі розподілу відповідальностей (Separation of Concerns). Рішення реалізовано як багаторівневу систему, що забезпечує масштабованість, надійність і зручність супроводу.

Серверна частина (Backend) реалізована на платформі .NET із використанням мови C#. Вона відповідає за реалізацію бізнес-логіки, обробку даних та інтеграцію з корпоративними сервісами. Застосування Entity Framework Core як ORM-рівня забезпечує роботу з даними через об’єктну модель і сприяє формуванню у здобувачів освіти розуміння сучасних підходів до доступу до даних.

Клієнтська частина (Frontend) побудована на основі Angular у форматі односторінкового застосунку (SPA). Компонентна архітектура інтерфейсу забезпечує модульність, перевикористання елементів та спрощує масштабування системи.

Рівень зберігання даних реалізовано на основі реляційної СУБД PostgreSQL, що гарантує цілісність інформації завдяки використанню транзакцій, обмежень і механізмів індексації.

Загалом запропонована архітектура дозволяє розглядати «Campus» як повноцінне корпоративне рішення та водночас ефективне середовище для формування практичних компетентностей у галузі сучасної програмної інженерії.

Інструменти командної розробки

Функціонування навчальної студії передбачає використання професійних інструментів командної розробки, що відтворюють типові процеси сучасних IT-проєктів.

Основою організації спільної роботи є система контролю версій Git із застосуванням моделі Git Flow. Кожна функціональна задача реалізується в окремій гілці, що забезпечує ізольовану розробку та локальне тестування. Інтеграція змін до основної гілки відбувається через механізми Pull Request та Code Review, що сприяє формуванню культури відповідального програмування і дотримання принципів Clean Code. У процесі роботи студенти також опановують практику вирішення конфліктів злиття, характерних для колективної розробки.

Для управління завданнями та координації діяльності використовується сервіс GitHub, який забезпечує структуризацію задач, призначення відповідальних виконавців та відстеження прогресу виконання.

Комунікаційним центром проєкту виступає платформа Microsoft Teams. Використання тематичних каналів забезпечує систематизацію технічних обговорень, а інтеграція з GitHub дозволяє синхронізувати повідомлення про зміни в репозиторії та результати перевірки коду. Платформа також використовується для проведення синхронізаційних зустрічей, консультацій і зберігання проєктної документації.

Поєднання зазначених інструментів сприяє формуванню у здобувачів освіти цифрової культури розробника та практичних навичок командної взаємодії.

Інтеграція з корпоративними сервісами

Важливим етапом розвитку системи «Campus» стала інтеграція з Microsoft Entra ID (Azure Active Directory), що забезпечує централізовану автентифікацію та авторизацію користувачів.

У навчальному аспекті реалізація інтеграції сприяла опануванню сучасних протоколів ідентифікації (OAuth 2.0, OpenID Connect), механізмів роботи з токенами доступу та принципів рольового розмежування доступу (RBAC). Це забезпечує формування практичного розуміння архітектури корпоративних систем безпеки.

З управлінської точки зору інтеграція дозволила реалізувати єдину систему входу (SSO) для доступу до сервісів екосистеми, підвищити рівень кібербезпеки завдяки багатофакторній автентифікації та централізованим політикам, а також автоматизувати управління доступом користувачів.

Таким чином, інтеграція з корпоративними сервісами поєднує освітню та інфраструктурну функції, забезпечуючи одночасно ефективне функціонування цифрового середовища закладу та формування професійних компетентностей здобувачів освіти.

Результати впровадження та освітній ефект

Формування Hard Skills

Участь у навчальній студії «Campus» забезпечує формування у здобувачів освіти професійних компетентностей на рівні, наближеному до вимог ІТ-індустрії. Практична робота з технологіями C#, Angular і PostgreSQL сприяє досягненню рівня підготовки, що перевищує стандартні освітньо-професійні вимоги.

Ключові результати охоплюють кілька напрямів. По-перше, формується архітектурне та інженерне мислення, зокрема через проєктування RESTful API, інтеграцію різнорідних сервісів і обґрунтований вибір підходів до організації взаємодії компонентів системи. По-друге, розвиваються компетентності роботи з даними: проєктування реляційних структур, оптимізація запитів і забезпечення цілісності та продуктивності баз даних. По-третє, опановуються інструменти промислової розробки, включаючи використання Git Flow, процедур Code Review та практик написання якісного, самодокументованого коду. По-четверте, формується fullstack-адаптивність, що передбачає здатність працювати як із серверною логікою, так і з клієнтськими інтерфейсами.

Узагальнюючи, зазначений підхід забезпечує набуття цілісного інженерного досвіду повного циклу розробки програмного продукту, що є важливим показником професійної готовності майбутніх ІТ-фахівців.

Формування Soft Skills

Навчальна студія «Campus» реалізує спіральну модель навчання, де кожен курс відповідає певному рівню відповідальності та набору завдань, імітуючи «кар'єрну драбину» в ІТ.

II курс – Trainee / Junior Developer: ознайомлення з базами даних та верстkою компонентів; формування навичок читання чужого коду, дотримання стандартів, тайм-менеджменту та командної комунікації; роль – виконавець завдань, адаптація до професійного середовища.

III курс – Developer / Middle Developer: реалізація бізнес-логіки, робота з API та хмарною автентифікацією; розвиток відповідальності за результат, системного бачення та аргументації технічних рішень; роль – основне інженерне ядро, здатне працювати самостійно.

IV курс – Team Lead / Senior / Architect: архітектурне планування, складний рефакторинг, CI/CD; розвиток лідерства, менторства, презентаційних і переговорних навичок, передача знань; роль – стратегічне управління проєктом та наставництво молодших студентів.

Спадковість знань та «Legacy code» забезпечує безперервну інтеграцію досвіду старших курсів у роботу молодших, формуючи стійку внутрішню освітню екосистему.

Вплив на цифрову трансформацію закладу

Впровадження системи «Campus» сприяло синергетичному ефекту для Чернівецького політехнічного фахового коледжу:

1. Оптимізація адміністративного управління – автоматизація розрахунку педагогічного навантаження та звільнення часу методистів і завідувачів від рутинних обчислень.

2. Модернізація методичної роботи викладачів – єдиний репозиторій ЕНМК та використання Single Sign-On (SSO) для безшовного доступу до ресурсів.

3. Розвиток цифрового капіталу закладу – створення унікальної адаптивної платформи, що підтримує цифрову трансформацію «знизу догори» за участю студентів і менторів.

Функціональні можливості модулів забезпечують прозорість і обґрунтованість формування навантаження та підвищують ефективність управлінських і академічних процесів.

Таким чином, «Campus» став фундаментом цифрової екосистеми коледжу, поєднуючи академічні стандарти, управлінську доцільність і практичну підготовку студентів, забезпечуючи стійку модель інноваційного розвитку закладу.

Висновки

У роботі представлено досвід впровадження наскрізної практичної підготовки ІТ-фахівців через розвиток внутрішньої цифрової екосистеми «Campus». На основі реалізації проєкту виділено ключові результати:

1. Подолання технологічного розриву

Навчальна студія синхронізує освітній процес із потребами ІТ-індустрії, використовуючи сучасний технологічний стек (C#, Angular, PostgreSQL) та методології Agile/Scrum.

Студенти отримують компетентності, необхідні для швидкої інтеграції у реальні виробничі процеси.

2. Ефективність концепції «Learning by Doing»

Практична участь у розробці реального продукту підвищує мотивацію та відповідальність студентів.

Освітній процес трансформується у свідому інженерну діяльність із персональною відповідальністю за якість продукту.

3. Міжкурсова синергія та спадковість знань

Ієрархічна структура ролей (Junior, Middle, Team Lead) забезпечує передачу досвіду між студентами II-IV курсів.

Використання професійних інструментів (Git Flow, Microsoft Teams) формує стійкий «професійний хаб», наближений до умов реальної ІТ-компанії.

4. Системна трансформація освітнього середовища

Проєкт став каталізатором цифрової трансформації коледжу за принципом «знизу догори».

Модулі «Навантаження», «ЕНМК», «Контингент» автоматизували ключові управлінські процеси, підвищили прозорість та інтегрованість освітнього середовища через Microsoft Entra ID.

5. Формування конкурентоспроможного фахівця

Студенти здобувають високий рівень Hard Skills і Soft Skills: критичне мислення, командну відповідальність, навички менторства та професійну етику.

Підтвердженням ефективності є попит на випускників студії і їхнє успішне працевлаштування у ІТ-компанії ще до отримання диплома.

В якості перспектив розвитку можна відмітити:

– розширення функціоналу системи (автоматичне формування розкладу, інтерактивний електронний журнал);

– створення мобільної екосистеми Campus;

– масштабування досвіду Навчальної студії на інші напрями підготовки.

Це дозволить створити цілісний інноваційний простір для підготовки конкурентоспроможних ІТ-фахівців у цифрову епоху.

Посилання

1. Сазерленд Дж. Scrum. Навчитись робити вдвічі більше за менший час. К.: КСД, 2022. 280 с.
2. Мартін Р. Чистий код: створення і рефакторинг за допомогою Agile. Х.: Фабула, 2019. 448 с.
3. Гуржій А. М., Карташова Л. А. Цифрова трансформація професійної освіти: вимоги, реалії, перспективи // Вісник ЖДУ імені Івана Франка. 2021. № 2 (105). С. 13-24.
4. Васильєв Г. Ю. Проєктне навчання як засіб формування професійної компетентності майбутніх фахівців з ІТ // Інноваційна педагогіка. 2022. Вип. 45. С. 82-86.
5. Microsoft Learn. Microsoft Entra ID Documentation. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/entra/identity/

МІОПІЯ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я І СПОСІБ ЖИТТЯ ЛЮДИНИ

Здобувачка вищої освіти Будівельного факультету Є. С. Дусик,
канд. наук з фіз. вих., доцент С. В. Сологубова
Навчально-науковий інститут «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми та її зв'язок із науковими планами. Міопія (короткозорість) належить до найпоширеніших порушень рефракції ока та в сучасних умовах розглядається як одна з актуальних проблем охорони

зорового здоров'я населення. За наявності цього порушення зображення предметів формується перед сітківкою, унаслідок чого погіршується здатність чітко бачити об'єкти, розташовані на віддаленій відстані.

Особливо помітним є зростання частоти міопії серед молоді, що значною мірою пов'язано зі змінами способу життя та умов навчальної діяльності. Тривала робота з цифровими пристроями, значний обсяг інформаційного навантаження, недостатній рівень рухової активності та обмежений час перебування на свіжому повітрі створюють додаткове навантаження на зоровий апарат і можуть сприяти формуванню порушень рефракції.

Прогресування короткозорості супроводжується не лише функціональними, а й структурними змінами органу зору. Подовження передньо-задньої осі очного яблука може призводити до змін у тканинах ока, що підвищує ризик розвитку ускладнень та потребує постійного офтальмологічного контролю. Саме тому своєчасне виявлення міопії, дотримання профілактичних рекомендацій та формування здорового способу життя набувають особливого значення. Отже, поширеність короткозорості, її вплив на стан здоров'я та повсякденну діяльність людини зумовлюють актуальність дослідження цієї проблеми та необхідність пошуку ефективних підходів до її профілактики і стримування прогресування.

Дослідження виконано в межах НДР кафедри фізичного виховання та основ здоров'я ННІ ПДАБА УДУНТ на 2026 рік № 0126U002357 «Теоретико-методичні основи формування здорового способу життя різних груп населення».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема поширення міопії привертає значну увагу науковців, оскільки в останні десятиліття короткозорість набула масштабів глобальної медико-соціальної проблеми. У науковій літературі підкреслюється, що зростання кількості людей із порушеннями рефракції тісно пов'язане зі змінами способу життя, зокрема із тривалим використанням цифрових пристроїв, зменшенням часу перебування на свіжому повітрі та підвищеним навантаженням на зоровий апарат [1-4].

Так, Л. П. Кирилова та О. І. Пилипишин (2021) розглядають проблему розвитку короткозорості серед молоді, та наголошують, що саме молоде покоління найбільш уразливе до розвитку міопії через інтенсивне використання комп'ютерної техніки, мобільних пристроїв та значний обсяг навчального навантаження. У роботі підкреслюється важливість дотримання елементарних правил зорової гігієни, раціональної організації робочого місця та періодичного відпочинку для очей [1]. Окрему увагу в наукових працях приділено вивченню причин виникнення міопії. Зокрема, Е. Е. Стеблюк та Д. О. Дубовенко (2022) зазначають, що короткозорість є багатофакторним захворюванням, розвиток якого обумовлюється поєднанням спадкової схильності та впливом зовнішніх чинників. Серед основних причин автори виділяють тривалу роботу на близькій відстані, недостатнє освітлення під час

читання або роботи за комп'ютером, а також порушення режиму праці та відпочинку [3].

Дослідження В. Е. Харченка та Ю. Ю. Боєвої присвячене аналізу факторів, що впливають на прогресування міопії у студентської молоді. Автори відзначають, що інтенсивний навчальний процес, значні інформаційні навантаження та недостатній рівень рухової активності створюють умови для формування стійких функціональних порушень зорового апарату. У зв'язку з цим наголошується на необхідності впровадження профілактичних заходів безпосередньо в освітньому середовищі, зокрема проведення спеціальних вправ для очей, раціонального чергування розумової та фізичної діяльності [4]. У сучасних наукових роботах також розглядається роль фізичної активності у підтриманні функціонального стану зорового апарату. Так, М. Липницька та С. В. Сологубова (2024) доводять, що правильно організовані заняття фізичною культурою позитивно впливають на загальний стан організму та сприяють зменшенню проявів зорової втоми. Автори підкреслюють, що помірні фізичні навантаження покращують кровообіг та мікроциркуляцію в тканинах ока, що може сприяти стабілізації зорових функцій у людей із короткозорістю [2]. Водночас, аналіз наукової літератури свідчить про те, що, попри значну кількість досліджень, питання комплексного впливу міопії на різні аспекти життя людини потребує подальшого вивчення. Особливо актуальним залишається дослідження взаємозв'язку між порушеннями зору, способом життя та рівнем фізичної активності, а також пошук ефективних профілактичних заходів, спрямованих на запобігання прогресуванню короткозорості.

Метою роботи є узагальнення сучасних наукових даних щодо причин виникнення та особливостей перебігу міопії, а також визначення її впливу на здоров'я та повсякденний спосіб життя.

Виклад основного матеріалу. Міопія, або короткозорість, є одним із найпоширеніших порушень рефракції ока, при якому світлові промені фокусуються перед сітківкою, що призводить до погіршення зору на віддалені предмети. У сучасних умовах це порушення дедалі частіше діагностується серед молоді, що значною мірою пов'язано зі змінами способу життя, зростанням обсягу навчальної інформації та активним використанням цифрових пристроїв у повсякденній діяльності [1]. Наукові дослідження свідчать, що міопія має багатофакторну природу розвитку. Суттєву роль у формуванні короткозорості відіграє спадкова схильність, проте значний вплив також мають зовнішні чинники, пов'язані з умовами навчання, праці та відпочинку. До тригерів належать надмірне цифрове навантаження на зір, порушення зорової гігієни, загальна гіподинамія та дефіцит часу, проведеного на свіжому повітрі [4]. Важливим аспектом розвитку міопії є функціональне перевантаження зорового апарату, яке виникає під час тривалої роботи на близькій відстані. Читання, робота за комп'ютером або використання мобільних пристроїв протягом тривалого часу призводять до перенапруження акомодаційного апарату ока та формування так званого спазму акомодації. За

відсутності своєчасної профілактики такі функціональні порушення можуть поступово переходити у стійкі зміни рефракції [3].

Поряд із функціональними змінами у зоровому аналізаторі, прогресування короткозорості супроводжується морфологічними змінами очного яблука. Зокрема, відбувається подовження його передньо-задньої осі, що призводить до підвищення навантаження на внутрішні структури ока. У разі високого ступеня міопії це може спричиняти дистрофічні зміни сітківки та підвищувати ризик виникнення серйозних офтальмологічних ускладнень [3]. Окрім безпосереднього впливу на зорову систему, міопія може позначатися на загальному стані здоров'я людини. Тривала робота на близькій відстані часто супроводжується вимушеним статичним положенням тіла, що негативно впливає на стан опорно-рухового апарату. У результаті можуть виникати порушення постави, напруження м'язів шиї та спини, а також погіршення загального самопочуття [2].

У науковій літературі наголошується, що одним із важливих напрямів профілактики прогресування міопії є дотримання правил зорової гігієни. До таких заходів належать правильна організація робочого місця, достатній рівень освітлення, регулярні перерви під час роботи на близькій відстані та виконання спеціальних вправ для очей. Важливим чинником також є збільшення часу перебування на свіжому повітрі, що позитивно впливає на функціональний стан зорової системи [1]. Суттєву роль у підтриманні здоров'я людей із короткозорістю відіграє фізична активність. Помірні фізичні навантаження сприяють покращенню кровообігу, нормалізації обмінних процесів та зменшенню проявів зорової втоми. Дослідження свідчать, що правильно підібрані заняття фізичною культурою можуть позитивно впливати на функціональний стан організму та сприяти стабілізації зорових функцій [2].

Разом із тим, людям із високим ступенем міопії необхідно обережно підходити до вибору видів фізичної активності. Зокрема, рекомендується обмежувати заняття, пов'язані з значним фізичними навантаженнями або високим ризиком травмування, оскільки вони можуть створювати додаткове навантаження на структури ока та підвищувати ризик ускладнень [2].

Отже, проблема міопії потребує комплексного підходу, що поєднує медичний контроль, профілактичні заходи та формування здорового способу життя. Раціональна організація навчальної та професійної діяльності, дотримання зорової гігієни та підтримання достатнього рівня фізичної активності є важливими умовами збереження зорових функцій і запобігання подальшому прогресуванню короткозорості [4].

Висновки:

1. Міопія є поширеним порушенням зору, розвиток якого зумовлений поєднанням спадкових чинників та сучасних умов життя, зокрема значного зорового навантаження.
2. Поширення цифрових технологій та тривала робота на близькій відстані сприяють збільшенню частоти виникнення короткозорості серед молоді.

3. Прогресування міопії може призводити до структурних змін ока та підвищує ризик розвитку серйозних офтальмологічних ускладнень.
4. Дотримання правил зорової гігієни, регулярна діагностика та своєчасна корекція зору є важливими умовами уповільнення розвитку короткозорості.
5. Раціонально підібрана фізична активність сприяє покращенню кровообігу, зменшенню зорової втоми та підтриманню загального стану здоров'я людей із міопією.
6. Комплексний підхід, що поєднує медичний контроль, профілактичні заходи та здоровий спосіб життя, є необхідною умовою збереження зорових функцій і якості життя людей із короткозорістю.

Посилання

1. Кирилова Л. П., Пилипишин О. І. До проблеми розвитку короткозорості в сучасної молоді // **Медсестринство**. 2021. № 1. С. 47–50.
2. Липницька М., Сологубова С. Особливості занять фізичною культурою при міопії // Наукові горизонти XXI століття: мультидисциплінарні дослідження : матеріали Міжнар. наук. конф. Ужгород; Київ, 2024. С. 1502–1506. URL: https://doi.org/10.35668/978-966-479-144-8.
3. Стеблюк Е. Е., Дубовенко Д. О. Міопія: види та причини виникнення // Modern research in world science : proceedings of the 9th International scientific and practical conference (Nov 28–30, 2022). Lviv: SPC "Sci-conf.com.ua", 2022. С. 21–27.
4. Харченко В. Е., Боєва Ю. Ю. Фактори впливу на прогресування міопії у студентів ВНЗ // Scientific Achievements and Innovations as a Way to Success: XXI International scientific and practical conference (May 1–3, 2024), Vilnius: ISU, 2024. С. 148–152. URL: https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2024/05/Scientific_achievements_and_innovations_as_a_way_to_success_May_1_3_2024_Vilnius_Lithuania.pdf#page=149.

ПОРТФОЛІО ВИКЛАДАЧА ЯК СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БРЕНДУ

Магістрант Богдан Іващук
Керівник – проф., д-р пед. наук О.Є. Смолінська
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького, м. Львів, Україна

У сучасних умовах розвитку інформаційного суспільства, цифровізації освіти та зростання конкуренції у сфері професійної діяльності особливої актуальності набуває проблема формування індивідуального бренду викладача закладу вищої освіти. Сучасний викладач виступає не лише носієм знань, а й активним учасником професійних спільнот, автором наукових і

освітніх продуктів, організатором освітнього процесу та комунікатором у цифровому середовищі. У цьому контексті важливим інструментом професійного позиціонування стає портфоліо викладача, яке дозволяє систематизувати результати діяльності та представити їх професійній спільноті.

Портфоліо викладача розглядається як структурована система матеріалів, що відображає професійні досягнення, педагогічний досвід, результати наукової діяльності, методичні розробки та інші професійні здобутки. Воно виконує функції фіксації результатів діяльності, самооцінювання, планування професійного розвитку та презентації власних досягнень. У сучасних умовах особливого значення набувають електронні портфоліо, які забезпечують доступність інформації, можливість оперативного оновлення матеріалів і використання мультимедійних ресурсів.

Формування портфоліо викладача сприяє розвитку рефлексивних умінь і усвідомленню власного професійного потенціалу. У процесі створення портфоліо викладач аналізує результати своєї діяльності, визначає сильні сторони та напрями подальшого розвитку. Це дозволяє формувати індивідуальну професійну траєкторію та підвищувати рівень професійної компетентності. Крім того, портфоліо сприяє розвитку відповідальності за результати власної діяльності та стимулює прагнення до самовдосконалення.

Портфоліо викладача виступає важливим інструментом формування індивідуального бренду. Індивідуальний бренд викладача визначається сукупністю професійних досягнень, особистісних якостей, педагогічного стилю та репутації у професійному середовищі. Наявність якісно оформленого портфоліо дозволяє викладачу презентувати свої професійні здобутки, підвищити впізнаваність у науково-педагогічній спільноті та сприяти розвитку професійної кар’єри. У сучасному освітньому середовищі портфоліо стає своєрідною візитною карткою викладача, що відображає його професійний досвід і творчий потенціал.

Важливим аспектом створення портфоліо є його змістове наповнення. До структури портфоліо можуть входити відомості про освіту, професійний досвід, результати наукових досліджень, навчально-методичні матеріали, відгуки здобувачів освіти та колег, сертифікати підвищення кваліфікації та результати участі у професійних заходах. Такий комплекс матеріалів дозволяє сформувати цілісне уявлення про професійну діяльність викладача та підтвердити його компетентність.

У сучасному цифровому середовищі портфоліо набуває нових можливостей завдяки використанню електронних платформ і цифрових інструментів. Використання персональних вебсайтів, професійних соціальних мереж і освітніх платформ дозволяє створювати інтерактивні портфоліо, що містять мультимедійні матеріали, відеолекції, презентації та результати наукових досліджень. Це сприяє підвищенню доступності інформації про діяльність викладача та розширенню можливостей професійної комунікації.

Портфоліо викладача також відіграє важливу роль у процесі оцінювання професійної діяльності. Воно використовується як інструмент атестації, самооцінювання та моніторингу результатів професійної діяльності. Наявність систематизованого портфоліо дозволяє об'єктивно оцінити професійні досягнення викладача та визначити рівень його професійної компетентності. Крім того, портфоліо сприяє формуванню культури відкритості та прозорості у професійній діяльності.

Висновки:

Отже, портфоліо викладача є сучасним інструментом побудови індивідуального бренду та розвитку професійної компетентності. Воно забезпечує систематизацію результатів діяльності, сприяє розвитку рефлексивних умінь і формуванню професійної репутації викладача. Використання портфоліо у професійній діяльності дозволяє підвищити ефективність освітнього процесу, сприяти розвитку професійної кар'єри та забезпечити відповідність діяльності викладача сучасним вимогам освітнього середовища.

Посилання

1. Digital teaching portfolio in higher education: Examining colleagues' perceptions to inform implementation strategies / R. W.-t. Fong et al. *The Internet and Higher Education*. 2014. Vol. 20. P. 60–68. URL: https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2013.06.003 (date of access: 22.03.2026).
2. Jarvinen A., Kohonen V. Promoting Professional Development in Higher Education through Portfolio Assessment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 1995. Vol. 20, no. 1. P. 25–36. URL: https://doi.org/10.1080/0260293950200104 (date of access: 22.03.2026).
3. Guerrero Cuentas H. R. Portfolio: a facilitator tool of change in higher education from the teaching practice. *Zona Próxima*. 2015. Vol. 22. P. 143–155. URL: https://doi.org/10.14482/zp.22.6340 (date of access: 22.03.2026).

ПОНЯТТЯ КУЛЬТУРИ ОЦІНЮВАННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТУ ПРОФЕСІОНАЛІЗМУ ВИКЛАДАЧА

Магістрант Петро Іващук
Керівник – проф., д-р пед. наук О.Є. Смолінська
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького

У сучасних умовах реформування системи вищої освіти, орієнтації на компетентнісний підхід та забезпечення якості освітнього процесу особливої актуальності набуває проблема формування культури оцінювання як складової професіоналізму викладача. Сучасна освітня практика вимагає не лише об'єктивного визначення результатів навчання, а й створення умов для розвитку здобувачів освіти, формування їхньої мотивації до навчання та

відповідального ставлення до власної освітньої діяльності. У цьому контексті культура оцінювання розглядається як важливий інструмент забезпечення якості освіти та розвитку професійної компетентності викладача.

Поняття культури оцінювання охоплює систему цінностей, знань, умінь і навичок, що забезпечують об'єктивність, прозорість і педагогічну доцільність процесу оцінювання результатів навчання. Вона передбачає використання сучасних методів оцінювання, орієнтованих на визначення рівня сформованості компетентностей здобувачів освіти, а також забезпечення зворотного зв'язку, який сприяє подальшому розвитку їхніх знань і навичок. Культура оцінювання є важливою складовою професійної діяльності викладача, оскільки вона визначає ефективність організації освітнього процесу та впливає на результати навчання.

Важливим аспектом культури оцінювання є дотримання принципів справедливості та об'єктивності. Викладач повинен забезпечувати чіткість критеріїв оцінювання, доступність інформації про вимоги до виконання завдань та можливість отримання конструктивного зворотного зв'язку. Прозорість оцінювання сприяє підвищенню довіри між викладачем і здобувачами освіти, формує позитивне ставлення до навчання та стимулює розвиток відповідальності за результати власної діяльності.

У сучасному освітньому середовищі культура оцінювання тісно пов'язана з використанням формувального (formative) та підсумкового (summative) оцінювання. Формувальне оцінювання спрямоване на підтримку навчального процесу, виявлення труднощів у засвоєнні матеріалу та надання рекомендацій щодо їх подолання. Підсумкове оцінювання, у свою чергу, дозволяє визначити рівень досягнення результатів навчання та оцінити ефективність освітнього процесу. Поєднання цих видів оцінювання забезпечує комплексний підхід до оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів освіти.

Особливого значення культура оцінювання набуває в умовах впровадження цифрових технологій у навчальний процес. Використання електронних тестів, онлайн-платформ, цифрових портфоліо та інших інструментів дозволяє забезпечити оперативність оцінювання, підвищити його об'єктивність і створити умови для індивідуалізації навчання. Цифрові технології також сприяють накопиченню даних про результати навчання, що дозволяє аналізувати освітні досягнення здобувачів освіти та вдосконалювати методи навчання.

Культура оцінювання як елемент професіоналізму викладача також передбачає розвиток рефлексивних умінь. Викладач повинен аналізувати результати власної діяльності, оцінювати ефективність застосованих методів оцінювання та вносити відповідні корективи до освітнього процесу. Рефлексія сприяє підвищенню педагогічної майстерності, удосконаленню методик навчання та формуванню професійної відповідальності.

Важливим аспектом культури оцінювання є забезпечення академічної доброчесності. Викладач повинен створювати умови для чесного виконання

завдань, запобігати проявам академічного шахрайства та формувати у здобувачів освіти розуміння важливості дотримання етичних норм у навчальній діяльності. Дотримання принципів академічної доброчесності сприяє формуванню культури відповідального навчання та підвищує рівень довіри до результатів оцінювання.

Висновки:

Отже, культура оцінювання є важливим елементом професіоналізму викладача закладу вищої освіти. Вона забезпечує об'єктивність і прозорість оцінювання, сприяє розвитку мотивації здобувачів освіти та підвищенню якості освітнього процесу. Формування культури оцінювання потребує системного підходу, постійного вдосконалення професійних умінь викладача та використання сучасних освітніх технологій. Розвиток культури оцінювання сприятиме підвищенню ефективності освітньої діяльності та забезпеченню відповідності освіти сучасним вимогам суспільства.

Посилання

1. Black P., Wiliam D. Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*. 1998. Vol
2. Boud D., Falchikov N. Rethinking Assessment in Higher Education: Learning for the Longer Term. Taylor & Francis Group, 2007. 206 p.. 5, no. 1. P. 7–74. URL: https://doi.org/10.1080/0969595980050102 (date of access: 22.03.2026).
3. Nicol D. J., Macfarlane- Dick D. Formative assessment and self- regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*. 2006. Vol. 31, no. 2. P. 199–218. URL: https://doi.org/10.1080/03075070600572090 (date of access: 22.03.2026).

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО ІНТЕЛЕКТУ МОЛОДІ У СУЧАСНОМУ ОСВІТНЬОМУ ПРОСТОРІ

Викладач В.В. Калатур
Кафедра Педагогічної та вікової психології
Дніпровський національний університет ім.О.Гончара
м. Дніпро, Україна

У сучасному освітньому просторі, який характеризується високою динамічністю, інформаційним перевантаженням та соціальною напруженістю, особливо в умовах суспільних трансформацій і воєнного стану, зростає значення розвитку емоційного інтелекту молоді. Емоційний інтелект (EQ) виступає важливою складовою психологічного благополуччя, ефективної комунікації та професійної самореалізації особистості.

У сучасній українській психології емоційний інтелект розглядається як єдність когнітивних та афективних процесів, що забезпечує адаптивну поведінку особистості і формується протягом усього онтогенезу.

Є.В. Карпенко підкреслює роль EQ у процесі життєздійснення особистості та його зв'язок із ціннісно-смисловою сферою [1]. Водночас В. Зарицька розглядає емоційний інтелект як важливий чинник професійної діяльності та соціальної адаптації [2].

У працях Е. Носенко зазначається, що емоційний інтелект формується через поступове ускладнення процесів усвідомлення емоцій та їх регуляції. Дослідниця підкреслює, що студентський вік є сенситивним періодом для розвитку рефлексії та емоційної саморегуляції, оскільки саме на цьому етапі інтенсивно розвивається здатність до усвідомленого контролю емоційних реакцій та міжособистісної взаємодії [3].

О.П.Лящ розглядає емоційний інтелект як складний процес формування метакогнітивної структури, що досягає свого піка в юнацькому віці. Головна думка авторки полягає в тому, що розвиток EQ відбувається через перехід від простого розпізнавання емоцій до глибокої рефлексії та саморегуляції, що безпосередньо забезпечує успішну соціальну адаптацію та здатність особистості конструктивно долати стресові ситуації [4].

Метою дослідження є виявлення особливостей формування компонентів EQ молоді в сучасному освітньому середовищі та визначення факторів, що впливають на його розвиток.

Для вимірювання рівня емоційного інтелекту здобувачів освіти був використаний детальний тест на емоційний інтелект, який розглядає 15 компонентів EQ та використовує особистісно-орієнтований підхід до EQ.

Результати дослідження свідчать, що рівень емоційного інтелекту студентської молоді є неоднорідним і залежить від ряду факторів, серед яких:

- рівень емоційної усвідомленості;
- здатність до емоційної регуляції;
- рівень емпатії;
- особливості освітнього середовища;
- рівень соціальної підтримки.

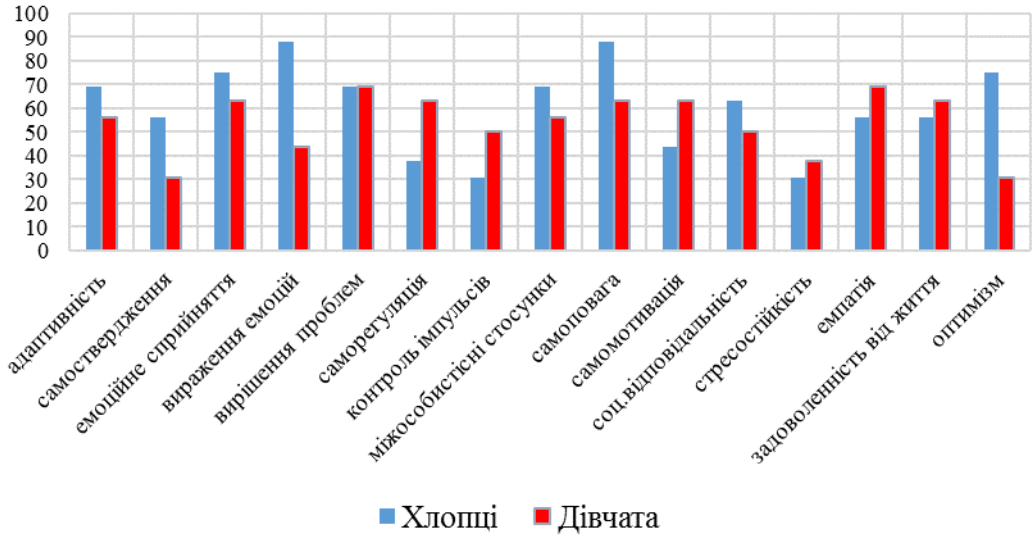


Рисунок 1 – Показники рівня сформованості компонентів EQ

Аналіз результатів, представлених на рис.1, дозволяє охарактеризувати особливості емоційного інтелекту респондентів. Порівняння середніх значень **(M)** та медіан **(Mdn)** виявило низку специфічних закономірностей.

За більшістю показників (адаптивність, самоствердження, емоційне сприйняття, контроль імпульсів, самоповага та стресостійкість) середні показники серед респондентів чоловічої статті перевищують аналогічні дані у жінок. Найбільш виражена різниця спостерігається за шкалою «Самоповага» ($M_{чол.}$=73 проти $M_{жін.}$= 54) та «Стресостійкість» ($M_{чол.}$= 56 проти $M_{жін.}$= 40), що вказує на вищий рівень впевненості та емоційної стійкості чоловіків у даній вибірці.

Отримані дані свідчать про те, що чоловіки у даному дослідженні демонструють вищі показники внутрішньоособистісного компонента EQ (самоповага, стресостійкість), тоді як жіноча частина вибірки характеризується кращим розвитком міжособистісної компоненти EQ (емпатія).

На основі проведено емпіричного аналізу, який виявив певний дисбаланс (у чоловіків — труднощі з саморегуляцією при високій експресії, у жінок — низьке самоствердження та висока емпатія), можна припустити, що методи розвитку емоційного інтелекту мають бути відповідно диференційованими.

Сучасна психологічна практика пропонує ефективні методи розвитку емоційного інтелекту в умовах закладів вищої освіти [6,7].

Ефективними методами розвитку емоційного інтелекту для студентської молоді є:

- тренінги емоційної компетентності;
- групові дискусії;
- коучинг;
- ведення щоденника емоцій;
- арт-терапевтичні техніки.

Висновки: Сучасний освітній простір створює як можливості, так і виклики для розвитку емоційного інтелекту. З одного боку, інтерактивні форми навчання, групова робота та психологічна підтримка сприяють його розвитку. З іншого боку, стресові фактори, інформаційне перевантаження та невизначеність негативно впливають на емоційний стан молоді.

Сприяння формуванню емоційного інтелекту молоді є важливим завданням сучасної освіти. Розвиток емоційної компетентності сприяє підвищенню адаптивності, психологічної стійкості та ефективності навчальної діяльності студентів. Перспективним напрямом є впровадження тренінгових програм, спрямованих на розвиток емоційного інтелекту у закладах вищої освіти.

Посилання

1. Карпенко Є. В. Роль емоційного інтелекту в процесі життєздійснення особистості. Український психологічний журнал. 2018. Вип. 1 (7). С. 74−85.

2. Зарицька В. В., Козарик О. С. Емоційний інтелект у структурі професійної діяльності. Теорія і практика сучасної психології. 2018. № 5. С. 112 – 116.
3. Носенко Е. Л. Емоційний інтелект: концептуалізація феномену, основні функції: монографія / Е. Л. Носенко, Н. В. Коврига. К.: Вища школа, 2003. – 126 с.
4. Лящ О. П. Генеза емоційного інтелекту в юнацькому віці: монографія. Вінниця: ТВОРИ, 2019. 444 с.
5. Трофименко Н. Є. Емоційний інтелект як здатність до розуміння та управління емоціями: теоретичний огляд. Суспільство, наука, освіта: актуальні дослідження, теорія та практика, 2023, С.155-157.
6. Данилевич Л. Розвиток емоційного інтелекту майбутніх фахівців методом коучингу. Вчені записки Університету «КРОК», №3(79), С.488–494. https://doi.org/10.31732/2663-2209-2025-79-488-494.
7. Лящ О. Методичні рекомендації щодо розвитку емоційного інтелекту в юнацькому віці / О. Лящ. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія : Психологічні науки. 2019. № 4. С. 147-164.

OSACEA STUDENT ACTIVITY DURING MARTIAL LAW

Students - A.O. Kapustina, E.V. Lysenko, D.V. Hukalenko, I.V. Harlamov
Scientific supervisor - Senior Lecturer A.I. Kravtsova
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine

Physical activity is especially important during difficult times, particularly during the war in Ukraine. Constant stress, anxiety, and psychological tension can negatively affect a person's emotional state and overall health. Regular movement helps reduce stress levels, improves mood, promotes the release of "happiness hormones," and helps maintain psychological balance. Even a simple walk, light morning exercise, or other physical activities can help a person feel more energetic, reduce anxiety, and better cope with everyday challenges.

In addition, physical activity has a positive effect on the cardiovascular system, improves sleep, and strengthens the immune system. Regular exercise helps the body adapt better to stressful conditions and recover more quickly from emotional strain. It also creates a sense of control over one's life, which is especially important during periods of instability. Physical activity can also serve as a form of social support when people exercise together with friends or family. Joint walks, sports activities, or even a short warm-up at home can bring people together and create a sense of support. Thus, regular movement becomes not only a way to maintain physical health but also an important tool for preserving psychological resilience.

Physical activity consists of movements, which are one of the necessary conditions of life. It increases working capacity; improves health; ensures versatile

harmonious development; the functioning of the cardiovascular, respiratory, hormonal and other systems of the body; activates the neuromuscular apparatus and the mechanisms of transmission of reflexes from muscles to internal organs. With the beginning of the full-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine in February 2022, the situation became even more complicated. Many students of OSACEA (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture) found themselves in a state of forced displacement, lost the opportunity to attend educational institutions or sports clubs. Some young people were forced to adapt to life in new conditions - evacuation, volunteering, participation in territorial defense or assistance to the victims. Such circumstances not only disrupted the established daily routine, but also increased psycho-emotional stress, which negatively affected motivation to engage in physical activity. Constant stress due to the war in Ukraine significantly affects the physical and psycho-emotional activity of OSACEA students. In conditions of limited opportunities for physical activities, lack of sports infrastructure and emotional overload, students' motor activity has significantly decreased, which has negative consequences for health.

Analysis of the data obtained showed that the level of regularity of physical activity among students has a rather heterogeneous structure, however, the vast majority of respondents maintain a certain level of physical activity even under martial law. When asked about the regime of physical activity over the past year, the following answers were given: 2–3 times a week — 65 respondents (55.0%); 4–5 times a week — 20 (18.0%); 1 time a week — 20 (17.1%) other options (less often or irregularly) less than 11% in total. Thus, more than half of students (approximately 70.0%) engage in physical activity at least twice a week, which indicates the preservation of the basic level of physical culture, even despite external restrictions. Compared with the data of previous years (before the pandemic), when the frequency of classes was on average 3–4 times a week, there is a moderate decrease in the intensity of physical activity. This indicator has significant differences depending on the conditions of study. During periods of distance or blended learning (2020–2022), most students noted a decrease in physical activity. Starting in 2023, the situation partially stabilized - with the transition to a face-to-face and distance learning model and the resumption of work in some sports grounds and sections.

To avoid the negative consequences of a sedentary lifestyle, it is important to gradually introduce physical activity into your daily life. Even small changes can significantly improve your well-being and health. First of all, it is worth starting small. If a person has been leading a sedentary lifestyle for a long time and is not used to physical activity, there is no need to immediately set difficult goals for themselves. It is better to start with simple and accessible types of activity, such as walking, gardening or doing housework. Even 10–15 minutes of brisk walking every day is an important step towards improving your health. The main thing is to gradually increase the duration and intensity of the exercise. It is also important to find pleasure in movement. Physical activity should bring joy, not a feeling of

compulsion. Each person can choose the type of activity that they like: dancing, cycling, swimming, yoga or other active activities. When physical activity brings positive emotions, it is much easier to make it a regular part of life.

Conclusion.

1. Physical activity can also become a kind of pause from the constant flow of news and worries. A walk in the fresh air, morning exercises, light workouts at home, or playing sports help shift attention, calm down, and feel a sense of control over one's condition. This allows a person, at least for a while, to distract themselves from anxious thoughts and focus on their own health.

2. Moreover, even short periods of physical activity during the day help restore energy and improve concentration. Regular movement encourages the development of a healthy habit of taking care of oneself, which is especially important during periods of prolonged stress. Such simple actions can gradually improve overall well-being and help maintain inner balance.

References

1. Volkov I., Katalevska N. (2022). Doslidzhennia porushen snu pid chas viiny [Study of sleep disorders during the war]. Collection of scientific papers «SCIENTIA». Stockholm, Sweden. S. 54-55 [in Sweden].
2. Vplyv rukhovoi aktyvnosti na proiav stresu u studentiv pid chas viiny [The influence of physical activity on the manifestation of stress in students during the war].(2023). Marchyk V.I.

URL: https://elibrary.kdpu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/7083 [in Ukrainian].

3. Kozhokar M. V., Osadets M. M., Pervukhina S. M. (2023). Analiz stanu ta perspektyv rozvytku systemy fizychnoi kultury u zakladakh vyshchoi osvity v umovakh sohodennia [Analysis of the state and prospects of development of the system of physical culture in higher education institutions in the current conditions]. «Molodyi vchenyi». № 12 (124). S. 50-53 [in Ukrainian].
4. Marchenko O., Brychuk M., Diedukh M. (2022). Osoblyvosti motyvatsii studentiv do samostiinykh zaniat rukhovoiu aktyvnistiu v umovakh voiennoho stanu [Features of students' motivation for independent physical activity under martial law]. Teoriia i metodyka fizychnoho vykhovannia i sportu. № 3. S. 44-50 [in Ukrainian].
5. Mytchyk O. P., Tarasiuk V. Y., Moroz M. S. (2023). Fizychne vykhovannia studentiv v umovakh obmezhennia rukhovoi aktyvnosti [Physical Education of Students in Conditions of Restricted Motor Activity] Akademichni studii. Seriia «Pedahohika». Vyp. 1. S. 110-115 [in Ukrainian].
6. Samokhvalova I. Yu., Kharchenko S. M. (2022). Movement activity of the students of the agricultural university in the conditions of war. Częstochowa. Republic of Poland. S. 103-105 [in Polish].
7. Suspilne. Novyny. Fizychna aktyvnist pid chas viiny [Public. News. Physical activity during the war.] (2022) URL : https://suspilne.media/234308-fizicna-aktivnist-pid-cas-vijni-mediki-zaklikaut-pridilati-vpravam-30-hvilin-na-den/ [in Ukrainian].

ТИПОЛОГІЯ Й ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕВФЕМІЗМІВ В АНГЛІЙСЬКОМУ ТА УКРАЇНСЬКОМУ ДИСКУРСАХ

Доц., канд. філол. наук Т. В. Кирпита
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Створення евфемізмів – це багатошаровий процес, зумовлений низкою супутніх чинників. Мова не стоїть на місці, вона змінюється разом із суспільством і віддзеркалює його настрої та цінності. Евфемізми постають як результат трансформації колективного мислення й намірів, тому їх вивчення неможливе без урахування соціокультурного контексту. Водночас це явище має суб'єктивний характер: те, що для одних мовців звучить неприйнятно, для інших є цілком нейтральним. Попри це, евфемізми відіграють помітну роль у комунікації.

На лексичному рівні мови евфемізми реалізуються через конкретні слова й вирази. У художньому тексті вони виконують функцію ефективного стилістичного засобу, формуючи особливу тональність і надаючи твору додаткових смислових відтінків. Автор при цьому може залучати лексику різних стилістичних шарів.

Варто підкреслити, що евфемізми вирізняються значною структурною різноманітністю. Звернімося до класифікації Р. Холдера:

1. слова-евфемізми
   – іменники:
   downsizing – скорочення персоналу;
   correctional facility – в'язниця;
   – прикметники:
   economical – скупий;
   mature – літній;
   – дієслова:
   to let go – звільнити з роботи;
   to embellish the truth – прикрасити правду;
   – прислівники:
   frankly – без зайвих прикрас;
2. евфемізми-словосполучення
   – вільні:
   negative growth – спад економіки;
   senior citizen – людина похилого віку;
   enhanced interrogation – жорсткий допит;
   – фразеологічні звороти:
   to kick the bucket – померти;
   to be under the weather – почуватися недобре;
3. евфемізми-речення [Holder 2003].

Тенденція до пом’якшення мовлення є універсальною, однак у кожній мові вона проявляється по-своєму. Саме тому передача евфемізмів у перекладі часто супроводжується труднощами.

Проблема досягнення адекватності й еквівалентності перекладу залишається однією з ключових у сучасному перекладознавстві. Перекладач має не лише точно передати зміст оригіналу, а й відчути специфіку функціонування евфемізмів у різних мовах. Особливого значення набуває вміння зчитувати підтекст, зокрема під час роботи з медійними текстами.

Для перекладу евфемістичної лексики використовуються перекладацькі трансформації – міжмовні перетворення з метою досягнення еквівалентності перекладу.

Англійські й українські евфемізми загалом виконують однакові комунікативні функції (пом’якшення, ввічливість, уникнення табу), але відрізняються типовими тематичними полями, засобами творення й культурними установками, що стоять за вибором замінників.

Евфемізм – це непрямий або пом’якшений вираз, який уживають замість прямого слова, що сприймається як грубе, табуйоване або соціально небажане. У обох мовах евфемізми пов’язані з соціальними табу (смерть, секс, тілесність, хвороба, статус, політика) та з принципами ввічливості й гармонізації спілкування.

Дослідження англійської мови виділяють кілька типологічних зрізів: за формою (лексичні заміни, перифрази, запозичення, абревіації), за семантикою (узагальнення, метафоризація, підміна оцінки) та за прагматичною функцією. Поширені функції: уникнення прямого називання (avoidance), ввічливість, пом’якшення негативної оцінки, маскування або пропагандистське «облагородження» реалій (disguise, e.g. collateral damage, downsizing).

В українській традиції евфемізми класифікують, зокрема, за мотивами заміни: «від забобонів», «з делікатності» та «з пристойності», що відбиває культурну роль релігійності, забобонів і моральних норм. Виокремлюють також тематичні групи: смерть, тілесні й фізіологічні процеси, сексуальність, соціально-економічний статус, вік та зовнішність, що відображає традиційно високий рівень етикетної чутливості у цих сферах.

В англійській і українській евфемізми служать для зниження комунікативної загрози: пом’якшення неприємних істин, підтримання позитивного «обличчя» адресата, уникнення конфлікту й збереження соціальної гармонії. Водночас в англійській потужно розвинена «маскуюча» функція у політичному й бюрократичному дискурсах, тоді як в українській – сильні позиції релігійно‑забобонних та інтимно‑етичних мотивацій (смерть, хвороба, гендер, сексуальність).

В англійській дуже часті латинські й французькі запозичення, абревіації та технократичні номінації типу senior citizen, downsizing, ethnic cleansing. В українській переважають перифрази, образні метафори, зменшувальні суфікси й релігійно маркована лексика (на кращий світ, відійшов у вічність, мати роман, інтимні стосунки), що сприяє емоційно‑оцінній м’якості.

Для англійської описують сильну евфемізацію у сферах професійної етики (звільнення, інвалідність, бідність), раси, віку й тілесності, що пов'язано з нормами політкоректності та індивідуалістичною етикою. В українському матеріалі чітко простежуються гендерні, соціально‑ ієрархічні й конфесійні маркери, а також співіснування етикетних евфемізмів із просторіччям, де домінують, навпаки, дисфемізми.

Таблиця 1 – Порівняння евфемізації англійської й української мов

Параметр	Англійські евфемізми	Українські евфемізми
Основні мотиви	Ввічливість, політкоректність, інституційне маскування	Делікатність, релігійно-забобонні й моральні мотиви
Типові сфери	Смерть, хвороба, інвалідність, вік, раса, працевлаштування	Смерть, тілесність, сексуальність, статус, вік, зовнішність
Формальні засоби	Запозичення, абревіації, технократичні терміни	Перифрази, метафори, суфікси пестливості, релігійна лексика
Домінантні функції	Пом'якшення, політкоректність, маніпулятивне «облагородження»	Пом'якшення, уникнення «злого слова», збереження етикету
Дискурсні осередки	Політичний, медіа, бюрократичний, діловий дискурс	Побутовий, художній, релігійний, частково офіційно-діловий

Наприклад, англійське *passed away / senior citizen* і українське *відійшов у вічність / людина поважного віку* виконують однакову функцію пом'якшення згадки про смерть або старість. Водночас англійське *collateral damage* (маскування насильства) має радше інституційно‑ маніпулятивний характер, тоді як українські евфемізми на позначення війни чи смерті часто забарвлені релігійно‑ екзистенційною метафорикою.

Довідкова інформація та контекст повинні бути враховані при перекладі евфемізмів. Основною перешкодою для адекватного перекладу евфемізмів є суперечність концептуальних систем різних мов. Тому завданням перекладача є гармонізація мовних систем та їхня координація.

Висновки:

Таким чином, використання евфемізмів є невід'ємною частиною мовного процесу. Вони дозволяють замінити лексику табу в галузі релігії, медицини, політики, етики тощо. Сам процес відтворення евфемізмів у перекладі є складним і цікавим явищем.

Ефективними способами перекладу евфемізмів з мови оригіналу є перекладацькі трансформації, зокрема, метод додавання та конкретизації.

Посилання

1. Holder R. V. Dictionary of euphemisms. How not to say what you mean. Oxford University Press Inc., New York, 2003.
2. Rawson H. A. Dictionary of euphemisms and other doubletalk. Castle books. New York, 2002.

DEEPFAKE-ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОГО НАСИЛЬСТВА ПРОТИ МЕДІЙНИЦЬ

Студентка К. І. Козачук
Керівник - к.е.н., доцент А. В. Кулик
Державний торговельно-економічний університет
м. Київ, Україна

Постановка проблеми. Швидка цифровізація комунікаційного простору призвела до трансформації форм насильства, які все більше віртуалізуються та технологічно опосередковуються. Розробка алгоритмів штучного інтелекту та генеративних моделей синтезу зображень та відео сприяла появі нових механізмів маніпулювання ідентичністю, що дозволяють створювати неправдивий контент з високим рівнем достовірності. Цифрові атаки з використанням згенерованого контенту мають чітко виражений гендерний аспект. Досвід моніторингу цифрових загроз свідчить, що переважну більшість deepfake-контенту, створеного зі зловмисною метою, агресори спрямовують саме проти жінок. За даними міжнародних аналітичних звітів, понад 90% маніпулятивного порнографічного контенту (non-consensual deepfake pornography) зловмисники створюють із використанням облич жінок, що підтверджує вибірковий характер цього виду насильства. В результаті жінки в медіа, як публічні особи в інформаційному просторі, стають об'єктом технологічно модифікованих форм дискредитації, сексуалізованої візуальної експлуатації та символічного витіснення публічного дискурсу. Таким чином, deepfake перестає бути виключно технічним явищем і стає соціально-комунікаційним інструментом цифрового насильства, що порушує межі приватності, підриває репутаційний капітал та посилює онлайн-агресію за гендерною ознакою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розвиток і застосування штучного інтелекту, особливо технологій deepfake, перебуває в центрі наукової уваги вітчизняних та зарубіжних дослідників. Деякі аспекти функціонування синтетичних медіа та їх вплив на інформаційне середовище розглянуті в роботах А. Валорске (2020), Т. Іванової (2024),
Д. Чижа (2024), А. Кусий (2024), З. Ахтар (Ахтар, 2023), А. Шампандара, Хао Лі й інших науковців.

Зокрема, Т. Іванова наголошує, що розвиток цифрових технологій актуалізує потребу у формуванні нових компетенцій медіаграмотності та критичного мислення, оскільки використання штучного інтелекту, з одного боку, стимулює інноваційний прогрес, а з іншого, створює умови для поширення deepfake-контенту в інформаційному просторі [1]. А. Кусий, у свою чергу, наголошує, що ефективна контратака на deepfake базується на поєднанні когнітивних та технологічних механізмів, оскільки синтетичний контент апелює до емоційних реакцій аудиторії та підвищує рівень її переконливості [2].

Водночас, у дослідженнях зазначається, що deepfake-технології не мають виключно деструктивного потенціалу. Зокрема А. Валорська зазначає, що поряд із ризиками, пов’язаними з дезінформацією, ця технологія відкриває нові можливості для освітніх, креативних та медійних виробничих практик, що вимагає збалансованого підходу до її регулювання [3].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на значну кількість наукових робіт, у дослідженнях існують концептуальні прогалини, пов'язані з недостатнім розумінням deepfake-технологій як інструменту цифрового гендерно зумовленого насильства у професійному медіасередовищі. Більшість доступних досліджень зосереджені на технологічних аспектах синтетичних медіа або їх впливі на політичні процеси, ігноруючи соціальні наслідки їх використання для жінок-журналісток, вразливої групи в публічній сфері. Механізми делегітимації репутації жінок-медіа через такий контент, а також вплив цих практик на їхню професійну суб'єктивність, психологічну безпеку та здатність повноцінно брати участь у публічному дискурсі, залишаються недостатньо дослідженими.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою цієї статті є теоретичне та практичне осмислення deepfake-технологій як інструменту цифрового насильства щодо жінок-журналісток та визначення їхнього впливу на трансформацію форм онлайн-агресії за гендерною ознакою в сучасному медіасередовищі. Ця праця спрямована на висвітлення соціально-комунікативної природи deepfake, аналіз специфіки її використання як засобу дискредитації жінок у медіа та описати основні ризики, які поширення синтетичного контенту створює для професійної діяльності жінок-журналісток.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасна трансформація медіаландшафту під впливом генеративного штучного інтелекту призвела до прецедентів, коли технологічна досконалість стає зброєю в руках суб'єктів цифрових атак. Deepfake — це методика синтезу зображення людини, яка базується на штучному інтелекті, її використовують для поєднання і накладення одних зображень та відео на інші зображення або відеоролики. Феномен deepfakes — синтетичного контенту, створеного за допомогою нейронних мереж, які замінюють обличчя чи голос людини відео чи звуком — більше не є винятковим для індустрії розваг. Сьогодні це актуальний інструмент цифрового гендерного насильства, спрямований на системну дискредитацію, зокрема жінок, які працюють у медіа. Соціокомунікаційна природа deepfake полягає в маніпуляції візуальною та слуховою ідентичністю людини, що призводить до руйнування репутаційного капіталу, професійної деградації суб'єктивності та виключення жінок з публічного дискурсу через механізми психологічного тиску та сексуальної експлуатації [5].

Технологічні фахівці та журналісти використовують значні можливості штучного інтелекту для розвитку медіапродуктів. Працівники медіа застосовують генеративні моделі (ChatGPT, LLaMA, BloombergGPT) для

автоматизації рутинних процесів: пошуку інформації, написання статей чи пресрелізів. Однак нейромережі не можуть повністю замінити людину, оскільки етичні принципи та перевірка фактів залишаються незамінними.

Окрім тексту, користувачі активно застосовують нейромережі для створення подкастів, репортажів та реконструкції історичних подій, що відкриває нові горизонти для освітньої журналістики, медіамистецтва та інтерактивного сторітеллінгу, роблячи контент більш візуальним, захопливим та адаптованим до аудиторії.

Попри позитивні моменти, перелічені вище, deepfake-технології створюють справжні загрози для журналістики, шкодять іміджу чесної та етичної журналістської діяльності, паплюжать головну місію журналіста — надавати споживачеві достовірну інформацію. Наприклад, нещодавно папа Римський Франциск I назвав себе «жертвою цифрових технологій». Він обґрунтовував це масовим тиражуванням у соцмережах псевдозображенням, що імітувало його фото у стильному білому пуховику. Насправді, це був фейк, але багато людей йому повірили, а деякі поважні видання опублікували цей знімок як достовірний. Саме з цієї причини Папа Римський закликав журналістську спільноту до всесвітнього регулювання сфери штучного інтелекту [5].

Специфіка використання deepfake проти жінок-журналісток полягає в їхній здатності звертатися до найвразливіших аспектів їхньої професійної діяльності: довіри аудиторії та етичної чесності. З огляду на те, що медіапрофесії за своєю суттю є публічними, медійниці стають головними мішенями для технологічних атак. Основними векторами цього насильства є створення порнографічного контенту без згоди (non—consensual deepfake pornography), поширення дезінформації про здоров'я чи особисте життя та використання зображення журналіста для шахрайства, що створює ситуацію «онтологічної невизначеності», де межа між реальністю та симулякром розмивається, дозволяючи агресорам маніпулювати громадською думкою з мінімальними ресурсами, але з максимальною шкодою для об’єкту атаки.

Яскравим і трагічним прикладом у глобальному масштабі є випадок індійської журналістки — розслідувачки Рани Айюб. Вона стала потерпілою стороною зловмисної кампанії deepfake-порнографії, в якій штучний інтелект використовувався для створення відвертого контенту, який хибно зображував її в порнографічному відео. Напад був частиною ширшої стратегії дискредитації та замовчування пані Айюбової, яка включала доксинг (публікування її персональних даних), що призвело до серйозних переслідувань, загроз її фізичній безпеці та глибоких емоційних страждань [6].

Український медіаландшафт також продемонстрував стрімку ескалацію технологічного насильства щодо жінок-журналісток. У липні 2025 року зловмисники використали штучно згенероване відео з неповнолітнім сином дослідниці Олени Мудрої для тиску на її професійну діяльність. У сюжеті поширювалися неправдиві звинувачення в рамках дискредитаційної кампанії,

спрямованої на припинення її професійної діяльності через тиск на сімейні цінності [7].

У серпні 2025 року шахраї поширили deepfake-відео з Аллою Мазур, Наталією Мосейчук, Марічкою Падалкою для реклами сумнівних ліків, імітуючи стиль телеканалу «1+1». Це класичний приклад поєднання шахрайства та медичної дезінформації, де медійна впізнаваність журналістки зловживається для обману аудиторії. Подібне свідчить про системний характер наруги над обличчями популярних медіаперсон [7].

До окремих аспектів цифрового насильства належить дегуманізація та мізогіністичні домагання. У червні та липні 2025 року анонімний Telegram-канал «Джокер» здійснив масштабну атаку на головного редактора «Дзеркала тижня» Юлію Мостову та редакторку Інну Ведернікову. У цій кампанії використовувалися зображення, згенеровані штучним інтелектом, із зооморфними ознаками, для приниження професійної гідності журналістів. Крім того, поширювалася неправдива інформація про смерть близьких, що є формою жорстокого психологічного терору. Ці практики ілюструють, що технологія deepfake у руках кіберзлочинців перетворюється з інструменту маніпулювання фактами на інструмент тотального психологічного знищення особистості [7].

Аналіз вищезазначених випадків дає підстави стверджувати, що наслідки використання deepfake проти журналістів виходять далеко за рамки втрати особистої репутації. По-перше, це провокує «ефект самоцензури», оскільки жінки-журналістки змушені обмежувати свою присутність у публічній сфері або відмовлятися торкатися делікатних тем, боячись знову стати мішенню. По-друге, це підриває довіру до журналістської інституції в цілому: якщо будь-яке відео чи аудіо можна підробити, аудиторія починає сумніватися навіть у достовірних журналістських розслідуваннях (так званий «дивіденд брехні»). По-третє, гендерний характер цих атак (використання сексуалізованих зображень або погроз неповнолітнім) підкріплює патріархальні стереотипи та створює вороже середовище для жінок у цій професії.

Саме тому, боротьба з deepfake-насильством потребує комплексного підходу. Необхідне впровадження на законодавчому рівні кримінальної відповідальності за створення та розповсюдження шкідливого синтетичного контенту без згоди особи. Технологічні платформи повинні інтегрувати автоматизовані системи виявлення deepfake та забезпечити механізми швидкого видалення такого контенту. Водночас, критично важливою є підготовка самих медійниць: розвиток навичок цифрової безпеки, юридична підтримка та психологічна реабілітація після атак. Deepfake не повинні ставати «новою нормою» медіасередовища; вони мають бути ідентифіковані як агресивна форма цифрового насильства, що загрожує свободі слова та демократичним стандартам суспільства.

Висновки. Аналіз доводить, що deepfake-технології у сучасному медійному середовищі виходять за межі інструментів цифрової творчості та дедалі виразніше набувають рис соціо-технологічного механізму впливу,

здатного трансформувати структуру публічної комунікації. У випадку їх застосування щодо жінок-медійниць йдеться не лише про маніпуляцію інформаційними потоками, а й про формування новітніх форм символічного насильства, що реалізуються через підміну ідентичності, сексуалізовану дискредитацію та психологічний тиск. Водночас подібні практики створюють ширші ризики для медіаінституцій, оскільки підважують сам принцип достовірності аудіовізуальної інформації, формуючи атмосферу онтологічної невизначеності у публічному просторі, що сприяє поширенню так званого «ефекту самоцензури», витісненню жінок із активної участі в інформаційних процесах та посиленню гендерних бар'єрів у професійній журналістиці.

Отже, deepfake-технології постають не лише технічним викликом, а й соціокомунікативною загрозою, що потребує комплексного міждисциплінарного реагування. Їх подальше неконтрольоване використання здатне спричинити тотальну недовіру до медіа як інституції, посилити цифрову нерівність та легітимізувати нові форми онлайн-насильства. У цьому контексті актуалізується необхідність розробки ефективних правових, технологічних та освітніх механізмів протидії, спрямованих на захист професійної безпеки медійниць та забезпечення сталості демократичного інформаційного середовища.

Посилання

1. Іванова Т. Медіаграмотність та критичне мислення в процесі викладання дисциплін комунікаційного циклу : навч. посібник. Київ : Академія української преси ; Центр вільної преси, 2024. URL: https://www.aup.com.ua/uploads/Mediagramotnist_ta_kritichne_AUP24.pd.
2. Кусий А. Діпфейки: як розпізнати та захиститися? Інтернет Свобода. 2024. URL: https://netfreedom.org.ua/article/dipfejki-yak-rozpiznati-ta-zahistitisya.
3. Вальорська А. Діпфейк та дезінформація / пер. з нім. В. Олійника. Київ : Академія української преси ; Центр вільної преси, 2020.
4. Чиж Д. Що таке діпфейки і чому український додаток Reface створює інакший контент. Bazilik Media. 2024. URL: https://bazilik.media/shcho-take-dypfejky-i-chomu-ukrainskyj-dodatok-reface-stvoriuie-inakshyj-kontent/.
5. Іванова Т., Єфремова О., Чулков А. Deepfake як технологія сфери соціальних та масових комунікацій: можливості та загрози. Наукові записки Інституту журналістики. 2025. Т. 86, № 1. С. 21–34. DOI: https://doi.org/10.17721/2522-1272.2025.86.2.
6. Investigative Journalist Rana Ayyub Targeted by AI-Generated Deepfake Pornography: Report 4017. AI Incident Database. URL: https://incidentdatabase.ai/reports/4017/.
7. Опитування українських медійниць щодо загроз штучного інтелекту (ШІ) / ГО «Жінки в медіа». Громадський Простір. 2025. 26 серп. URL: https://www.prostir.ua/?news=pochalosya-opytuvannya-ukrajinskyh-medijnyts-schodo-zahroz-shtuchnoho-intelektu-shi.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВЕБДОСТУПНОСТІ САЙТІВ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ ТА СВІТУ

Студентка В. А. Костенко
Керівник – доц., доктор філософії О. О. Жеваго
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Цифрові ресурси стали невід'ємною частиною освітнього процесу, і вимоги до їхньої якості постійно зростають. Однією з ключових вимог є вебдоступність (web accessibility): підхід до розробки вебсайтів, який гарантує рівний доступ до їх вмісту для всіх категорій користувачів, зокрема осіб з інвалідністю. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щонайменше 16% населення світу має значну форму інвалідності, що включає порушення зору та слуху, які безпосередньо впливають на взаємодію з вебресурсами [1-3]. Вебдоступність покликана забезпечити інклюзивність інформаційного простору, що є особливо актуальним для сайтів закладів вищої освіти (ЗВО) в умовах сучасної України. Еталоном для оцінки вебдоступності є міжнародний стандарт WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) [4], розроблений W3C (World Wide Web Consortium).

Світовий масштаб наукового інтересу до проблеми вебдоступності підтверджується низкою нещодавніх досліджень, що сфокусовані на аудиті сайтів ЗВО різних регіонів. Зокрема, здійснено порівняння топ-університетів світу з університетами Індії [5], зіставлення вебсторінок для абітурієнтів ЗВО Європи, Північної Америки й Океанії [6] та оцінку сайтів університетів Саудівської Аравії [7]. В українському контексті слід відзначити роботу [8], в якій подано ґрунтовний аналіз вебдоступності сайтів саме українських ЗВО. Однак на сьогодні лишається прогалина щодо позиціонування України на міжнародному тлі: відсутність порівняльного аналізу вітчизняних ЗВО зі світовими не дозволяє визначити, чи є виявлені дослідниками порушення специфічними для України, чи вони відображають глобальну тенденцію.

Відтак, метою цього дослідження є проведення порівняльного аналізу вебдоступності сайтів ЗВО України та світу. У межах дослідження сформульовано такі дослідницькі питання:

1. Яким є рівень відповідності сайтів ЗВО критеріям WCAG 2.2 (рівень AA)?
2. Які категорії порушень вебдоступності є найпоширенішими?
3. Чи існує статистично значуща різниця між показниками доступності сайтів українських і світових ЗВО?

Репрезентативна вибірка вебсайтів охопить 50 українських ЗВО та 100 світових з наступним розподілом: Америка – 35; Європа – 35; Азія – 20; інші регіони – 10. Відбір українських ЗВО здійснюватиметься за списком національних університетів, рейтингом «Топ-200 Україна» та консолідованим рейтингом ЗВО України, а світових – за QS World University Rankings, Times Higher Education і Shanghai Ranking (ARWU).

Для автоматизованого аудиту обрано бібліотеку axe-core, інтегровану з фреймворком Playwright, що дозволяє програмно завантажувати й аналізувати вебсторінки. Вибір axe-core зумовлений його відкритим вихідним кодом, широким покриттям критеріїв WCAG та визнанням як де-факто стандарту автоматизованої перевірки доступності. Для кожного ЗВО аналізуватимуться головна сторінка та сторінка для вступників як найбільш відвідувані точки входу. Під час дослідження фіксуватимуться: кількість порушень, їхній розподіл за категоріями WCAG, рівень серйозності (severity) та показник доступності сайту (accessibility score). Результати буде оброблено методами описової статистики та непараметричними критеріями порівняння груп «Україна» та «Світ», з оцінкою розміру ефекту.

Очікується, що в підсумку буде отримано актуальні емпіричні дані про стан доступності сайтів ЗВО. Зіставлення показників по Україні з результатами аудиту минулих років [8] дозволить відстежити динаміку; своєю чергою, порівняльний аналіз груп «Україна» та «Світ» уможливить об’єктивну оцінку українських освітніх ресурсів на міжнародному тлі. Практична цінність дослідження полягатиме в наданні рекомендацій університетам щодо підвищення інклюзивності їх вебсайтів, що сприятиме усуненню нерівності в цифровому просторі.

Посилання

1. World Health Organization. (2024). Disability. [Online]. Available: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health
2. World Health Organization. (2024). Blindness and vision impairment. [Online]. Available: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment
3. World Health Organization. (2024). Deafness and hearing loss. [Online]. Available: https://www.who.int/health-topics/hearing-loss#tab=tab_2
4. W3C. (2024). Настанови з доступності вебвмісту (WCAG) 2.2. [Online]. Available: https://www.w3.org/TR/WCAG22
5. Krittika, S. R. Shimray. (2025). Accessibility evaluation of top 25 QS-ranked world universities and top 25 QS-ranked Indian universities using WCAG 2.2: a comparative study. Universal Access in the Information Society. 10.1007/s10209-025-01218-2. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s10209-025-01218-2
6. Ş. S. Macakoğlu, T. Medeni. (2022). Accessibility, usability, and security evaluation of universities' prospective student web pages: a comparative study of Europe, North America, and Oceania. Universal Access in the Information Society. 10.1007/s10209-022-00869-9. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s10209-022-00869-9
7. M. Akram. (2022). Accessibility evaluation of Arabic University websites for compliance with success criteria of WCAG 1.0 and WCAG 2.0. Universal Access in the Information Society. 10.1007/s10209-022-00921-8. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s10209-022-00921-8
8. B. Kuzikov. (2025). Analysis of web accessibility of Ukrainian higher education institutions' websites. Системні дослідження та інформаційні технології. 10.20535/SRIT.2308-8893.2025.2.10. [Online]. Available: https://journal.iasa.kpi.ua/article/view/336175

СТАНОВЛЕННЯ КОЗАЦЬКОЇ КУЛЬТУРИ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ САМОСВІДОМОСТІ УКРАЇНСЬКОГО НАРОДУ

Керівник – доц., канд. іст. наук О.А. Кузнецов
Здобувач освіти – О.П. Сербовка
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

В історичному минулому українського народу було таке неповторне і героїчне явище, як козацтво. Козацтво України – одна з легендарних сторінок літопису боротьби українського народу за політичну незалежність, національну самобутність, православ'я. Козаччина настільки тісно пов'язувалась з Україною, що довгі часи весь український народ звали "козацькою нацією". Відзначимо, що в XVII ст. Р. Тилер у книзі про українських козаків писав, що Україна – це край, населений волелюбною нацією козаків. Козацтво було не тільки військовим явищем, а й соціальним станом, що виконував функції провідної, консолідуючої верстви української нації, важливим етапом в формуванні ідентичності.

Актуальність дослідження. Актуальність дослідження обумовлюється тим, що через призму історичної спадщини, за допомогою дисциплін соціально-гуманітарного циклу, таких як історія та культура України, культурологія, філософія, логіка, політологія, основи ідеології української держави, низки виховних заходів необхідно сформувати у студентства, молодого покоління загалом, уявлення:

- про цілі розвитку українського суспільства та держави, шляхи їх досягнення;
- підняти на вищий рівень національну самосвідомість, прищепити шанобливе ставлення до своєї культури, мови, традицій, звичаїв;
- затвердити життєві позиції, вміння використовувати свій власний потенціал у світі, що постійно змінюється;
- розвинути потреби у творчій та плідній діяльності на благо себе, суспільства, держави.

Більш того, різноманітні аспекти історії українського козацтва виглядають перлиною самобутності не тільки самого соціального явища, а як елемент європейської і світової культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Важливу роль у процесі консолідації нації відіграє культура. Часи козацької України XVII – XVIII ст. були добою бурхливого розвитку української культури, її "золотим віком". Ця проблема визвала не аби який інтерес вітчизняних вчених, починаючи з самого початку формування основ української культури.

Велике значення для розкриття даної теми мають історичні розвідки і дослідження Д. Антоновича, Є. Маланюка, І. Огієнка [10], в яких розглядаються основні явища в українському мистецтві. Необхідно також

зазначити, що в історичних курсах Д. Дорошенка, І. Крип'якевича, Н. Полонської-Василенко значне місце відведено характеристиці культури, світогляду козацької України [4]. Матеріали про освіту, літописання, кобзарство, козацьке бароко можна знайти в колективній роботі Ю. Мицика, С. Плохія, І. Стороженка [7]. Серйозним внеском в історіографію проблеми є також третій том колективної праці з історії української культури, підготовлений В.С. Александровичем, В.Й. Борисенко та ін., а також дослідження І.А. Бондаревської [3].

Проблема розвитку культури окремої нації досить об’ємна, багатогранна, зі своїми національними особливостями. Тому історіографічний огляд може бути винесено за межі цієї статті і досліджуватися окремо.

Таким чином, навіть побіжний огляд літератури свідчить, що обрана тема в науковій літературі завжди займала важливе місце. Однак досі іще немає публікацій, у яких би комплексно аналізувалися основні напрямки культурного розвитку українського народу за козацької доби й висвітлювався вплив культури козацтва на формування самосвідомості українців. Дана стаття до певної міри заповнює цю прогалину.

Мера і завдання статті. Виходячи з актуальності проблеми, спираючись на літературні джерела, не претендуючи на всебічне висвітлення всіх аспектів проблеми, автор поставили перед собою завдання проаналізувати соціально-економічні, соціально-політичні передумови становлення козацької культури, вплив козацької культури на становлення самосвідомості українського народу. Знаходячись у руслі спільного мистецького, культурного життям із Західною Європою, Україна переймає новий напрям – стиль бароко. Хоча зразки бароко приходили до нас із Західної Європи, переважно з Італії та Німеччини, власною творчістю українського народу, що відтепер був пробуджений до нового вільного життя, бароковий стиль набув своєрідних, оригінальних форм, що отримав у світовій літературі заслужену назву осібного українського або “козацького” бароко [2, с.248].

Нові умови життя та соціального устрою з вищою верствою заможної козацької старшини створили інші потреби, ставили нові вимоги – так само, як це було і в цілій Європі. Спокійні, врівноважені, логічні форми ренесансу, що орієнтувався на чисті форми античності, вже не задовольняли сучасні смаки. Для розкішного, гучного життя доби бароко потрібні були більш пишні, багатші, виразніші форми, просякнуті пафосом, надприродністю, спіритуалізмом. Колишній красі відтепер протиставляли силу, спокою – рух, гармонії – боротьбу. Часи Руїни, що спустошили матеріальне життя України і, безперечно, наробили чимало шкоди і в сфері культурного розвитку, все ж не спроможні були вгасити того великого національно-культурного вогню, що був запалений революційними подіями народних мас під проводом Б. Хмельницького й відродженням української державності.

Духовне життя України в добу Руїни не тільки не завмирає, а виявляє гідну активність і творчу наснагу, зокрема і в царині науки, філософії (й теології), історії, літератури, політики – менше в царині освіти та мистецтва,

що з природи речей вимагало і більших матеріальних засобів, і більш спокійних умов для свого нормального розвитку.

Був ще один чинник, що впливав на українське духовне життя доби Руїни. Політичні події, а зокрема перенесення осередку Української держави на Лівобережжя, на довгий час ізолювали українську культуру від західних впливів, поставивши її, так би мовити, віч-на-віч із східним політичним та культурним світом.

Московська політична домінація перед очима київських і чернігівських інтелектуалів (там були переважно українські культурні осередки тої доби) була фактом, що мав свій вплив на їх уяву і думку, формуючи там певні москвофільські (в дусі російської імперської думки) настрої і концепції або викликаючи почуття ідейного опору московській навалі на відроджене Хмельниччиною українське державне й культурне життя, або іноді навіть створюючи своєрідну, майже неймовірну, а тому й мало зрозумілий для нас синтез усіх цих думок, концепцій і почувань.

Втім, московські впливи і українські контр впливи, як реакція на них, були не поодинокі. Залишалися ще поважні польські впливи й де-не-де пробивалися впливи турецько-татарського світу. Це ідейно-політичне напруження українського духовного життя в добу Руїни мало особливе значення і вплив на розвиток української культури мазепинської доби, оскільки створювало відповідний духовний клімат, розбурхувало почуття й думки, стримувало природну реакцію національного духу на чужі й ворожі йому події, явища, впливи.

Саме в цій атмосфері духовного та ідейного хвилювання, зароджувалися ті ідейні і культурні вартості, які пізніше, у відповідний час, за сприятливих умов матеріального добробуту й політичного спокою та стабільності, за гетьманування Самойловича (1680-ті рр.) і особливо Мазепи, розквітали таким рясним і барвистим цвітом. Але жодних реальних цінностей доба Руїни створити, звичайно, не могла.

Культурна творчість для свого завершення й народження тривалих пам’яток людського духу вимагає певного спокою й добробуту. В постійній тривозі за своє життя, серед біди і злиднів, без матеріальної бази й певної незалежності від буденних турбот життя творчий процес не може знайти свого завершення, втілення в архітектурі будов, на полотні картин, у друку та оздобах книг, у нотах музики і пісні, – в усіх тих пам’ятках людського духу, що переживають своїх творців і свою епоху й живуть своїм власним життям у просторах вічності, формуючи духовно наступні покоління.

Український народ завжди тягнувся до знань. XVII ст. – це золотий вік нашого письменства, нашої культури. Київ став центром науки, її Афінами, став нашим Парижем, “розумною головою”. Як казав тоді Л. Баранович: „…коли з Києва, розумної голови, не дадуть поради, замовкне діло назавше [9, с.32]”.

Коли бували в Україні іноземні подорожні, їх дивувала і приємно вражала велика українська культура.

Так, П. Алепський, що в 1653 р. переїздив Україною, супроводжуючи свого батька патріарха Макарія, писав: “Люди вчені, кохаються в науках та законах, гарні знавці риторики, логіки і всякої філософії …”, по всій козацькій землі … спостерігали ми давній та гарний факт – всі вони, за малим винятком, грамотні, навіть більшість їх жінок та дочок уміють читати і знають порядок служб церковних та церковні співи; священники навчають сиріт і не дають їм тинятися по улицях … А дітей у їх більше, ніж трави, і всі діти вміють читати, навіть сироти” [12, с.82]. Майже кожне село в Україні мало свою школу. Як показує перепис 1740-1748 рр. у семи полках Гетьманщини було 866 шкіл на 1094 оселі; зокрема, в Чернігівському полку було 143 школи на 142 села.

На території Чернігівського, Городнянського та Сосницького повітів в 1768 р. було 134 школи і одна школа припадала на 746 душ населення; через 100 років, 1875 р., на цій самій землі було лише 52 школи і одна з них припадала на 6790 душ. Тобто, за 100 років шкіл стало втроє менше, тоді як людність зросла в десятеро.

Те ж сталось і на Лівобережній Україні: коли там в 1740 р. було 866 шкіл, то через 60 років, на початку XIX ст., шкіл цих не стало [8, с.211]. Так вплинула Москва на українську культуру.

Значний внесок у справу відродження української культури зробили національно-релігійні об’єднання міщан – братства. Спочатку вони були товариствами суспільно-релігійного характеру, що мали на меті займатися справами християнського милосердя. З часом братства поширили свою діяльність, займаючись справами освіти і культури, закладали школи, бурси, друкарні.

Перша братська школа виникла в 1585 р. у Львові, а на початку XVII ст. братські школи існували у більшості міст України [7, с.237]. За ініціативи гетьмана Запорізького Війська П. Конашевича-Сагайдачного запорізькі козаки почали надавати матеріальну підтримку братському рухові. В 1616 р. Сагайдачний з “усім Військом Запорізьким вступає до Київського братства, прийнявши його під свою протекцію” [5, с.73]. Ця подія мала велике політичне значення, оскільки свідчила про участь запорізьких козаків у суспільно-політичному і культурному житті України. В 1631 р. Петро Могила заснував при Печерському монастирі колегію, надаючи їй характер західноєвропейських шкіл з перевагою латинської мови.

На зразок Київської колегії були створені подібні в Вінниці і Кременці. Могилянська колегія, що в 1701 р. отримала статус академії, запалила проміння науки й освіти широко по українських землях і далеко за її межами. А саме в Сербії, Волощині, Московії.

Значення Київської Академії в історії України було велике. За 150 років її існування навчалося в ній близько 25 ти. українців [8, с. 215]. З цієї кількості вийшли тисячі освіченого духовенства та більша частина тієї свідомої інтелігенції, яка протягом XVIII ст. займала урядові місця.

Переглядаючи біографії видатних людей XVIII ст., важко зустріти людину, що не вчилася в Академії. З Академії вийшло те "знаменитое сословие войсковых канцеляристов", як назвав їх М. Грушевський, що "подготовляет национальное украинское возрождение XIX ст.", цебто, та армія урядовців полкових та генеральних канцелярій, серед яких були письменники, вчені, дипломатичні діячі, а головне – українські патріоти – автономісти, як характеризував їх О. Оглоблін [8, с. 215-216].

Виникали нові колегіуми, які були середніми навчальними закладами: Чернігівський у 1700 р., Харківський – 1727 р., Переяславський – 1738 р. Особливо значимим освітнім центром став Харківський колегіум. У ньому навчалося 800 учнів [10, с. 264]. Крім традиційних предметів, вивчалися також інженерна справа, артилерія і геодезія. Наприкінці XVIII ст. в Україні з'являлися нові типи навчальних закладів – артилерійське та штурманське училища у Миколаєві. Осередки освіти існували безпосередньо і на запорізьких землях-паланках, а також у фортеці Січі. Запорізькі школи поділялися на січові, монастирські і церковно-приходські [13, с. 450]. Січові школи вчили читати, писати, співати.

На початку XVII ст. виникла школа при Самарському Пустинно-Микільському монастирі, будівля якого розташована зараз на околиці м. Новомосковська Дніпропетровської області. В школі навчали письма, церковного читання, співу та музики. Церковно-приходські школи існували майже при всіх 47 церквах на Січі [13, с.452]. Біля церкви з одного боку будувався "шпиталь", тобто лікарня для поранених та хворих козаків, а з іншого – школа. В запорізьких школах навчалися козацькі діти з паланкових населених пунктів, а також джури – підлітки, що бралися для виховання досвідченими козаками та військовою старшиною з України. Ще одним показником освіченості запорізького козацтва було шанобливе ставлення до книги.

У фондах Дніпровського державного історичного музею імені Д.І. Яворницького зберіглася велика кількість книг, які належали колись запорізьким козакам та були зібрані до музею Д.І. Яворницького, цим невтомним шукачем та істориком запорізької старовини.

Як свідчить запис на "Пречистих Акафістах", виданих 1674 р. у друкарні Києво-Печерської лаври "за благословенням" видатного культурно-освітнього діяча України Інокентія Гізеля, ця книга належала свого часу "товаришеві куреня Ірклiївського" [7, с. 245].

"Козацька культура" сприймала, а також включала в себе надбання інших районів України, та все ж перевага саме козацького елементу в соціальному, політичному, культурному житті України XVI – XVIII ст. була очевидна сучасникам і місцевим, і іноземним. Подорожі на Україну сприймалися в Європі, як подорожі в "країну козаків". Поширення грамотності серед населення сприяло розвитку книгодрукування. Найбільш значною друкарнею в Україні була Києво-Печерська. Серед випущених нею

книг відома, зокрема, "Іфіка ієрополітика" (1712), в якій пояснювалися норми поведінки. Видавалися також релігійні трактати, букварі та інша література.

На західноукраїнських землях продовжувала діяти Львівська братська друкарня. Вона тисячними тиражами друкувала букварі, інші книги. Значний вклад у розвиток книгодрукування внесли Почаївська й Унівська друкарні, які до кінця століття випустили в світ сотні книг. Друковані книги, що виходили в Україні, поширювалися в Росії, Болгарії, Греції, в багатьох країнах Західної Європи. Але зазначимо, що у XVIII ст. наука ще не стала завершеною системою знань.

На той час систематичні наукові дослідження, як правило, не проводилися. Водночас в окремих галузях тогочасної науки спостерігався швидкий процес накопичення і систематизації знань. Помітні зрушення спостерігалися у розвитку медицини, організації медичної справи та освіти. Для запобігання епідеміям було створено систему карантинів.

У 1740 р. у Василькові на Київщині відкрився перший медичний карантинний будинок. Наприкінці XVIII ст. з'явилися морські госпіталі в Херсоні та Севастополі. У 1792 р. було відкрито Київський військовий госпіталь. Формувалася мережа аптек. Вони діяли у Києві, Глухові, Харкові, Вінниці, Умані, Бродах, Львові та багатьох інших містах.

Досить успішно розвивалася математика у наукових закладах Львова, Харкова та інших міст. Зокрема, у Харківському колегіумі вивчали арифметику, геометрію (включно зі тригонометрією), а також курси з артилерії, фізики і механіки, геодезії, архітектури та фортифікації.

Найяскравішим представником філософії в Україні був Григорій Сковорода (1722-1794), видатний учений та мислитель. Син реєстрового козака Полтавського полку, він навчався в Київській Академії потім в університетах Мюнхену, Відня, Бреславу. Повернувшись до України, Г. Сковорода був короткий час професором Харківського університету, але дуже дорожив свободою і не хотів зв'язувати себе обов'язками. Він жив у постійних переїздах, зупинявся у дідичів, навчав їхніх дітей і їхав далі.

Основою його філософської концепції був антропологізм, кордо центризм, а засобом для досягнення мети – самопізнання. Його девіз був „пізнай самого себе". "Мой жребий с голяками" – це була не порожня фраза, а зміст життя великого філософа, що болісно відчував трагізм життя покріпачених народних мас, виступав з критикою тогочасного суспільства [8, с. 71]. Сковорода був одним із найвидатніших філософів XVIII ст. Європи і вплив його філософії шириться не тільки в Україні. Особа та філософія Сковороди породили величезну літературу в країнах Європи.

Наприкінці XVII і на початку XVIII ст. з'являються так звані "козацькі літописи": "Самовидець" – імовірно Романа Ракушки, що брав участь у визвольній війні і закінчив життя протопопом Стародубським; полковника Гадяцького, Григорія Граб'янки "Действія … небывалой брани Богдана Хмельницкого…" та канцеляриста Генеральної Канцелярії Самійла Величка –

“Сказаніе о войне козацкой зъ поляками черезъ Зеновія Богдана Хмельницкого”.

Всі ці твори – прагматична історія Хмельниччини. Особливо важливе “Сказаніе” С. Величка, який використовує багато джерел. Він високо оцінює Б. Хмельницького і описує добу Руїни. Саме Величко першим в українській історіографії детально обґрунтував вживання таких понять як “Україна” та “український народ” [7, с. 50].

Козацькі літописи XVII – XVIII ст. є свідченням високої, як на той час, політичної та історичної культури козацтва. Популярним видом літератури кінця XVII ст. – першої половини XVIII була драма. Зародилася вона в Україні під впливом польських шкіл на початку XVII ст.

Спочатку дія відбувалася за сценою, а на сцені лише розповідалося про події. Наприкінці XVII ст. з’являються вже дійсні драми. Українська драма була зв’язана з Київською Колегією: професори писали п’єси, а “спудеї” виступали як дійові особи. Здебільшого драми були пристосовані до Різдвяних та Великодніх свят.

Наприкінці існування Козацької Гетьманської держави з’явилися літературні твори, які стоять цілком окремо.

Це – славетний “Разговор Великороссии з Малороссиею”, що його написав перекладач Генеральної Військової Канцелярії Семен Дівович у 1762 р. – тоді, коли, після воцаріння Катерини II в Україні побоювалися, що автономії України загрожує небезпека. “Разговор” у добрій віршованій формі дає діалог Росії і України, в якому Україна доводить права на свою історичну суверенність.

Цей перейнятий почуттям національної гідності твір вражає глибоким розумінням минулого України, знанням її історії. Твір С. Дівовича був „великої сили українським літературним протестом проти московської централістичної політики”, – характеризує його О. Оглоблін [8, с.226].

Доба козаччини і козацьке середовище гідно доповнили і збагатили надбання української культури великим циклом історичних, побутових пісень, легенд та дум. Пісенно-поетична творчість поділялася на декілька жанрових груп: похідні пісні, історичні з оповіддю про персоналії, сімейно-побутові, ліричні, невольничі.

Видатний письменний М. В. Гоголь кобзарів вважав охоронцями бойової, козацької слави України. Майбутній автор “Тараса Бульби” Гоголь, будучи учнем Ніженського ліцею, любив бродить по базару. На той час рідкий базар, якмарок в Малороссій обходився без пісень старців, які б не зачіпали під час саму загрубілу, зачерствілу душу. В самій садибі Гоголів не раз заходили кобзарі і лирники потішити панів та одержати собі деякі кошти на їжу.

Кобзарі виконували в той час дві суспільні функції: перша – суто творча: складання дум і пісень, друга – пропагандистська. Кобзарі піднімали дух козаків, кликали їх до перемоги у боротьбі з ворогами свого народу. Зрячі кобзарі брали безпосередню участь у битвах. Чимало з них загинуло під час

придушення селянсько-козацьких повстань, зокрема оспіваної Т.Г. Шевченком Коліївщини.

У відомій історикам "Коденській книзі" – сумному мартиролозі замучених шляхтою повстанців 1768 року – згадуються і три кобзарі: Прокіп Скряга, Василь Варченко та Петро Соковий [7, с.252].

Мартиролог (от греч. μάρτυς — «свидетель», «мученик») — офіційний церковний список мучеників й святих, упорядкований за датами їх пам'яті. Літургічна книга, що містить короткі відомості про життя та мученицьку смерть, покликана полегшити їхнє поминання. У переносному значенні — перелік жертв, мучеників, список репресованих.

Відзначимо, що кобзарі-запорожці – це не тільки були носіями народної пам'яті, це ще й музична культура України. Звичайно, набір інструментів, які користуються популярністю в народі, не обмежувався тільки кобзою. В пошані була також ліра, сопілка, скрипка, цимбали та ін. Музична культура України визначалася в XVII-XVIII ст. високим рівнем розвитку інструментальної музики та співу.

Слід нагадати, що певну увагу розвиткові музики приділяв гетьман Б. Хмельницький, який любив слухати козацьких пісень і сам грав на кобзі. У 1652 р. гетьман підписав універсал про утворення музичного цеху на Лівобережній Україні по аналогії з подібними цехами, що вже існували на той час у Кам'янці, Львові та деяких інших українських містах.

Музиканти, які об'єднувалися у співочі братства – цехи, не тільки обслуговували свята, збираючись в ансамблі (звідси й "троїста музика"), але й супроводжували військо у походах [7, с.49].

Поширення в Україні, зокрема, на Запоріжжі, набув багатоголосий спів. Багатьох юних співаків забирали вже у XVIII ст. до Петербургу у придворні хори, де вони вславилися своїм мистецтвом. Всесвітньої слави набули вихідці з України, зокрема, з козацьких родин, співаки В. Пікулинський, І. Календа, Олексій та Кирило Розумовські, автор "Граматики музикальної" (1677 р.) М. Ділецький та інші.

Значного розвитку зазнала й українська архітектура. Перші приклади бароко в архітектурі з'являються на початку XVII ст. у Львові (костьоли бернардинів 1600 р., єзуїтів 1613 – 70 рр.) та Києві (перебудова Успенського собору італійцем С. Брачі в 1613 р.). Але самостійна творчість українських митців розпочинається в другій половині XVII ст.

Новий характер української архітектури складається під впливом двох чинників – старої традиції мурованого будівництва, започаткованої в княжу добу, й дерев'яного народного будівництва.

Кульмінаційним часом розвитку бароко на Україні була доба І. Мазепи, мецената і фундатора низки пишних храмів. Мазепа фундував будівництво величезних храмів у Києві: Братського та Микольського монастирів, церкви Всіх Святих у Лаврі, над Економічною брамою Лаври.

Дослідник В.Ю. Січинський нарахував збудованих в 1690-1705 рр. Мазепою та закінчених після його смерті 12 храмів. Він також відмітив до 20

храмів, відреставрованих Мазепою. А саме, собор Святої Софії, Михайлівсько-Золотоверхий монастир, Свято Успенський собор Лаври, Троїцька церква над Святою брамою Лаври, церкви — в Переяславі, Глухові, Чернігові, Батурині, Межигір'ї, Мгарський Спасо Преображенський монастир поблизу міста Лубни тощо [8, с.227].

Сучасники визнавали заслуги Мазепи в справі церковного будівництва. Так, Петро І казав, що Мазепа "великий будівник святих храмів", а старшина в Бендерах, після смерті Мазепи, не могла підрахувати всього, що Мазепа "розкинув і видав ... щедрою рукою в побожному намірі на будову церков і монастирів" [8, с.227].

Велика кількість храмів, побудованих на кошти гетьмана І. Мазепи, свідчить про грандіозне будівництво, що стояло на дуже високому технічному і мистецькому рівні. Тоді було створено особливий, оригінальний тип будов, своєрідні технічні засоби, самобутні архітектурні форми, деталі і прикраси, що цінують національний стиль. Тому навіть у світовій літературі мистецтво цієї доби дістало назву українського чи козацького бароко. Допоміг Мазепа також запорожцям вибудувати нову церкву в Січі. Він виділив їм на те потрібні запаси й гроші та своїм немалим коштом справив до цієї церкви розмальований іконостас. При тому просили запорожці гетьмана, щоб прислав їм ще 500 злотих на зарплату майстрам, що будували церкву [12, с.26].

Троїцький козацький собор у сучасному Новомосковську цікавий тим що він побудований без єдиного цвяха. Звичайно, сьогодні, після декількох генеральних реставрацій, цвяхів у будівлі собору хоч відбавляй, але Яким Погребняк зміг обійтися без них. Зроблено це було на прохання замовників, які вважали, що не можна вбивати цвяхи у храм Спасителя — Ісуса Христа, який, за біблейськими легендами, був розп'ятий на хресті саме за допомогою залізних цвяхів.

Цим прикладом підкреслимо майстерність та вправність козацького майстра.

Запорізький Троїцький собор довгий час був найбільшою і найвищою на Україні дерев'яною спорудою, однією з найшановніших святинь Запоріжжя [7, с.262].

На умовах розвитку мистецтва, живопису XVII-XVIII ст. позначилося панівне становище церкви в цій сфері суспільного життя. Не був виключенням у цьому відношенні і народний живопис, який довгий час розвивався в межах українського іконопису.

В часи виникнення запорізького козацтва в іконописі України вже існувала досить потужна народна течія. Народні митці-іконописці потроху звільнялися від канонів візантійського іконопису, який домінував на Україні ще з часів Київської Русі.

У XV-XVI ст. іконопис позначався об'ємністю форм, застосуванням яскравих барв і головне – зображенням на іконах людей — сучасників іконописців. Ця тенденція набуває особливого поширення на Запоріжжі.

Запорізькі майстри часто зображували на іконах не тільки козацьку старшину, гетьманів, але й рядових козаків. Широко розповсюдилась на Україні у ІІ-й пол. XVII – на початку XVIII ст. традиція виконання ікон у стилі "Запорізької Покрови", коли на іконах поруч з козаками зображились також військові клейноди запорожців.

Цікава експозиція козацького іконопису та світського живопису влаштовують у Дніпропетровський історичний музей імені Д.І. Яворницького та Дніпропетровський художній музей.

Тут представлені не тільки ікони з колишніх земель Запорізької Січі, але й всесвітньо відомі "Мамаї" — народні картини із зображенням козака-бандуриста, які прикрашали в давнину майже кожну козацьку та селянську хату. Картини із зображенням козака Мамая уособлювали любов народу до свого захисника від зовнішніх і внутрішніх ворогів – запорізького козацтва. Кобза, яка завжди зображилася на таких картинах, символізувала народну історію та мрії, кінь – його волю, дуб – його могутність. Часто на картинах було зображення списа з прапорцем, козацьких штофа і чарки.

Це були речі, пов'язані з смертю козака, – спис ставився на місці поховання, штоф та чарка клались в могилу, і нагадували вони про скороминучість життя та козацьку долю, в якій загроза смерті в бою була повсякденною реальністю.

На картинах, які створювалися ще під час Січі, козак Мамай зображений, як правило, один, на пізніших полотнах – разом з паном, дівчиною, навіть верхи на коні. Картини "Козаків Мамаїв" набули особливого поширення на Україні наприкінці XVIII – на початку XIX ст. Це була світла і тривала пам'ять народу про його захисників козаків та про Запорізьку Січ.

Зазначимо, що жанром світського живопису став портретний. У ньому виявлялися впливи реалізму, тобто портретні зображення були правдивими, близькими до реального життя.

Кращими зразками цього жанру стали портрети козаків Якова й Івана Шиянів, козачки Сулимихи.

Ці портрети створені на замовлення громади у подяку за те, що Шияни фінансували спорудження іконостасу в Нікопольській Покровській церкві, ктиторами якої вони були. Нагадаємо, що — це особа, яка власним коштом збудувала, реставрувала або оздобила (іконами, фресками) православний храм чи монастир. Також ктиторами називають церковних старост, що опікуються господарським життям парафії, або благодійників-донаторів [14].

Шияни відмовилися після зруйнування Січі йти на державну службу і залишились вірними пам'яті Запоріжжя. Більше того, до церкви Покрови вони перенесли з Січі ікону з зображенням останнього кошового Петра Калнишевського, який в той час був засланий царатом на Соловки. Портрети Шиянів свідчать про високу майстерність запорізьких майстрів живопису, доносять до нас образ козаків – справжніх захисників своєї вітчизни.

Поступово козацька старшина відмовлялась від традицій українського живопису, а художники, які виконували портрети колишньої старшини та її нащадків на замовлення, наслідували, як правило, російські взірці.

В умовах нових впливів, зокрема наступу стильових особливостей класицизму у живописі, розгорнулась діяльність вихідців з України, талановитих художників Д. Левицького та В. Боровиковського.

Зокрема, в творчості Боровиковського на різних її етапах відобразилися і традиції українського живопису і потужний струм російського мистецтва епохи класицизму, одним із провідних діячів якого він був сам.

Таким чином, завершуючи розгляд проблеми, ще раз акцентуємо, що друга половина XVII – XVIII ст. вважається золотим віком культури: в Україні під впливом західноєвропейського бароко зароджується українське козацьке бароко.

Кульмінаційним часом розвитку цього стилю – пишного, урочистого – була доба Мазепи, мецената і фундатора низки пишних храмів. Україна XVII-XVIII ст., крок за кроком втрачаючи свої права, незалежність, свій устрій, церковну автокефалію, навіть своє ім’я, що його офіційно заступила “Малоросія”, зберігала ідею незалежності, прагнення суверенності і творила свою власну українську культуру.

Безумовно, козацтво було органічно пов’язане з тілом нації, воно відчувало під собою родючий гумус культури Батьківщини – України. В козацтві виражалось максимальне національне творче напруження цілого народу. Як відзначав В. Липинський[15], видатний український історик, політичний діяч, публіцист, це було тотальною мобілізацією всіх духовних, матеріальних, моральних і соціальних, культурних і політичних ресурсів.

Отже, культура козацтва, яка, можна вважати, домінувала в Україні у XVI – XVIII ст., мала великий вплив на формування самосвідомості українців і міцно увійшла складовою частиною в культуру сучасного українського народу.

Посилання

1. Александрович В.С., Борисенко В.Й., Виврот Т.М., Горобець В.М., Горський В.С. Історія української культури: У 5 т. / НАН України; головний редактор Б.Є.Патон. – К.: Наукова думка, 2001. Т.3: Українська культура другої половини XVII – XVIII століть. – 1246 с.
2. Антонович Д. Українська культура / К. Костева (передм.). – Мюнхен, 1988. – 517 с.
3. Бондаревська І.А. Парадоксальність естетичного в українській культурі XVII-XVIII століть. – К.: ПАРАПАН, 2005. – 308 с.
4. Дорошенко Д. Нарис історії України. Т.2. – К.: Глобус, 1992. – 349 с.
5. Історія культури в запитаннях і відповідях. – К.: 1993. – 120 с.
6. Маланюк Є. Нариси з історії нашої культури. – К.: АТ Обереги, 1992. – 80 с. 7. Мицик Ю.А., Плохій С.М., Стороженко І.С. Як козаки воювали. – Дніпропетровськ, 1991. – 302 с. 26
8. Полонська-Василенко Н. Історія України: У 2 т. Т. 2 К.: Либідь, 1992.

9. Огієнко І. Українська культура. – К.: „Абрис”, 1991. – 272 с.
10. Сас Г.М. Історія України XVII – XVIII століття: Навч. посібник. – Дивосвіт, 2001. – 292 с.
11. Січинський В. Чужинці про Україну. – К.: Довіра, 1992. – 256 с.
12. Сергійчук В. Морські походи запорожців. – К., 1992. – 60 с.
13. Яворницький Д.І. Історія запорізьких козаків. Т.1. – К.: Наукова думка, 1990. – 584 с.
14. Енциклопедія історії України: Т. 5: Кон – Кю. / Редкол.: В. А. Смолій (голова) та ін. НАН України. Інститут історії України. – К.: В-во "Наукова думка", 2008. – 568 с.
15. Кондратюк Р. Вячеслав Липинський: видатний український історик і політолог : житомирські сторінки життя / Р. Кондратюк; вступ. ст. Г. П. Мокрицького. – Житомир: Журфонд, 1994.

ШІ-НАСТАВНИК У КИШЕНІ: ЯК НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІНЮЮТЬ РОЛЬ ВЧИТЕЛЯ ТА УЧНЯ

Студентка І курсу Є.О. Кузьменко
Керівник — викладач ІІ категорії Д.В. Сторожинська
Коростишівський педагогічний фаховий коледж імені І.Я.Франка Житомирської обласної ради, м. Коростишів, Україна

Штучний інтелект (ШІ) стрімко проникає в усі сфери нашого життя. Освіта не є винятком: уже сьогодні **штучний інтелект** допомагає перевіряти завдання, генерувати тексти й підбирати навчальний матеріал для учнів. Проблема полягає в тому, що технології розвиваються значно швидше, ніж система освіти встигає зрозуміти, як із цим працювати, як це регулювати та де проходить межа [2, 6].

Міжнародне дослідження за участю 14 країн, зокрема України, показало: 25 % учнів, учителів і батьків часто використовують штучний інтелект, 58 % — епізодично, а 14 % ніколи не застосовували такі технології [1]. Серед головних переваг 55 % опитаних назвали швидкий доступ до інформації, тоді як лише 27 % зазначили, що в школах навчають безпечного й відповідального використання ШІ [1].

Розгляньмо, чому штучний інтелект поширюється швидше, ніж ми встигаємо до нього підготуватися, і що з цим робити.

Наша система освіти орієнтована на «середнього» учня, а про індивідуальний підхід часто забувають, хоча стиль і рівень засвоєння матеріалу в кожної дитини різні. ШІ працює інакше. Наприклад, додатки «Khan Academy», «Duolingo» чи «Brilliant» та їхні аналоги відстежують, як

дитина справляється із завданнями в реальному часі, і коригують зміст та складність завдань відповідно до її потреб [6].

Міністерство освіти і науки України в проєкті рекомендацій щодо впровадження ШІ в школах наголошує:

«Штучний інтелект може певною мірою спростити та поліпшити роботу вчителів. Наприклад, допомагати створювати презентації та формувати індивідуальні освітні траєкторії для кожного учня» [3, 4].

У 2025 році в українській освітній платформі «Мрія», яка стала доступною для всіх закладів загальної середньої освіти 8 квітня 2025 року, з'явилися перші ШІ-інструменти, зокрема функція рекомендацій навчального контенту на основі знань і навичок конкретної дитини [5].

Штучний інтелект насправді допомагає зробити освіту доступнішою для багатьох людей, які раніше не мали таких можливостей. Особи з особливими освітніми потребами можуть використовувати інструменти перетворення тексту на мовлення, адаптивні інтерфейси та персоналізованих цифрових помічників. За допомогою нейромереж тепер можна створювати навчальні матеріали й відео різними мовами, не витрачаючи багато часу. Наприклад, Гарвард використовує такі технології для викладання курсів із психології китайською або арабською мовами [6].

Значна частина робочого часу вчителя витрачається на рутинні завдання: перевірку робіт, складання тестів, підготовку матеріалів, ведення документації тощо. ШІ-інструменти здатні взяти на себе значну частину цього навантаження, щоб учитель міг більше часу приділяти безпосередньо роботі з учнями. У травні 2024 року OpenAI представила ChatGPT Edu — спеціалізовану версію для університетів, яку вже випробували в Гарварді, Оксфорді та Лондонській бізнес-школі [5].

Звісно, штучний інтелект має свої переваги, але, якщо об'єктивно оцінити ситуацію, його масове використання тягне за собою чимало проблем. Найбільша з них полягає в тому, що діти можуть перестати думати самостійно. Спостереження батьків і вчителів, зафіксовані в дослідженні Служби освітнього омбудсмена, свідчать, що діти масово використовують штучний інтелект для виконання простих, рутинних завдань: просто копіюють готові відповіді, не замислюючись над тим, чи правильні вони.

На форумі ЮНЕСКО «ШІ та майбутнє освіти» (жовтень 2025 р.) дослідниця Настасся Пульєзе застерегла від когнітивної залежності, що може виникнути внаслідок надмірного покладання на ШІ-системи, наголосивши на необхідності розвивати в учнів самостійність, рефлексію та критичне мислення [7].

Ми стали свідками нової кризи, породженої технологічним прогресом. Він поставив під загрозу традиційні уявлення про академічну доброчесність. Сьогодні нейромережі працюють як своєрідні «конвеєри», створюючи індивідуальні тексти, які іноді складно відрізнити від самостійних робіт. Викривати такі роботи звичайними методами перевірки стає дедалі важче.

Нині формується два покоління: одне навчається разом із ШІ-наставниками, інше — бореться за право мати доступ до уроків. Звіт ЮНЕСКО (2025) фіксує, що 2,6 млрд людей у світі досі позбавлені доступу до мережі Інтернет [10]. Найгостріше ця межа проявляється в гендерному та соціальному вимірах. В Україні вона набуває особливої гостроти в умовах повномасштабного вторгнення.

Естонія стала першою країною, що запровадила ChatGPT в освіту на державному рівні: уряд разом із OpenAI та Anthropic запустив ініціативу AI Leap 2025 [8], спрямовану на інтеграцію ШІ в освітній процес [3, 4]. Із вересня 2025 року 20 000 учнів беруть участь у пілотному проєкті.

В Україні 2 грудня 2020 року Кабінет Міністрів схвалив Концепцію розвитку штучного інтелекту, яка визначає освіту одним із пріоритетних напрямів. У 2024 році Міністерство освіти і науки спільно з Міністерством цифрової трансформації розробили інструктивно-методичні рекомендації щодо використання ШІ в школах. Їхня мета — поширення принципів відповідального використання та підвищення обізнаності вчителів про ризики й виклики. Проте, за даними «Нової української школи», ці рекомендації досі не набули обов'язкового статусу, що залишає педагогів наодинці з необхідністю самостійно визначати межі допустимого [2].

Штучний інтелект справді змінює наш світ і стає дедалі більш значущою технологією, а освіта опинилася в центрі цих змін. Як показують дослідження в Україні та за кордоном, технологія має великий потенціал, але реалізація цього потенціалу значною мірою залежить від того, наскільки відповідально ми її використовуватимемо.

ШІ в освіті — це не добро і не зло саме по собі. Усе залежить від того, як саме ми його застосовуватимемо. Завдання освітньої спільноти — забезпечити, щоб ці рішення приймалися з урахуванням людських цінностей і принципів академічної доброчесності, а не лише технологічних можливостей. Перспективним напрямом подальших досліджень є вивчення довготривалого впливу ШІ-інструментів на когнітивний розвиток учнів та розроблення ефективних способів інтеграції цих технологій у навчальний процес.

Посилання

1. Служба освітнього омбудсмена України. Штучний інтелект в освіті: статистика використання, рекомендації щодо застосування та як обрати безпечний інструмент. 16 жовтня 2025. URL: https://eo.gov.ua/shtuchnyy-intelekt-v-osviti-statystyka-vykorystannia…
2. Нова українська школа. Штучний інтелект в освіті: користь, ризики й потреба в правилах використання. 17 жовтня 2025. URL: https://nus.org.ua/2025/10/17/shtuchnyj-intelekt-v-osviti-koryst-ryzyky-j-potreba-u-pravylah-v ykorystannya/
3. Міністерство освіти й науки України. МОН і Мінцифра розробили проєкт рекомендацій із використання ШІ в школах. 22 травня 2024. URL: https://mon.gov.ua/news/mon-i-mintsyfra-rozrobyly-proiekt-rekomendatsii-iz-

vykorystannia-s hi-v-shkolakh
4. Кабінет Міністрів України. Як використовувати штучний інтелект у шкільній освіті. 22 травня 2024. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/yak-vykorystovuvaty-shtuchnyi-intelekt-u-shkilnii-osviti-prezent ovano-proekt-rekomendatsii
5. DOU. Як штучний інтелект інтегрують в українську освіту. 22 квітня 2025. URL: https://dou.ua/lenta/articles/ai-in-the-ukrainian-education-2025/
6. EdEra. Було — стало. 5 трендів освіти, що чекатимуть на нас у 2025 році. URL: https://ed-era.com/blog/osvitni-trendy-2025/
7. UNESCO. AI and the Futures of Education. Futures Dialogue, 22 October 2025. URL: https://www.unesco.org/en/articles/ai-and-futures-education
8. Estonia launches AI Leap 2025 to transform education.Education Estonia. 2025. URL:https://www.educationestonia.org/estonia-launches-ai-leap-2025-to-transform-educatio n/
9. Frontiers in Education. Artificial intelligence in education: implications for academic integrity and the shift toward holistic assessment. 17 September 2024. URL: https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2024.1470979/full
10. UNESCO. AI and education: Protecting the rights of learners. September 2025. URL: https://www.unesco.org/en/articles/ai-and-education-protecting-rights-learners

ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСУ DIFFIT AI ДЛЯ НАВЧАННЯ

Студентка В.М. Кулакова
Керівник – викладач вищої кваліфікаційної категорії В.Ю. Солдатова
Слов'янський фаховий коледж державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Слов'янськ, Україна

Diffit AI — це онлайн-сервіс, який використовує генеративний штучний інтелект для створення диференційованих навчальних матеріалів. Він може перетворювати будь-який текст, URL-адресу чи навчальну тему на адаптований контент для різних рівнів читання та навчальних потреб здобувачів освіти. Платформа автоматично генерує варіанти текстів з різною складністю, словникові списки, питання до тексту, тести, а також резюме матеріалів. Це дає змогу викладачам підготувати повноцінні уроки для різних груп учнів за лічені хвилини, замість того щоб робити це вручну.

Основна ідея Diffit полягає в тому, щоб адаптувати контент для кожного здобувача освіти залежно від його рівня компетентності, тим самим створюючи більш інклюзивне середовище навчання, де кожен здобувач може зрозуміти матеріал у доступному для себе форматі.

Метою цієї роботи є аналіз можливостей та педагогічної цінності сервісу Diffit AI як інструменту для адаптації навчальних матеріалів

відповідно до рівня знань здобувачів, підтримки інклюзивної освіти та підвищення ефективності навчального процесу через застосування технологій штучного інтелекту.

Diffit має кілька ключових функцій:

• Адаптація тексту за рівнем читання: сервіс може переписувати текст у простіших або більш складних варіантах, залежно від віку та рівня здобувачів освіти.

• Генерація запитань: створює питання до текстів — як тестові, так і відкриті — що дозволяє оцінювати розуміння матеріалу.

• Автоматичне створення словників: формує списки ключових термінів та їх пояснення.

• Підтримка мультимедіа: сервіс може працювати навіть з посиланнями на відео (наприклад, YouTube), імпортуючи транскрипт та перетворюючи його в адаптований текстовий формат.

• Експорт контенту: готові матеріали можна експортувати у Google Docs, Google Slides, PDF чи інші формати для подальшого використання в навчанні.

Ці можливості роблять Diffit універсальним інструментом для створення адаптованих матеріалів на заняттях з будь-яких предметів — від мов і літератури до природничих наук чи соціальних дисциплін.

По-перше, Diffit економить час педагогів. Замість того щоб вручну адаптувати матеріали для різних рівнів учнів, викладач може за кілька хвилин отримати готові адаптовані тексти, тести та вправи. Це особливо цінно у великих класах або групах з різними рівнями підготовки здобувачів освіти.

По-друге, сервіс сприяє персоналізації навчання — кожен здобувач отримує контент відповідно до своїх навичок та потреб, що може підвищити мотивацію та розуміння матеріалу. Такий підхід відповідає сучасним педагогічним принципам, згідно з якими навчання повинно бути гнучким та орієнтованим на індивідуальний розвиток.

По-третє, Diffit допомагає реалізовувати інклюзивну освіту, оскільки учні з особливими освітніми потребами отримують матеріали, адаптовані під їхній рівень, а ті, хто швидше опановує матеріал, мають складніші тексти та завдання.

Незважаючи на переваги, Diffit має певні обмеження. Генерований сервісом контент потребує педагогічної перевірки на відповідність освітнім стандартам і точність інформації, особливо у складних темах. Крім того, платформу варто впроваджувати відповідно до дидактичних цілей та структури заняття, а не як заміну педагогу.

Також важливо пам’ятати про етичні та методичні аспекти використання ШІ: надмірна залежність від автоматичних генерацій може вплинути на розвиток критичного мислення здобувачів освіти, якщо ці інструменти використовуються без контролю.

***Висновки*:**

Використання Diffit AI у навчальному процесі є важливим кроком до сучасної цифрової освіти, що дозволяє забезпечити адаптацію навчального

контенту відповідно до рівня знань здобувачів, економить час педагогів та сприяє інклюзії. Платформа відкриває нові можливості для персоналізації уроків, створення диференційованих матеріалів і підтримки різних стилів навчання. Однак для ефективного впровадження важливо поєднувати можливості Diffit з педагогічними методами та забезпечувати контроль якості створюваних матеріалів.

Посилання

1. Diffit – AI Tool for Differentiated Instruction & Learning. Daidu.ai – опис функціональних можливостей сервісу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.daidu.ai/products/diffit-ai
2. Diffit AI революціонізує створення уроків для вчителів та учнів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.claila.com/uk/blog/diffit-ai-revolucionizue-stvorenna-urokiv-dla-vciteliv-ta-ucniv-u-2025-roci
3. *How Diffit AI Tool is Revolutionizing Differentiated Learning.* OpenAimaster (приклади використання та переваги). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://openaimaster.com/how-diffit-ai-tool-is-revolutionizing-differentiated-learning/

ЦИФРОВІ РЕСУРСИ В ІСТОРИЧНІЙ ОСВІТІ: СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОМІКСУ ЗА ДОПОМОГОЮ СЕРВІСУ STORYBOARD THAT

Канд. іст. наук, доцент С.Ю. Куценко
Кафедра всесвітньої історії та методик навчання
Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини
м. Умань, Україна

Цифровізація освіти є одним із пріоритетів державної освітньої політики України, що відображено в законах «Про освіту», «Про повну загальну середню освіту» та концепції «Нова українська школа». У цих документах наголошується на формуванні ключових компетентностей учнів, зокрема інформаційно-комунікаційної, яка передбачає здатність ефективно використовувати цифрові технології для навчання та відповідально працювати з цифровим контентом.

Одним із важливих напрямів оновлення навчання є використання візуалізації, що забезпечує наочне та структуроване подання матеріалу, сприяє кращому розумінню змісту й активізує пізнавальну діяльність учнів. Це особливо актуально для суспільно-гуманітарних дисциплін, зокрема історії, де важливо осмислювати події, процеси та причинно-наслідкові зв’язки.

Ефективним засобом такої візуалізації можуть бути цифрові комікси, які поєднують текст і зображення у доступній формі. Для їх створення

використовують онлайн-сервіси, зокрема Storyboard That, що дає змогу розробляти навчальні проєкти та сприяє розвитку творчих і комунікативних умінь учнів.

У науковій літературі використання коміксів в освітньому процесі розглядається як ефективний спосіб поєднання візуальної та текстової інформації, що сприяє кращому сприйняттю та розумінню навчального матеріалу. Дослідники відзначають, що комікси підвищують навчальну мотивацію учнів, сприяють розвитку критичного мислення, аналітичних умінь і творчих здібностей. У контексті викладання історії вони розглядаються як дієвий інструмент візуалізації складних історичних подій і процесів, що допомагає учням глибше осмислювати історичний матеріал. Використання сервісу Storyboard That на уроках історії для створення коміксів залишається малодослідженою темою як серед зарубіжних, так і вітчизняних науковців.

Освітній процес відбувається в умовах інформаційного перенасичення, коли учні щоденно отримують великі обсяги різнмоанітної інформації – як у межах освітнього процесу, так і за його межами.

Цей негативний вплив особливо посилюється в умовах воєнного стану, коли до навчального навантаження додаються емоційне виснаження, підвищена тривожність і зменшення активної участі учнів в освітньому процесі. За таких умов одним із ключових завдань вчителя є підвищення мотивації школярів до навчання та створення умов, що сприятимуть кращому засвоєнню навчального матеріалу. Ефективною формою візуалізації навчального матеріалу є його подача у форматі, що передбачає послідовне графічне зображення з текстовим супроводом. Це підтверджують результати досліджень Л. Білоусової та Н. Житєньової, згідно з якими учні краще засвоюють матеріал за умови поєднання візуальних і текстових елементів [1, с. 9].

Серед засобів візуалізації навчального матеріалу комікси посідають особливе місце, оскільки поєднують графічні зображення та текстові елементи в єдину сюжетну послідовність. Загалом існують різні види коміксів: друковані, відеокомікси, онлайн-комікси, інтегровані комікси, створені учнями, а також комікси, які публікуються у дитячих журналах.

Такий формат представлення інформації сприяє кращому розумінню навчального матеріалу, підвищує зацікавленість учнів і допомагає усвідомити причинно-наслідкові зв’язки між подіями – один із ключових компонентів історичного мислення. В українській мові поряд із загальновживаним словом «комікс» використовується також «мальопис», що закріпився у фаховому середовищі як український еквівалент.

Витоки коміксу як форми передачі інформації пов’язані з давніми традиціями поєднання зображення та тексту. Ще у первісному мистецтві та пам’ятках Стародавнього Єгипту послідовні зображення використовувалися для передачі подій і сюжетів. У середньовічній Європі подібний принцип застосовувався в культовому мистецтві: сцени з Євангелія, розміщені у

храмах у вигляді послідовних ілюстрацій, створювали розгорнуту візуальну розповідь про ключові події життя Ісуса Христа.

Формування коміксу як окремого інформаційного продукту пов'язують із розвитком європейської ілюстрованої графіки раннього Нового часу. Уже в XVI ст. в містах Іспанії поширювалися кольорові гравюри з короткими текстовими поясненнями. У XIX – на початку XX ст. комікси почали набувати популярності як окремий формат подачі історій, у якому поєднувалися текст і зображення.

У другій половині XX ст. комікси зазнали значного розвитку, що проявилося у розширенні їх жанрового та тематичного спектра. З'явилися графічні романи, історичні серії та видання освітнього спрямування. У цей період сформувалися впливові національні школи коміксів, зокрема японська манґа та франко-бельгійська традиція мальованих історій, які суттєво вплинули на подальший розвиток світової комікс-культури.

Наприкінці XX – на початку XXI ст. комікси дедалі частіше почали використовуватися і в освітньому процесі, зокрема у США, Канаді та країнах Європейського Союзу. В Україні розвиток коміксів бере початок із карикатурної традиції початку XX ст. Після здобуття незалежності комікс поступово утвердився як окремий видавничий продукт, а у XXI ст. зростає інтерес до цього формату, що проявляється у появі авторських проєктів, тематичних фестивалів і графічних адаптацій літературних творів [2].

В умовах зростання ролі цифрових ресурсів в освіті дедалі важливішим стає використання інтернет-сервісів для створення коміксів, що значно розширює можливості візуалізації та персоналізації навчального матеріалу. Зокрема, інтернет-сервіс Storyboard That дає змогу створювати розкадровки коміксів із використанням аватарів, фону, тексту та тем. Розкадровка коміксів – це послідовність графічних кадрів, які разом формують візуальну розповідь, де кожен кадр ілюструє певний епізод або подію сюжету.

Як учитель, так і учні можуть ефективно використовувати сервіс Storyboard That для створення коміксів. Дидактичне значення коміксів полягає не лише в їх використанні як наочних матеріалів, створених учителем, а й у можливості залучення учнів до самостійного створення графічних історій. Такий підхід сприяє глибшому розумінню й засвоєнню навчального матеріалу. Однією з форм такої діяльності може бути розробка учнями серій історичних коміксів у межах тематики уроку. Послідовність виконання завдання передбачає такі етапи:

- ознайомлення учнів із принципами створення коміксів і можливостями відповідних цифрових інструментів;
- збір і опрацювання історичної інформації за визначеною темою;
- На основі зібраної інформації учні створюють власні історичні комікси, у яких подають ключові події, постаті та причинно-наслідкові зв'язки у формі послідовного візуального сюжету.

Storyboard That – це інтернет-сервіс, який працює за принципом «перетягування та розміщення елементів» [3]. Це означає, що користувачі

можуть обирати готові графічні об’єкти – персонажів, фони, реквізити, текстові блоки – і просто перетягувати їх мишею чи сенсорним пристроєм у потрібне місце на робочому полі. Такий підхід робить створення коміксів інтуїтивно зрозумілим та швидким, навіть без спеціальних навичок малювання чи дизайну. Користувачі можуть легко змінювати розмір, повертати, копіювати або видаляти елементи, що значно спрощує процес візуального оформлення історії.

Для початку роботи з сервісом Storyboard That користувачу необхідно створити акаунт, що є досить простим і зрозумілим процесом. Спершу потрібно перейти на офіційний сайт платформи та обрати опцію «Зареєструватися» або «Створіть розкадровку». Для початку користувачу необхідно зареєструватися, обравши спосіб входу за допомогою електронної пошти, облікового запису Google, Microsoft, а також через платформи Clever чи ClassLink.

Після успішної реєстрації користувач потрапляє на головну сторінку сервісу Storyboard That. Для створення коміксу потрібно натиснути кнопку «Створіть свою першу розкадровку», після чого відкривається вікно редактора з простим, логічно побудованим інтерфейсом, який не потребує спеціальної підготовки для початку роботи. У центрі екрана відображається головний слайд, у якому редагується вибрана сцена. Ліворуч розташована панель із трьома мініатюрами слайдів (кадрів). Користувач може легко переміщуватися між ними, обираючи потрібний для редагування.

У верхній частині екрана розташоване меню з основними вкладками: «Сцени», «Персонажі», «Елементи», «Бульбашки» та «Анімації». Поруч знаходиться вкладка «Більше», яка відкриває додаткові категорії: «Фігури», «Інфографіка», «Наука», «Робочі аркуші», «беб та вайфрейми».

Праворуч розташована бічна панель керування. Першою у списку функцій іде кнопка «Макет», яка відкриває набір готових шаблонів – за допомогою них можна швидко змінити формат і структуру всієї розкадровки відповідно до завдань уроку (наприклад, хронологія, книга тощо). Нижче розміщено інструменти для додавання чи видалення клітинок, а також кнопки «Копіювати клітинку» і «Перемістити клітинку». Остання дозволяє змінювати порядок кадрів у межах розкадровки – наприклад, пересунути перший слайд на друге чи третє місце. У безкоштовній версії можливість додавання нових кадрів обмежена – їх кількість залишається сталою (три клітинки). Після цього розміщені кнопки «Скасувати» та «Повторити», які дають змогу скасувати попередню дію або повторити її при потребі. У нижній частині панелі розташована велика кнопка зеленого кольору «Зберегти» з піктограмою дискети, яка призначена для збереження поточного проєкту. Під нею знаходиться повзунок для зміни масштабу робочого поля, що дає змогу зручно адаптувати розмір вікна редагування під індивідуальні потреби користувача. Окремо, у верхньому правому куті редактора, розміщена кнопка «Завантажити та вбудувати», яка відкриває варіанти експорту проєкту у форматі PNG.

Для демонстрації можливостей сервісу на практиці подано приклад створення коміксу на тему «Культура Давньої Греції та еллінізму» за матеріалом теми 38 підручника «Історія України. Всесвітня історія. 6 клас» (авт. І. Щупак та ін., 2023) [4, с.175].

Вибір вікової групи (учні 6 класу) обґрунтовується результатами дослідження турецьких дослідників, які зазначають, що комікси як форма візуалізації навчального матеріалу є найбільш ефективними в початковій школі та в базовій загальній середній освіті (5–6 класи) [5, с.223].

Робота з редактором розпочинається з вибору формату розкадровки. У головному вікні треба натиснути кнопку «Створіть розкадровку», після чого відкривається панель налаштувань. У правій бічній панелі за допомогою інструменту «Макет» обирається шаблон «Класичний» із трьома клітинками.

Наступним кроком є вибір фону для кожної клітинки. У верхній панелі відкривається вкладка «Сцени», далі – підрозділ «Історичні», у якому доступні відповідні категорії тла. Для відтворення теми культури Давньої Греції та еллінізму доцільно використати сцену «Вид спереду Парфенон з мармуровими колонами», яка входить до стандартної безкоштовної бібліотеки сервісу.

Наступним етапом є визначення персонажів. У верхній панелі відкривається вкладка «Персонажі», де є доступні підрозділи «Класична епоха» та «Міфологія». Оскільки вибір типових грецьких мешканців у безкоштовній версії обмежений, доцільно використати фігуру Сократа з підрозділу «Класична епоха» – завдяки характерному одягу він може умовно репрезентувати жителя Афін. Для жіночого образу можна обрати богиню Деметру з підрозділу «Міфологія», яка візуально відповідає зовнішньому вигляду класичної грецької жінки. Кожного персонажа можна додатково редагувати: змінювати позу, напрямок погляду, міміку, що дозволяє адаптувати зображення до змісту конкретної сцени.

Після розміщення персонажів сцену можна доповнити візуальними об’єктами. Для цього використовується вкладка «Елементи», яка містить зображення предметів побуту, одягу, озброєння, транспорту, архітектурних деталей тощо.

Візуальний каталог здебільшого охоплює об’єкти, пов’язані із сучасним періодом, – це крісла, офісне приладдя, наплічники, побутова техніка, навчальні предмети тощо. Пошук здійснюється виключно англійською мовою, що вимагає відповідного словникового запасу або використання автоматичного перекладу в браузері.

У безкоштовній версії функціональні можливості значно обмежені: хоча пошуковий рядок доступний, більшість знайдених елементів належать до платної колекції й не є доступними для використання. Також лише у платній версії передбачена можливість завантаження власних зображень у форматах jpg, png, gif, bmp, wmf і svg, що дозволяє значно розширити візуальні ресурси.

У процесі практичного тестування вдалося додати лише кілька умовно нейтральних елементів, наприклад ніж, який був використаний для перевірки функціоналу, але виявився змістовно недоречним. Натомість візуальні об'єкти, релевантні для Давньої Греції (зокрема, антична зброя, глечики, амфори, човни, предмети культу) у безкоштовному доступі виявилися не доступними.

Після розміщення основних візуальних елементів до сцени додаються текстові репліки за допомогою вкладки «Бульбашки з мовленням. У представленому прикладі використано три клітинки: у першій – символічна сцена біля Парфенона з персонажем богині Афіни та афінянином, який молиться перед вступом до війська; у другій – житель і жителька поліса обговорюють своє повсякденне життя: участь у громадських заходах, навчання, ремесла; у третій – ці самі персонажі діляться думками про виховання, філософію та підготовку до війська. Діалоги дібрано відповідно до змісту теми «Культура Давньої Греції та еллінізму» і спрямовано на розкриття аспектів духовного життя, освіти, ремесел, архітектури та родинних традицій у полісі.

Storyboard That дозволяє змінювати зовнішній вигляд тла після його додавання. Натиснувши на сцену, користувач може обрати варіант часу доби (день або ніч), додати погодні ефекти (дощ, сніг), а також змінити колір неба з доступного списку: блакитний, сірий, рожевий.

Після збереження коміксу доцільно вказати його тему у полі «Без назви розкадровка», що розміщується у верхній частині сторінки перегляду. Наприклад: «Культура Давньої Греції та еллінізму».

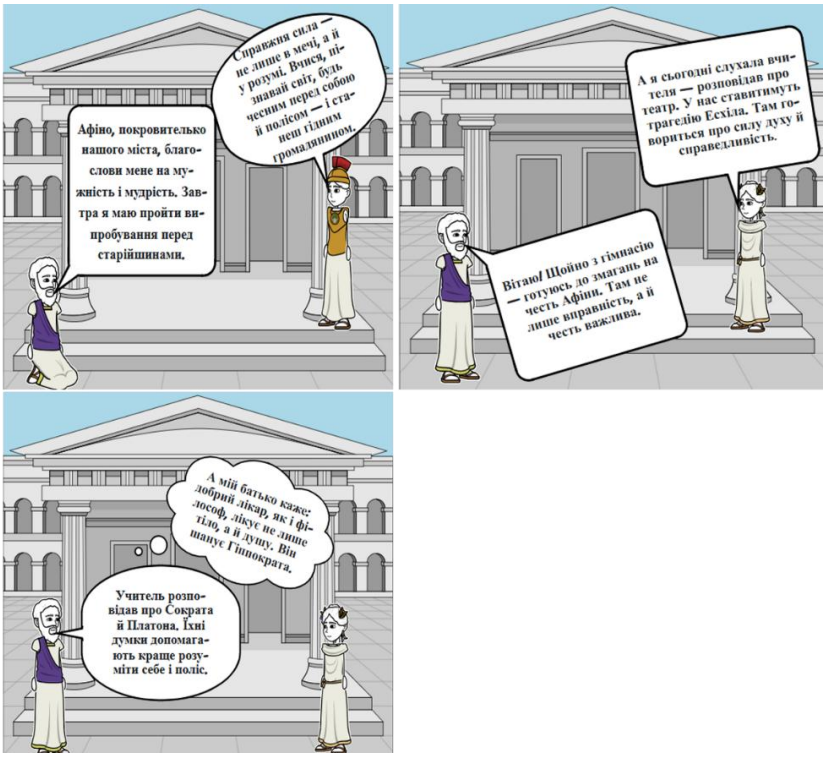


Рис. 1. Комікс, реалізований за допомогою онлайн-сервісу Storyboard That

Використання сервісу Storyboard That у шкільному курсі історії розширює можливості вчителя щодо організації активного та змістовного навчання, орієнтованого на безпосередню взаємодію учнів з навчальним матеріалом. Створення історичних коміксів сприяє формуванню інформаційно-цифрової та предметно-історичної компетентностей, розвитку критичного мислення, уміння встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та осмислювати історичні події у зрозумілому візуально-текстовому форматі.

Водночас, попри певні обмеження безкоштовної версії, сервіс Storyboard That може ефективно використовуватися в організації навчальної діяльності учнів. Особливо це актуально в умовах дистанційного або змішаного навчання, коли важливо забезпечити наочність матеріалу, залучити учнів до творчих завдань і підтримувати постійний зворотний зв'язок.

Посилання

1. Білоусова Л. І., Житєньова Н. В. Онлайнові інструменти візуалізації в діяльності сучасного педагога. *ScienceRise: педагогічна освіта:* науковий журнал. 2018. № 7. С. 8–15.
2. Історія виникнення коміксів: від перших штрихів до сучасності. Chitarium URL: https://chitarium.com/istoriya-vynyknennya-komiksiv-vid-pershyh-shtryhiv-do-suchasnosti/
3. Створення коміксів за допомогою сервісу StoryboardThat. YouTube-канал «Наталя Осіна». URL: https://www.youtube.com/watch?v=Sd2n3FHLouo
4. Щупак І.Я., Бурлака З. В., Власова Н. С., Піскарьова І. О. Історія України. Всесвітня історія : підруч. для 6 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ : ОВІД «Оріон», 2023. 256 с.
5. Topkaya Y., Batdı V., Burak D., Özkaya A. (2023). The Effectiveness of Using Comics in Education: A Meta-analytic and Meta-thematic Analysis Study. Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi, 5(3), 922–940.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УКРАЇНСЬКОГО ФОЛЬКЛОРУ У ПРОЦЕСІ МУЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ ДІТЕЙ СТАРШОГО ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ

Студентка - І.Є. Кучерук
Керівник – викладачка методики музичного виховання С.М. Ткачук
КЗВО «Луцький педагогічний інститут» Волинської обласної ради
м. Луцьк, Україна

Вирішенню проблеми використання українського фольклору у процесі музичного виховання дітей старшого дошкільного віку присвячено значну кількість наукових досліджень і педагогічних розробок, у яких розглядаються можливості народної музичної творчості як ефективного засобу розвитку музичних здібностей, формування емоційно-ціннісного ставлення до

мистецтва та ознайомлення дітей із культурними традиціями українського народу, що свідчить про актуальність дослідження цієї проблематики у сучасній дошкільній педагогіці.

Український музичний фольклор посідає важливе місце у системі музичного виховання дітей старшого дошкільного віку, оскільки поєднує художню цінність із педагогічною доцільністю.

Народна музична творчість формувалася протягом багатьох поколінь і відображає духовний досвід, традиції та культурні цінності українського народу. Саме тому використання фольклорних творів у роботі з дошкільниками сприяє не лише розвитку музичних здібностей, а й формуванню у дітей уявлень про національну культуру, традиції та моральні орієнтири.

Науковці Л. Кобилецька та А. Яремків переконані: у процесі музичного виховання народні пісні, ігри та забавлянки створюють сприятливі умови для емоційного сприймання музики та активного залучення дітей до музичної діяльності, що підсилює їхній інтерес до занять і сприяє формуванню стійкої мотивації до музичної творчості [2, с. 336-339].

Звернення до українського фольклору у педагогічній практиці зумовлене його доступністю та природною відповідністю віковим особливостям дітей дошкільного віку. Більшість фольклорних творів характеризується простою мелодичною будовою, чіткою ритмічною організацією та образністю, яка зрозуміла дитині. Завдяки цьому діти легко запам’ятовують мелодії, відтворюють їх у співі та поєднують із рухами або ігровими діями.

О. Карпенко та Т. Юрченко у своєму дослідженні зазначають, що найбільш привабливими для дітей молодшого дошкільного віку є такі народні ігри, як «Квочка», «Панас»; дітям середнього віку подобаються «Дрібушечки», «Відьма», «У ведмедя у бору»; діти старшого дошкільного віку із задоволенням грають народні ігри «Мак», «Сміхотвори», «Гуси», «Карусель», «Дикі кози», «Горобчик», «Печу хлібчик», «Коваль», «Січ» [1, с. 56].

У музичному вихованні дітей старшого дошкільного віку фольклор використовується як засіб розвитку музичного слуху, ритмічного відчуття та творчих здібностей. На думку Н. Сулаєвої, виконання народних пісень, участь у музично-ігрових діях і відтворення ритмічних елементів сприяють формуванню музичної пам’яті та здатності емоційно реагувати на музичні образи, а також стимулюють розвиток комунікативних навичок і колективної взаємодії дітей у процесі спільної діяльності [3, с. 218-222].

Дослідження особливостей використання українського фольклору у процесі музичного виховання дітей старшого дошкільного віку передбачало проведення педагогічного експерименту, спрямованого на визначення ефективності використання народної музичної творчості у музичній діяльності дошкільників.

Експериментальне дослідження проводилося у формі педагогічного спостереження, аналізу музичної діяльності дітей та порівняння результатів

на початковому і завершальному етапах роботи. У дослідженні брали участь діти старшого дошкільного віку однієї групи закладу дошкільної освіти, з якими систематично проводилися музичні заняття із використанням українського фольклорного матеріалу. Основними методами дослідження були педагогічне спостереження, аналіз музично-ігрової діяльності дітей, а також порівняння рівнів сформованості музичних умінь і навичок до та після впровадження фольклорного матеріалу у зміст занять, що дозволило отримати об'єктивні результати щодо ефективності запропонованого підходу.

Результати початкового рівня музичного розвитку дітей узагальнено у таблиці 1.

Таблиця 1. Початковий рівень розвитку музичних здібностей дітей

Показник	Високий рівень	Середній рівень	Низький рівень
Музичний слух	20 %	45 %	35 %
Ритмічне відчуття	25 %	40 %	35 %
Інтерес до музичної діяльності	30 %	45 %	25 %

Для покращення результатів у зміст музичних занять було включено різні жанри українського дитячого фольклору: народні пісні, веснянки, гаївки, лічилки, забавлянки та музично-рухові ігри. Діти виконували народні пісні, супроводжували їх рухами, брали участь у музичних іграх та інсценізаціях, що сприяло активізації їхньої творчої діяльності та розвитку музичних здібностей. Особлива увага приділялася формуванню у дітей ритмічного відчуття, розвитку музичного слуху, а також умінню передавати характер музики через рухи та емоційні реакції, що створювало умови для комплексного музичного розвитку дошкільників.

Після впровадження фольклорного матеріалу у систему музичних занять було проведено повторну діагностику, яка дала змогу визначити зміни у рівні музичного розвитку дітей. Порівняльний аналіз результатів показав позитивну динаміку у розвитку музичних здібностей, що свідчить про ефективність використання українського фольклору у музичному вихованні дітей старшого дошкільного віку. Результати повторної діагностики подано у таблиці 2.

Проведене дослідження дало можливість визначити педагогічні особливості використання українського фольклору у процесі музичного виховання дітей старшого дошкільного віку та оцінити його вплив на розвиток музичних здібностей дошкільників. Зокрема, ми з'ясували, що систематичне використання українського фольклору у музичному вихованні сприяє розвитку музичного слуху, ритмічного відчуття, підвищенню інтересу дітей до музичних занять та активізації їхньої творчої діяльності.

Діти почали більш упевнено виконувати пісенні твори, точніше відтворювати ритм і активно брати участь у музично-ігрових формах діяльності. Такі результати підтверджують доцільність використання фольклорного матеріалу як важливого засобу музичного розвитку дітей старшого дошкільного віку.

Таблиця 2. Рівень розвитку музичних здібностей дітей після проведення експерименту

Показник	Високий рівень	Середній рівень	Низький рівень
Музичний слух	40 %	45 %	15 %
Ритмічне відчуття	45 %	40 %	15 %
Інтерес до музичної діяльності	50 %	35 %	15 %

Аналіз наукових і методичних джерел показав, що народна музична творчість є ефективним засобом формування музичної культури дітей, оскільки поєднує доступність мелодичної структури, емоційну виразність та тісний зв'язок із традиціями української культури, що створює сприятливі умови для залучення дітей до музичної діяльності.

Висновки: у результаті проведеного педагогічного експерименту встановлено, що систематичне використання українського фольклору у змісті музичних занять позитивно впливає на розвиток музичного слуху, ритмічного відчуття та творчої активності дітей старшого дошкільного віку. Виконання народних пісень, участь у музично-ігрових діях та використання елементів народної обрядовості сприяють підвищенню інтересу дітей до музичних занять і формуванню в них емоційно-ціннісного ставлення до народної музичної спадщини, що підтверджує ефективність інтеграції фольклорного матеріалу у систему музичного виховання.

Отримані результати дослідження свідчать про доцільність широкого використання українського фольклору у практиці музичного виховання дітей старшого дошкільного віку. Народні пісні, музичні ігри та інші жанри дитячого фольклору сприяють комплексному розвитку музичних здібностей, формують інтерес до національної культури та створюють умови для творчого самовираження дітей у процесі музичної діяльності. Використання фольклорного матеріалу у музичних заняттях забезпечує ефективне поєднання освітніх і виховних завдань, що сприяє гармонійному розвитку особистості дитини.

Посилання

1. Карпенко О. Г. Юрченко Т.Є. Народні ігри як засіб формування мистецько-творчої компетентності дошкільників / О.Г.Карпенко, Т.Є.Юрченко // Journal «ScienceRise: Pedagogical Education». – № 3 (60). – 2024. – С. 54-59. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://journals.uran.ua/sr_edu/article/view/311589/302908
2. Кобилецька Л., Яремків А. Потенціал українського пісенного фольклору у вихованні дошкільників. / Л. Кобилецька, А. Яремків // Актуальні питання гуманітарних наук. – Вип.78.Т.1. – 2024. – С. 336-339.
3. Сулаєва Н. Українська народна пісня в системі професійної підготовки майбутніх вчителів музики: культурно-творчий потенціал. / Н. Сулаєва. // Витоки педагогічної майстерності. – № 35. – 2025. – С. 218-222.

PSYCHOLOGICAL STATE OF STUDENTS DURING PHYSICAL ACTIVITY

Students - E.V. Lysenko, A.S. Kapustina, , D.V. Hukalenko, A.E. Stereopolov
Scientific supervisor - senior lecturer A.I. Kravtsova
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, Ukraine

The student period is an important stage in the formation of personality. At this time, active intellectual development, the formation of professional skills and social ties take place. However, the educational process is often accompanied by significant psycho-emotional stress. Emotional stress is one of the main causes of mental stress in students. It directly affects mental and physical performance, concentration, adaptive capabilities and general health.

Constant academic workloads can lead to chronic fatigue, increased anxiety, sleep disturbances, and decreased motivation to study.

Physical education in today's realities has undergone significant changes. During martial law, special attention is paid to the organization of the educational process at OSACEA (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture). Each educational institution chooses its own system and format for teaching practical disciplines, in particular physical education, realizing the importance of this component of the educational process for maintaining the physical and mental health of students.

In wartime, when students are constantly in a state of psychological tension and uncertainty, regular physical education classes can be an effective means of self-regulation and stress reduction. Physical activity helps stabilize the emotional state, promotes the formation of stress resistance and improves overall well-being. In addition, regular traning has a positive effect on the quality of sleep, which is extremely important for restoring the nervous system, maintaining emotional balance and overall well-being of students.

In addition, a sedentary lifestyle plays a significant role. Many students spend a significant part of their time at the computer or studying, which leads to a decrease in physical activity. Insufficient physical activity negatively affects both the physical condition of the body and psychological well-being.

The modern student environment is characterized by a high level of information load, an intensive pace of the educational process and constant psycho-emotional stress. Studying at OSACEA (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture) requires significant intellectual effort, high concentration of attention and the ability to quickly assimilate a large amount of information. As a result, students often face fatigue, stress, emotional exhaustion and decreased motivation to study. This problem is especially relevant for OSACEA students, where the educational process is accompanied by a large number of practical tasks, calculations and project work. In such conditions, maintaining not only the physical but also the psychological health of students becomes important.

One of the effective means of preventing negative psycho-emotional manifestations is regular physical activity. It helps to strengthen health, increases the body's resistance to stressful situations and has a positive effect on the emotional state of a person. Physical culture and sports are an important component of the harmonious development of a student's personality and contribute to the formation of a healthy lifestyle. The issue of physical activity is of particular importance for students of the Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, where the educational process is associated with significant intellectual loads and high requirements for educational activities.

One of the effective means of preventing negative psycho-emotional manifestations is regular physical activity. It helps to strengthen health, increases the body's resistance to stressful situations and has a positive effect on the emotional state of a person. Physical culture and sports are an important component of the harmonious development of a student's personality and contribute to the formation of a healthy lifestyle. The issue of physical activity is of particular importance for students of the Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, where the educational process is associated with significant intellectual loads and high requirements for educational activities.

Regular physical activity also has a positive effect on sleep quality. Good sleep is an important factor in emotional balance, because it is during sleep that the nervous system and the body as a whole are restored. Students who play sports usually have a better sleep pattern and a more stable psychological state. Physical exercise also helps to increase self-esteem and self-confidence. Achieving even small sports results creates a sense of success, which has a positive effect on motivation for learning and self-development.

The results of many scientific studies show that students who regularly engage in physical activity have significantly lower stress levels and higher levels of emotional stability compared to those who lead a sedentary lifestyle.

It is also important to note that physical activity contributes to the formation of the correct organization of a student's time. Regular sports activities help develop discipline, improve the skills of planning one's own daily routine and contribute to a more rational combination of study, rest and personal development. This allows students to distribute their academic workload more effectively and avoid overwork.

Regular physical education classes contribute to: improving concentration; increasing performance; reducing anxiety; improving emotional state; increasing the body's adaptive capabilities.

Conclusion:

1. There are many accessible forms of physical activity for students. The most popular among young people are: running and athletics; fitness and training in gyms; strength training; yoga and stretching; swimming; team sports (football, volleyball, basketball).

2. To improve the psychological state of students, it is advisable to:

include regular physical activity in the daily schedule; combine aerobic and strength training; use movement breaks during the educational process; involve students in group sports activities;
promote a healthy lifestyle through university programs;
create motivational programs for students; develop sports infrastructure in educational institutions.

References

1. Zamkova, N., Salnikova, S., Bondar, A., Puzdymir, M., Rohal, I. and Shkondia, V. (2025), Physical education: Practical study guide, Editorial and Publishing Department of VTEI DTEU, Vinnytsia, 231 p.
2. Levchuk, S. M. (2023), "Social support as a factor of mental well-being of youth: Analysis of modern approaches", Bulletin of Zaporizhzhia National University: Social Sciences, no. 1, pp. 22–29.
3. Verkhovna Rada of Ukraine. (2023), "On mental health: Law of Ukraine No. 3456-IX", Holos Ukrainy, December 15, no. 245, pp. 12–20.
4. Tilikina, N. V. (2023), Physical activity as a factor in supporting the physical and mental health of youth in wartime conditions: Monograph, TsUL, Kyiv, 180 p.
5.Sharaya, A. A. (2024), "Psychological support for students in wartime conditions: Modern approaches", Legal Scientific Electronic Journal, no. 3, pp. 98–102.
6. Yatsenko, T. S. and Hrynko, V. M. (2022), "Psychological resilience of youth in crisis conditions: Theoretical and methodological aspects", Psychology and Society, no. 4, pp. 33–41.

RESPONSIBLE USE OF GENERATIVE AI IN SCIENTIFIC RESEARCH

Master's student Lixiao Kang
Supervisor - *Ph.D. in Pedagogics, Assoc. Prof., Lecturer I.A. Sladkykh*
Department "Pedagogy, foreign philology and translation"
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine

As a master's student engaged in academic research, understanding the proper application, limitations, and ethical norms of generative AI in scientific research is critical to upholding academic integrity, improving research efficiency, and ensuring the rigor of research outcomes. This article systematically elaborates on the practical value of AI in research, potential risks, normative application guidelines, and acceptable/unacceptable usage boundaries for doctoral research, combining the perspective of postgraduate research practice [1, 2, 4].

The Practical Value of Generative AI in Scientific Research. Generative AI serves as a powerful auxiliary tool in the entire scientific research process,

significantly solving pain points such as time-consuming manual operations and information barriers, and bringing multi-dimensional improvements to graduate students' research work:

1. Efficient Search and Analysis of Scientific Publications. Manual literature reviews often take weeks or even months, while AI search engines (e.g., Consensus AI, Semantic Scholar) crawl massive academic databases to quickly identify relevant literature, generate core finding summaries, and help me analyze publication trends, pinpoint research gaps, and formulate scientific research questions at the early stage of the research project [3]. This not only saves a lot of time for sorting out literature but also ensures the comprehen siveness of the literature review.

2. Enhanced Understanding of Academic Texts. AI tools (e.g., Explain Paper, SciSpace) can simplify complex professional terminology, explain obscure scientific concepts, and concisely retell the content of lengthy papers. Tools supporting PDF interactive communication even allow me to ask questions about paper details or generate presentation outlines based on papers. In addition, multi-language support removes language barriers, enabling me to efficiently read and understand high-quality foreign literature that is not in my native language.

3. Automated Data Collection and Analysis. AI can automatically process large amounts of open-source data or database information to complete data collection, and more importantly, it can identify hidden patterns, trends and correlations in the data, reduce the risk of human error in large-scale data processing, and quickly output accurate analytical conclusions. For graduate students without extensive statistical analysis experience, tools like Julius AI also simplify data visualization and interpretation, laying a solid foundation for subsequent research discussions.

4. Improved Quality of Academic Writing. AI models (e.g., Quillbot, Wordvice.ai) provide stylistic optimization suggestions, automatic citation generation, and editing and proofreading services, effectively making up for deficiencies in grammar expression and text structure organization. Paraphrasing tools help me polish the expression of research ideas, making the academic writing style more concise and professional and avoiding rigid "clerical-style" wording. Common tools like Grammarly also become a daily helper for checking the basic norms of writing.

5. Real-time Academic Integrity Inspection. AI plagiarism checkers can scan the completed text, compare it with massive academic databases, identify potential content borrowing, and even detect whether the text is generated by AI. This helps me proactively check the originality of the research manuscript in the writing process, and strictly abide by academic integrity norms before submission.

Potential Disadvantages and Risks of AI in Scientific Research. *While AI brings convenience to research, it also has inherent limitations and potential risks that graduate students must remain vigilant about in practice:*

1. Risks of Violating Academic Integrity Principles. AI generates content based on existing data and models, and improper use (e.g., directly copying AI-

generated text as one's own research results) will lead to a lack of scientific value of the research and even be identified as plagiarism [5]. At the same time, AI cannot replace the independent thinking and research of researchers, and over-reliance on AI will also weaken the core research capabilities of graduate students.

2. Probability of False Detection Results. AI text detection tools (e.g., the once-used Turnitin detector) have algorithm limitations, and may misidentify human-written text as AI-generated, leading to false results. This reminds me that AI detection results cannot be regarded as the only criterion, and manual review and verification are still needed for controversial content.

3. Superficiality of Information Analysis. AI can process a large amount of information, but its analysis is often superficial, especially when it relies on outdated or non-authoritative sources. For in-depth scientific research, it is necessary to combine up-to-date data from reliable sources (e.g., core journal papers, official statistical databases) for manual in-depth analysis, and AI can only serve as an auxiliary means.

4. Inaccuracy in Academic Text Translation. Although AI can complete the preliminary translation of scientific papers, academic translation requires professional disciplinary knowledge, and AI translation is prone to errors in professional terminology and logical expression. Imperfect translation may lead to the rejection of papers in peer review, so important academic translations still need to be completed by professional translators to meet the requirements of authoritative databases such as Scopus and Web of Science.

Core Recommendations for the Responsible Use of Generative AI by Researchers. *As a graduate student, abiding by the ethical norms of AI use and implementing the following recommendations in research practice is the basic requirement to ensure the validity and integrity of research:*

1, Bear Ultimate Responsibility for Scientific Research Outcomes, I am fully accountable for the content generated with the help of AI, and maintain a critical attitude towards AI output, clearly recognizing its limitations such as bias, hallucinations and inaccuracies. AI can never be the author or co-author of research results, as authorship is accompanied by subjective initiative and responsibility that only humans have. In addition, I will never use AI-fabricated materials (e.g., falsified data, fake citations) in the research process.

2. Implement Transparent AI Use Norms. I will detail the generative AI tools used in the research process (including name, version, usage time, and specific application scenarios) in the research paper or research report. In line with open science principles, if necessary, I will make the input prompts and AI output content public. At the same time, considering the randomness of AI output (the same prompt may produce different results), I will ensure the reproducibility and robustness of research results, and disclose the limitations of the used AI tools and corresponding mitigation measures in the research.

3. Pay Close Attention to Privacy and Intellectual Property Protection. When uploading sensitive information (e.g., unpublished research drafts, original experimental data, research prompts) to AI systems, I will first confirm the tool's

privacy policy to avoid the data being used for AI model training without permission. I will not upload the personal data of third parties to online AI tools without the consent of the data subject, and strictly comply with EU data protection regulations and national relevant laws and regulations. In addition, I will understand the technical and ethical implications of the tool, including the operator, operation server location, and data usage rules, and prioritize closed or privacy-guaranteed AI platforms for sensitive research content.

4. Abide by Relevant National and International Legislation. In the process of using AI output, I will strictly check for plagiarism of text, code, images and other content, respect the authorship of others, and cite the relevant research results properly. If the AI output contains personal data, I will handle it in accordance with the law and follow the EU data protection rules.

5. Continuously Learn and Master the Proper Use of AI Tools. Generative AI tools are updated and evolved rapidly, and I will actively participate in relevant training courses, keep abreast of the latest best practices of AI in scientific research, and share useful experience with classmates and supervisors. Continuous learning helps me maximize the advantages of AI and avoid research risks caused by unskilled use.

6. Avoid Using AI in Sensitive Research Activities. I will refrain from using generative AI in activities that may affect other researchers or institutions (e.g., research evaluation, peer review), so as to avoid unfair treatment caused by AI's limitations such as hallucinations and bias. At the same time, this can also protect the unpublished original research results of other researchers from being exposed or included in AI models without permission.

Regulated Boundaries of Generative AI Use in Doctoral Research*. Combined with the research norms for doctoral students, generative AI use is divided into unacknowledged permitted use, use subject to supervisor agreement, and unacceptable use, and I will strictly abide by these boundaries in my postgraduate research and future doctoral research:*

1. Permitted Use (No Acknowledgment Required)

- Use of proofreading tools (e.g., basic grammar and spelling checks by Grammarly) to optimize writing norms;
- AI-assisted personal study (e.g., using AI to explore and understand complex disciplinary concepts), but this does not include primary research work. My core research capabilities such as information analysis, synthesis and critical evaluation must be completed independently, and AI can only be used to assist in the development of these capabilities;
- Use of specific AI assistive software to ensure inclusive research (e.g., using voice recognition AI for research with physical disabilities).

2. Use Subject to Prior Discussion and Agreement with Supervisor. Common AI applications that require supervisor approval include: AI-accelerated literature review, brainstorming and clarifying research questions and intervention plans, data management and analysis, image/text generation, AI-assisted coding and data visualization. For any AI-generated materials included in the research results to be

assessed, I will fully acknowledge the role of AI in the paper and clearly mark the relevant content.

3. Unacceptable Use (Leading to Research Misconduct). AI-generated content must never replace the independent research and learning of doctoral candidates, nor misrepresent their understanding of disciplinary knowledge, concepts and research techniques. The main unacceptable usage scenarios that I must strictly avoid are:

- Fabrication: Creating non-existent research results, data, literature citations through AI and presenting them as real content (e.g., citing AI-generated fake research papers);
- Falsification: Inappropriately manipulating research results, processes and data through AI, and presenting AI-generated content without verifying its validity and authenticity;
- Plagiarism: Presenting AI-paraphrased academic content or AI-generated text/code as one's own research results without acknowledging AI-assisted authorship;
- Misrepresentation: Suppressing relevant research results, making false claims about authorship, or using AI-assisted advanced editing tools (e.g., Grammarly Premium) in doctoral theses that are not permitted by the regulations.

My Practical Experience with AI Literature Review Tools. *There are a variety of AI literature review tools available for researchers, and I have tried some of them in my postgraduate research practice, and summarized their advantages and limitations as follows:*

- Consensus AI**:** Advantages – quickly search massive databases, filter high-quality research papers, and generate conclusion summaries for specific research questions; Limitations – the coverage of some niche disciplinary literatures is insufficient, and the depth of analysis is limited;
- SciSpace**:** Advantages – with advanced semantic search capabilities, it can accurately match relevant literature and help understand complex academic content; Limitations – the free version has restrictions on the number of literature views and analysis times;
- Research Rabbit: Advantages – build a personalized research library, automatically recommend relevant papers based on existing literature, and realize visual display of literature connections; Limitations – the recommendation algorithm is more inclined to mainstream research directions, and it is difficult to find innovative and frontier niche literature;
- Scholarcy: Advantages – summarize complex long papers, extract core points and citations, and build a searchable research library; Limitations – the summary of highly theoretical papers is easy to lose key logical links.

In practice, I always use a combination of multiple AI tools and manual review, using AI to complete the preliminary sorting and screening of literature, and then conducting in-depth reading and critical analysis of core literature manually, which balances research efficiency and research rigor.

Conclusion. For master's and postgraduate students, generative AI is a "double-edged sword" in scientific research. It can significantly improve research efficiency, break through information and technical barriers, and become a powerful research assistant; however, its inherent limitations and potential ethical risks require us to maintain a rational and critical attitude. In the research process, I will always take the responsible use of AI as the basic principle, abide by the relevant norms and boundaries, take human independent research as the core, and use AI as an auxiliary tool on the premise of obtaining supervisor approval (when necessary). At the same time, I will keep learning the latest use methods of AI tools, continuously improve my ability to use AI for scientific research, and ensure that the research results are rigorous, authentic and in line with academic integrity norms. Only in this way can we maximize the value of AI in scientific research and lay a solid foundation for the completion of postgraduate research tasks and future academic development.

Regferences

1. Application of Artificial Intelligence in Education, (specialty 011 – Educational, pedagogical sciences), 2 semester https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=12738
2. Complex training session, (specialty 011 – Educational, pedagogical sciences), 2 semester https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=10770
3. Kang, Q., Ryblova, A. N. Extracurricular individualization of research activities of foreign master's students: tutor support through library information resources. *Science for Education Today*. 2020. № 2. P.7–21.
4. Kolomiiets A., Kolomiiets D., Kushnir O. Vplyv shchuchnoho intelektu na filosofiiu osvity ta pedahohichnoi nauky **[**The Impact of Artificial Intelligence on the Philosophy of Education and Pedagogical Science]. Naukovi zapysky VDPU imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Seriia: Pedahohika i psykholohiia. – V. 84. – 2025. – S. 7–13. – Rezhym dostupu: https://www.researchgate.net/publication/399102381
5. Sladkykh I. Pedagogy of Higher Education**:** Ethical Aspects of Artificial Intelligence Usage by foreign Master's Students. Naukovi zapysky VDPU imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Seriia: Pedahohika i psykholohiia. – Vyp. 85. – 2026. – S. 127–137.

ЯКІСТЬ ВЗАЄМОДІЇ «ВИКЛАДАЧ – СТУДЕНТ» ЯК ЧИННИК РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ НАВЧАННЯ

Магістрант Назарій Лозинський
Керівник – проф., д-р пед. наук О.Є. Смолінська
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького

У сучасних умовах розвитку вищої освіти, орієнтації на студентоцентрований підхід та забезпечення якості освітнього процесу особливої актуальності набуває проблема ефективної взаємодії між викладачем і здобувачем освіти. Саме якість взаємодії «викладач – студент»

визначає рівень залученості здобувачів освіти до навчальної діяльності, формування їхніх професійних компетентностей і загальну результативність освітнього процесу. Взаємодія між учасниками освітнього процесу виступає важливим чинником створення сприятливого освітнього середовища та забезпечення ефективності навчання.

Поняття взаємодії «викладач–студент» охоплює систему комунікативних, педагогічних і соціально-психологічних відносин, що виникають у процесі навчальної діяльності. Вона передбачає активний обмін інформацією, взаєморозуміння, співпрацю та підтримку між учасниками освітнього процесу. Якість взаємодії визначається рівнем довіри, відкритості та взаємної поваги між викладачем і студентом, що створює умови для ефективного засвоєння навчального матеріалу та розвитку особистості здобувача освіти.

Важливою характеристикою якісної взаємодії є педагогічне партнерство. У сучасній освітній практиці викладач розглядається не лише як джерело знань, а як наставник і фасилітатор навчального процесу, який сприяє активній участі студентів у навчанні. Партнерська взаємодія передбачає врахування індивідуальних особливостей здобувачів освіти, створення умов для розвитку їхньої самостійності та відповідальності за результати навчання. Такий підхід сприяє формуванню мотивації до навчання та розвитку професійної компетентності.

Одним із ключових чинників результативної взаємодії є ефективна комунікація. Комунікативна компетентність викладача визначає здатність чітко формулювати навчальні завдання, надавати зрозумілі пояснення, підтримувати конструктивний діалог і забезпечувати зворотний зв’язок. Регулярний і змістовний зворотний зв’язок сприяє усвідомленню студентами власних досягнень і труднощів у навчанні, що дозволяє своєчасно коригувати освітній процес.

Особливого значення якість взаємодії «викладач–студент» набуває в умовах цифровізації освіти та розвитку дистанційного навчання. Використання електронних освітніх платформ, відеоконференцій і цифрових засобів комунікації відкриває нові можливості для організації взаємодії, проте водночас потребує від викладача високого рівня цифрової компетентності. У цифровому середовищі важливо забезпечити регулярний контакт зі студентами, створювати можливості для обговорення навчальних питань і підтримувати активність здобувачів освіти.

Взаємодія «викладач – студент» також має значний вплив на формування позитивного психологічного клімату в освітньому середовищі.

Підтримка, емпатія та доброзичливе ставлення з боку викладача сприяють формуванню у студентів почуття впевненості у власних можливостях і зменшують рівень навчального стресу. Позитивний психологічний клімат створює умови для ефективної навчальної діяльності та розвитку творчого потенціалу здобувачів освіти.

Якість взаємодії безпосередньо впливає на результативність навчання, яка проявляється у рівні засвоєння знань, сформованості професійних компетентностей і здатності студентів до самостійної діяльності. Ефективна взаємодія сприяє розвитку критичного мислення, уміння працювати в команді та здатності до прийняття рішень. Водночас недостатній рівень взаємодії може призводити до зниження мотивації до навчання та погіршення освітніх результатів.

Важливим напрямом удосконалення взаємодії «викладач – студент» є розвиток педагогічної майстерності викладача та формування його професійної культури. Використання інтерактивних методів навчання, організація групової роботи, проведення дискусій і проєктної діяльності сприяють активізації взаємодії та підвищенню ефективності навчального процесу. Крім того, важливим є врахування потреб і очікувань студентів, що дозволяє створити більш гнучке та адаптивне освітнє середовище.

Висновки:

Отже, якість взаємодії «викладач – студент» є важливим чинником результативності навчання та забезпечення якості освітнього процесу у закладах вищої освіти. Вона визначає рівень мотивації студентів, ефективність засвоєння знань і формування професійних компетентностей. Підвищення якості взаємодії потребує розвитку комунікативних і педагогічних компетентностей викладача, використання сучасних освітніх технологій та створення сприятливого освітнього середовища, орієнтованого на потреби здобувачів освіти.

Посилання

1. Hattie J. Visible Learning: A Synthesis of over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. Taylor & Francis Group, 2008.
2. Moore M. G. Editorial: Three types of interaction. *American Journal of Distance Education*. 1989. Vol. 3, no. 2. P. 1–7. URL: https://doi.org/10.1080/08923648909526659 (date of access: 22.03.2026).

ЦИФРОВІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ ВЕБПРОГРАМУВАННЯ: ВІД СТАТИЧНОГО ПІДРУЧНИКА ДО ЦИФРОВИХ ДИДАКТИЧНИХ РЕСУРСІВ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ СТАРШОЇ ПРОФІЛЬНОЇ ШКОЛИ НУШ

Аспірант[1] А.С. Мазур
Спеціальність 014.09 Середня освіта (Інформатика)
Український державний університет імені М. Драгоманова, Київ,
a.s.mazur@udu.edu.ua
Канд. пед. наук, доцент В.Ю. Габрусєв
Кафедра інформатики та методики її навчання
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
gabrusev@fizmat.tnpu.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімкою цифровою трансформацією всіх сфер життєдіяльності. Вагомим поштовхом до прискорення цього процесу стала пандемія COVID-19, яка змусила систему освіти в стислі терміни перейти до дистанційних форм навчання та переосмислити роль цифрових інструментів в організації навчального процесу. Подальшим випробуванням для української освіти стало повномасштабне вторгнення росії у 2022 році, яке поставило перед педагогічною спільнотою нові виклики: необхідність забезпечення безперервності навчального процесу в умовах воєнного стану, масового переміщення учнів та руйнування освітньої інфраструктури. Обидві кризи наочно продемонстрували як потенціал цифрових дидактичних ресурсів, так і критичну неготовність традиційного дидактичного забезпечення до роботи поза межами традиційного навчального середовища, що безпосередньо зумовлює необхідність системного переосмислення підходів до організації навчального процесу в закладах загальної середньої освіти. Особливо гостро ця проблема постає у сфері навчання вебпрограмування — галузі, що розвивається з надзвичайно високою динамікою та потребує постійного оновлення змісту й форм навчання. Підручник у традиційному форматі, попри свою усталену роль у вітчизняній освіті, дедалі більше демонструє обмеженість у забезпеченні якісної підготовки учнів реальної практики з веб-програмування.

Реформування системи освіти в рамках Нової української школи (НУШ), зокрема запланований з 2027 року перехід до старшої профільної школи для учнів 10–12 класів, ставить нові вимоги до навчально-методичного забезпечення технологічного та інформаційного профілів. В умовах, коли учні свідомо обиратимуть напрям підготовки, зокрема пов'язаний з інформаційними технологіями, саме якість дидактичних матеріалів стає визначальним чинником формування їхніх професійних компетентностей.

Обмеження традиційних підручників у навчанні вебпрограмування. Статичний підручник як основний дидактичний

інструмент має низку принципових обмежень у контексті навчання вебпрограмування. По-перше, зміст такого підручника фіксується в момент його видання і не може оперативно відображати зміни у стандартах веб-технологій. По-друге, підручник позбавлений можливості забезпечити практичне середовище для написання та виконання коду безпосередньо в процесі опрацювання теоретичного матеріалу. По-третє, він не створює умов для формування навичок колаборативної роботи, що є невід'ємною складовою сучасної веб-розробки. Слід зазначити, що традиційний паперовий підручник може ефективно забезпечувати викладення базових теоретичних концепцій, формування системного розуміння структури мов розмітки та програмування. Проте зазначені переваги не компенсують принципових обмежень для повноцінної підготовки учнів, відтак виникає суттєвий розрив між теоретичними знаннями та практичними навичками, що відповідають актуальним вимогам ІТ-ринку праці.

Порівняння підходів до викладу навчального матеріалу засвідчує суттєві відмінності між паперовим підручником і цифровими дидактичними ресурсами[4]. Паперовий підручник пропонує лінійний, структурований виклад матеріалу з чітко визначеною послідовністю тем, що сприяє формуванню системного розуміння предмета. Натомість цифрові дидактичні ресурси забезпечують нелінійну навігацію змістом, динамічність і актуальність змісту відповідно до поточних технологічних стандартів, вбудовані практичні завдання з автоматичною перевіркою, диференціацію навчання завдяки адаптивним механізмам, миттєвий зворотний зв'язок та доступність з будь-якого пристрою. Таким чином, якщо паперовий підручник залишається ефективним інструментом для теоретичного опрацювання основ вебпрограмування, то цифрові дидактичні ресурси є незамінними для формування практичних навичок та забезпечення актуальності змісту навчання. Це підтверджує і власний педагогічний досвід автора викладання модуля «Веб-технології» у 10–11 класах, який засвідчив, що навчання за традиційним підручником не забезпечує умов для створення учнями власного веб-проєкту, тоді як каскадна система завдань на базі Google Classroom формує цілісний навчальний досвід

Цифрові дидактичні ресурси як сучасна альтернатива. Під цифровими дидактичними ресурсами у контексті навчання вебпрограмування можна визначити сукупність навчально-методичних матеріалів, розроблених із використанням інтернет-технологій та призначених для підтримки й організації освітнього процесу в цифровому середовищі. На відміну від цифрових освітніх ресурсів, які охоплюють будь-які цифрові матеріали освітнього характеру, цифрові дидактичні ресурси мають чітку дидактичну структуру — навчальну мету, систему завдань та механізм зворотного зв'язку. Попри наявність значної кількості цифрових освітніх ресурсів з вебпрограмування, цифрових дидактичних ресурсів — зі структурованою навчальною метою, системою завдань та механізмом зворотного зв'язку — залишається критично мало. Поодиноким прикладом є освітня платформа

ДистОсвіта з курсом «Вебтехнології», яка пропонує структурований навчальний контент, однак не містить методичного супроводу для вчителя та рекомендацій щодо добору цифрових інструментів. Відтак педагоги змушені самостійно формувати дидактичне середовище, добираючи окремі цифрові інструменти відповідно до змістових блоків навчання.

Добір цифрових ресурсів доцільно здійснювати відповідно до трьох змістових блоків модуля «Веб-технології» для 10–11 класів[2]: для вивчення HTML — онлайн-редактори з миттєвим переглядом результату (CodePen, JSFiddle); для опанування CSS — інтерактивні ігрові тренажери з візуальним зворотним зв'язком (CSS Diner, Flexbox Froggy, Grid Garden); для вивчення основ JavaScript (JS Bin, CodePen) у поєднанні з ресурсом JavaScript.info, як довідковим ресурсом. Перевагою зазначених інструментів є їх повна безкоштовність та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що робить їх доступними для використання в закладах загальної середньої освіти.

У межах діючої до 2027 року моделі цей модуль залишається вибірковим[5], що обмежує системність підготовки учнів з вебпрограмування. З переходом до старшої профільної школи вебпрограмування набуває статусу профільної складової STEM-напряму, що суттєво підвищує вимоги до якості та різноманітності цифрового дидактичного забезпечення.

Методика використання в умовах НУШ. Концепція НУШ ґрунтується на компетентнісному підході, що передбачає формування в учнів не лише предметних знань, а й ключових компетентностей — зокрема цифрової компетентності та вміння вчитися[1]. Реформа принципово змінює не лише структуру старшої школи, а й підходи до організації навчального процесу. Якщо чинна модель орієнтована переважно на передачу знань через підручник і пояснення вчителя, то концепція старшої профільної школи передбачає перехід до компетентнісно-діяльнісної парадигми — де учень є активним суб'єктом навчання, а не пасивним реципієнтом інформації. Саме в цьому контексті роль цифрових дидактичних ресурсів суттєво зростає: вони забезпечують середовище, в якому учень не лише отримує знання, а й одразу застосовує їх на практиці, отримує миттєвий зворотний зв'язок та будує власну освітню траєкторію.

В умовах старшої профільної школи методика використання цифрових дидактичних ресурсів передбачає: добір ресурсів, орієнтованих на формування компетентностей з вебпрограмування в межах профільних предметів STEM-напряму[3] («Інформатика», «Інформаційні технології»; диференціацію форм організації навчальної діяльності — фронтальна демонстрація на етапі пояснення нового матеріалу, індивідуальна робота на онлайн-тренажерах під час закріплення, групова проєктна діяльність у хмарних середовищах на етапі застосування знань; узгодження типу ресурсу зі структурним етапом уроку — відеоматеріали та інтерактивні презентації для мотивації, онлайн-редактори коду для практичного відпрацювання, платформи з автоматичною перевіркою для контролю результатів; поєднання різних типів ресурсів для забезпечення повноти навчального циклу, що

охоплює послідовні етапи мотивації, засвоєння теорії, практичного відпрацювання та рефлексії; систематичний моніторинг навчальних досягнень з використанням вбудованих аналітичних інструментів платформ.

Роль учителя при цьому трансформується від транслятора знань до фасилітатора навчального процесу та куратора цифрового освітнього середовища — який не лише використовує готові ресурси наявних платформ, а й створює власні цифрові дидактичні матеріали з урахуванням потреб учнів, рівня їхньої цифрової компетентності та індивідуального темпу просування, змісту профільного навчання та особливостей конкретного навчального середовища.

Висновки. Таким чином, цифровізація навчання вебпрограмування в умовах впровадження старшої профільної школи НУШ є не лише доцільною, а й необхідною умовою якісної підготовки учнів до продовження навчання в ІТ-галузі. Викладене дозволяє зробити такі висновки:

1. перехід від статичного підручника до цифрових дидактичних ресурсів уможливлює формування актуальних практичних компетентностей учнів;
2. використання цифрових дидактичних ресурсів органічно відповідає компетентнісній моделі реформи НУШ та сучасним вимогам ринку праці;
3. методика використання цифрових ресурсів у навчанні вебпрограмування потребує системного підходу до добору, диференціації форм роботи та узгодження з етапами уроку;
4. учитель постає ключовим суб'єктом цифровізації — як куратор освітнього середовища та розробник авторських дидактичних ресурсів.

Перспективою подальшого дослідження є методичне обґрунтування, розроблення та практична апробація авторських цифрових дидактичних матеріалів з вебпрограмування для учнів 10–12 класів STEM-профілю в умовах запровадження старшої профільної школи з 2027 року

Посилання

1. Концепція «Нова українська школа». Міністерство освіти і науки України, 2016. URL: https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrayinska-shkola
2. Міністерство освіти і науки України. Навчальна програма вибірково-обов'язкового предмету «Інформатика» для учнів 10–11 класів закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту) : затверджено наказом МОН України від 23 жовтня 2017 р. № 1407.
3. Міністерство освіти і науки України. Про затвердження типової освітньої програми для 10–12 класів закладів загальної середньої освіти, які забезпечують здобуття профільної середньої освіти за академічним спрямуванням : наказ МОН України від 26 травня 2025 р. № 765 (зі змінами, внесеними наказом МОН України від 19 червня 2025 р. № 884).
4. Чубенко В. А., Боть Л. П., Лиходєєва Г. В. Еволюція методів навчання в контексті цифрової трансформації освіти. *Педагогічна Академія: наукові записки.* 2024. № 9. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.13224247
5. Яцько О. Аналіз навчання вибіркового модуля «Веб‑технології» у 10–11 класах ЗЗСО. Освіта. Інноватика. Практика. 2023. Т. 11, № 3. С. 52–59. DOI: https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i3-008

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТНЬОМУ ПРОСТОРІ: ВИКЛИКИ ТРАДИЦІЙНІЙ МОДЕЛІ ТА МОЖЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ

Викладач першої категорії М.С. Марусов
Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В.І. Вернадського

Ще зовсім недавно штучний інтелект для багатьох асоціювався з «технологіями майбутнього» та фантастикою. Але сьогодні він уже став частиною звичного побуту — так само, як смартфони чи онлайн-сервіси. Освіта тут не виняток: ШІ непомітно увійшов у навчальні практики і для багатьох здобувачів освіти та викладачів перестав бути «дивиною». Інструменти на кшталт ChatGPT, Claude, Gemini чи Grok використовують для підготовки текстів, створення презентацій, пояснення складних тем «простими словами», швидкого пошуку ідей, аналізу даних, програмування та навіть для тренування комунікації. У багатьох закладах освіти світу такі сервіси вже інтегровані в навчальний процес, а в Україні їх також активно опановують — часто швидше, ніж встигають оновлюватися офіційні правила та методики [1].

Разом із тим масове впровадження ШІ піднімає важливі питання: якщо доступ до інформації тепер миттєвий, то що саме має цінність у навчанні? Очевидно, що механічне запам’ятовування та відтворення фактів поступово втрачає роль головної мети. Натомість зростає значення того, що «не може зробити за тебе алгоритм»: критичне мислення, уміння перевіряти джерела, бачити логіку й помилки в аргументації, ставити точні запитання, робити висновки та відповідально працювати з цифровими інструментами. Саме ці навички визначають, чи стане ШІ помічником у розвитку, чи перетвориться на «костиль», який спрощує навчання, але робить знання поверхневими [2].

Важливо, що штучний інтелект відкриває для освіти реальні й дуже практичні можливості. Одна з ключових — персоналізація навчання [3]. Алгоритм може пояснювати тему з урахуванням рівня підготовки здобувача освіти, підбирати приклади «під конкретну ситуацію», давати підказки крок за кроком, пропонувати тренувальні завдання різної складності й допомагати рухатися у власному темпі. Для тих, кому складно з мовою, термінологією або хто потребує більше повторень, це може стати серйозною підтримкою, а для здобувачів освіти з особливими освітніми потребами — додатковим інструментом інклюзії. Фактично формується модель «персонального цифрового тьютора», який доступний у будь-який час і допомагає не чекати консультації «за розкладом» [4].

Корисним ШІ є й для викладачів. Інтелектуальні інструменти здатні знімати частину рутини: перевірити орфографію і стилістику, швидко структурувати матеріал, згенерувати чернетку тестів або варіанти завдань, запропонувати приклади кейсів чи запитань для дискусії. Це економить час і дає змогу педагогу більше уваги приділяти тому, що справді потребує людської участі: поясненню «складних місць», наставництву, організації обговорень, розвитку академічної культури, оцінюванню логіки й глибини мислення. Тобто ШІ не обов'язково «конкурує» з викладачем — радше розширює його інструментарій [5].

В українських реаліях ці технології набувають додаткової ваги. Воєнний стан, повітряні тривоги, перебої з електропостачанням і нерівномірність доступу до навчання створюють ризики для стабільності освітнього процесу. У таких умовах можливість отримати пояснення, підказку або консультацію в асинхронному режимі (коли є зв'язок і час) стає не лише зручністю, а чинником підтримки безперервності навчання та психологічної впевненості здобувачів освіти. У цьому сенсі ШІ виступає не тільки «модною технологією», а й інструментом адаптації системи освіти до кризових викликів.

Однак паралельно загострюється питання академічної доброчесності. Якщо есе, розв'язання задачі чи програмний код можна згенерувати за хвилини, то як перевірити, що здобувач освіти справді зрозумів матеріал, а не лише «отримав відповідь»? Проблема тут не зводиться до пошуку порушників: важливо зберегти довіру між здобувачем і викладачем та не перетворити навчання на гру «хто кого перехитрить» [6]. До того ж детектори ШІ-текстів часто помиляються (особливо з українською мовою та простими стилями), а помилкові звинувачення демотивують і руйнують нормальну комунікацію.

Саме тому дедалі більше закладів освіти у світі відходять від ідеї повної заборони ШІ. Натомість формується підхід прозорого та відповідального використання: здобувачам пропонують декларувати, чи застосовували вони ШІ і для чого саме (план, чернетка, мовне редагування, пошук ідей, підбір прикладів тощо), а викладачам — оцінювати не тільки «готовий текст», а й процес роботи. Це природно змінює й оцінювання: більшу вагу отримують усні захисти, проєктні завдання, портфоліо, аналіз етапів виконання, робота з джерелами, обговорення рішень і аргументації. У такому форматі легше побачити реальне розуміння і персональний внесок.

Окремо варто говорити про ШІ-грамотність. Так само, як цифрова грамотність свого часу стала базовою, сьогодні необхідно розуміти принципи роботи алгоритмів, їхні обмеження та можливі упередження. Сучасному здобувачу освіти важливо вміти формулювати коректні запити, перевіряти факти, відрізняти припущення від доказів, не підміняти навчання

«копіюванням результату», дотримуватися етичних норм і правил цитування. Поява перших рекомендацій щодо відповідального використання ШІ в українському освітньому просторі свідчить, що ми поступово переходимо від стихійного застосування до більш системної інтеграції технологій.

У ширшій перспективі вплив штучного інтелекту на освіту — це не лише про нові сервіси. Це про переосмислення ролі людини в навчальному процесі. Технології можуть забезпечити швидкість, масштаб і зручність, але вони не замінять емпатію, педагогічну підтримку, моральну відповідальність, творче мислення та ціннісне осмислення знань. Освіта — це не лише інформація, а й формування світогляду, культури взаємодії, громадянської позиції та здатності приймати відповідальні рішення.

Висновок.

Штучний інтелект не є ні однозначною загрозою, ні універсальним «рішенням усіх проблем». Його вплив залежить від того, як саме його використовують і які правила та культура роботи з ним сформовані в закладі освіти. Як колись калькулятор не «знищив» математику, а змістив акцент на розуміння й логіку, так і ШІ може змінити освітню парадигму без втрати її сутності. Якщо зберегти фокус на розвитку мислення, творчості, доброчесності та етичної відповідальності, штучний інтелект здатен стати потужним ресурсом модернізації освіти й її адаптації до викликів XXI століття.

Посилання

1. Wang S., Wang F., Zhu Z., Tran T., Du Z. Artificial intelligence in education: a systematic literature review // Expert Systems with Applications. – 2024. – Vol. 252. – Article 124167. – DOI: 10.1016/j.eswa.2024.124167.
2. Tan X., Li Y., Liu Y. Artificial intelligence in teaching and teacher professional development: a systematic review // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2024.
3. Vieriu A. M. The impact of artificial intelligence on students' learning and academic performance // Education Sciences. – 2025. – Vol. 15, № 3. – Article 343.
4. Younas M. The impact of artificial intelligence-based learning tools in higher education // Frontiers in Education. – 2025. – DOI: 10.3389/feduc.2025.1689205.
5. Хмельницька І. В. Штучний інтелект в освіті: можливості та виклики // Соціально-психологічні проблеми суспільства. – 2025.
6. Cukurova M. The interplay of learning analytics and artificial intelligence in education: a vision for hybrid intelligence // Learning Analytics and Artificial Intelligence in Education. – 2024.

ОСОБЛИВОСТІ СПІЛКУВАННЯ У ВІЙСЬКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Курсант А.А. Масний
Керівник – викладач Р.З. Камінський
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми

У військовій діяльності спілкування є не просто формою обміну інформацією, а одним із ключових елементів управління військами та забезпечення бойової ефективності. В умовах сучасних бойових дій помилка у передачі команди або неправильне розуміння наказу може призвести до значних втрат або зриву виконання завдання.

Для Збройних Сил України питання ефективної військової комунікації є особливо актуальним у зв'язку з переходом на стандарти НАТО, інтеграцією нових систем управління та міжнародною взаємодією з підрозділами партнерських держав. Це потребує не лише технічної сумісності засобів зв'язку, а й уніфікації мовних стандартів, процедур передачі інформації та правил службового спілкування.

Таким чином, проблема полягає у забезпеченні чіткого, стандартизованого та ефективного спілкування в умовах бойової діяльності ЗСУ.

Мета дослідження

Метою дослідження є аналіз особливостей спілкування у військовій діяльності Збройних Сил України та визначення ролі стандартизації, уніфікації та впровадження норм НАТО у формуванні ефективної системи військової комунікації.

Результати дослідження

1. Значення комунікації у військовій діяльності

Військова діяльність передбачає чітку ієрархію, підпорядкованість і безумовне виконання наказів. Тому спілкування у війську має такі характерні риси:

лаконічність і точність формулювань; чітка структура наказів; обмеження емоційності;

використання усталених термінів і команд.

У Збройних Силах України спілкування здійснюється як у безпосередньому контакті між військовослужбовцями, так і через засоби радіозв'язку, цифрові системи управління, зашифровані канали передачі інформації.

Особливе значення має радіообмін у бойових умовах, де кожне слово повинно бути зрозумілим з першого разу, навіть за наявності перешкод або шумів.

2. Стандартизація спілкування та впровадження норм НАТО

Одним із важливих напрямів реформування ЗСУ є впровадження стандартів НАТО у сфері комунікації. Це передбачає використання єдиних процедур радіообміну, стандартних фраз, позивних та фонетичного алфавіту.

Найбільш відомим прикладом є **фонетичний алфавіт НАТО** (Alpha, Bravo, Charlie, Delta, Echo тощо), який використовується для чіткого передавання літер під час радіообміну. Наприклад:

A — Alpha
B — Bravo
C — Charlie
D — Delta

Використання таких кодових позначень дозволяє уникнути помилок при передачі координат, позивних або важливої інформації.

Крім того, у ЗСУ активно впроваджуються стандартизовані процедури підтвердження отримання інформації, наприклад:

- “Прийняв” (Roger) — підтвердження отримання повідомлення;
- “Зрозумів” (Wilco) — підтвердження отримання та готовність виконувати;
- “Повторіть” (Say again) — прохання повторити інформацію.

Ці елементи сприяють уніфікації спілкування, особливо під час спільних операцій з підрозділами держав-членів НАТО.

3. Уніфікація та дисципліна мовлення

У військовій діяльності комунікація підпорядковується принципу субординації. Старший за званням віддає наказ, молодший — чітко та коротко доповідає про виконання.

Уніфікація мовлення проявляється у:

- використанні встановлених форм доповідей;
- однаковій структурі бойових наказів;
- стандартизованих скороченнях і термінах;
- чіткій послідовності передачі інформації.

Наприклад, бойовий наказ має визначену структуру: обстановка, завдання, порядок виконання, забезпечення, управління та зв’язок. Така уніфікація мінімізує ризик неправильного трактування інформації.

4. Психологічні аспекти військового спілкування

Військова комунікація відрізняється високим рівнем психологічної напруги. У бойових умовах військовослужбовці діють під впливом стресу, що може впливати на сприйняття інформації.

Тому важливими є:

чіткість інтонації; впевненість голосу; відсутність двозначності; контроль емоцій.

Командир повинен формулювати накази максимально просто і зрозуміло, враховуючи можливість перевтоми або стресового стану підлеглих.

5. Роль цифрових технологій у військовій комунікації

Сучасна військова діяльність ЗСУ передбачає використання цифрових систем управління, зашифрованих месенджерів, автоматизованих систем передачі даних та інтеграцію з розвідувальними комплексами.

Перехід до стандартів НАТО передбачає:

сумісність каналів зв'язку; єдині протоколи передачі даних; захищеність інформації;

швидкий обмін координатами та розвідданими.

Це дозволяє забезпечити оперативність прийняття рішень та підвищити рівень координації між підрозділами.

Висновки:

Спілкування у військовій діяльності Збройних Сил України є ключовим елементом управління та виконання бойових завдань. Воно характеризується чіткістю, лаконічністю, стандартизованістю та підпорядкованістю принципам дисципліни.

Впровадження стандартів НАТО, зокрема використання фонетичного алфавіту (Alpha, Bravo, Charlie), уніфікованих процедур радіообміну та єдиних протоколів комунікації, сприяє підвищенню ефективності взаємодії між підрозділами та забезпечує сумісність із військами партнерських держав.

Таким чином, стандартизація та уніфікація військового спілкування є необхідною умовою підвищення боєздатності та оперативності Збройних Сил України в умовах сучасної війни.

Посилання

1. Статути внутрішньої служби Збройних Сил України.
2. https://sprotyvg7.com.ua/lessons/network-connection
3. https://www.kmu.gov.ua/news/minfin-uriad-pryiniav-postanovu-shchodo-vprovadzhennia-standartiv-ies-ta-nato-pid-chas-mytnoho-deklaruvannia-viiskovoi-tekhniky-zsu

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ СЛУЖБОВИХ ОБОВ'ЯЗКІВ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯМИ-ЖІНКАМИ

Курсант А.Г. Просянюк
Керівник - доц., канд. техн. наук І.М. Щека
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Залучення жінок до служби в Збройних Силах України (далі ЗСУ), інших військових формуваннях обумовлена суттєвим підвищенням їхньої вагомості у справі захисту України, особливо починаючи з 2022 року. Тому є актуальним розгляд деяких питань виконання службових обов'язків військовослужбовцями-жінками.

Основою проходження служби жінками є принцип гендерної рівності, закріплений на найвищому законодавчому рівні. Конституція України (ст. 24) гарантує рівність прав жінок і чоловіків. Рівність забезпечується наданням жінкам рівних з чоловіками можливостей у професійній діяльності. Згідно Закону України «Про військовий обов'язок і військову службу» (ст. 1, ч. 12)

жінки виконують військовий обов’язок на рівних засадах із чоловіками (за винятком випадків, передбачених законодавством з питань охорони материнства та дитинства). Законодавство України зняло більшість обмежень щодо переліку посад, які можуть обіймати жінки. Наприклад, Закон України «Про забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків» (ст. 15) забороняє дискримінацію за ознакою статі при призначенні на посади та просуванні по службі. Жінки мають доступ до всіх військово-облікових спеціальностей, включаючи бойові (снайпери, артилеристи, танкісти, оператори дронів, аеророзвідники тощо).

Але виконання службових обов'язків регулюється статутами ЗСУ з урахуванням фізіологічних та соціальних аспектів. Наприклад, жінки не призначаються до складу варти (крім випадків утворення жіночих підрозділів варти, якщо це передбачено специфікою об’єкта), розміщуються жінки в окремих приміщеннях (кімнатах) гуртожитків або казарм, які обладнуються окремими санвузлами та душовими. Останніми роками було запроваджено спеціальну польову форму для жінок, розроблену з урахуванням антропометричних особливостей, засоби індивідуального захисту, зокрема бронежилети, адаптовані до жіночої анатомії, а також необхідні засоби гігієни.

Враховуючі фізіологічні та соціальні аспекти жінок законодавство передбачає суттєві відмінності у виконанні обов'язків для захисту прав дитини та здоров'я жінки. Законом України «Про соціальний і правовий захист військовослужбовців та членів їх сімей» (ст. 10-1) передбачено надання жінкам відпустки у зв’язку з вагітністю та пологами, а також відпустка для догляду за дитиною до досягнення нею трирічного віку (у певних випадках — до шести років). Під час таких відпусток за жінкою зберігається місце служби та посада. До військовослужбовців-жінок, які мають дітей віком до 18 років, не може бути застосовано таке стягнення, як арешт з триманням на гауптвахті.

У період воєнного стану права жінок-військовослужбовців на звільнення або відпустки мають певні особливості. Законом України «Про військовий обов'язок і військову службу» (ст. 26, ч. 5) передбачено право на звільнення з військової служби під час воєнного стану у зв’язку з вагітністю, у зв’язку з перебуванням у відпустці для догляду за дитиною, у разі, якщо обоє з подружжя проходять службу і мають дитину, один з них (за вибором, часто це жінка) має право на звільнення.

Висновки:

1. Законодавство України гарантує рівність чоловіків і жінок у військовій сфері, водночас включаючи положення, що спрямовані на захист прав жінок, зокрема в аспектах, пов'язаних із материнством та умовами праці

2. Жінки-військовослужбовці в Україні мають можливість обирати майже будь-яку військову спеціальність, якщо відповідають кваліфікаційним і медичним критеріям.

3. Особливості виконання службових обов'язків полягають у забезпеченні умов, які враховують фізіологічні особливості жінки, при цьому не обмежуючи її професійної реалізації та прав.

Посилання

1. Конституція України: Закон України від 28.06.1996 р. № 254к/96- ВР. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text.
2. Про військовий обов'язок і військову службу: Закон України від 25.03.1992 р. № 2232-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2232- 12#Text.
3. Про соціальний і правовий захист військовослужбовців та членів їх сімей: Закон України від 20.12.1991 р. № 2011-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2011-12#Text

КАЧКА ЯК ЕЛЕМЕНТ МІФОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ СВІТУ В СЛОВ'ЯНСЬКІЙ ЧАРІВНІЙ КАЗЦІ

Студентка О.В. Разінькова
Керівник - доц., канд. істор. наук М.В. Єльников
Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна

Постановка проблеми. У слов'янській міфо-фольклорній традиції образ птаха посідає особливе місце, проте функціональна роль саме водоплавного птаха - качки - у чарівній казці досі не отримала системного аналізу. Наявні дослідження здебільшого зосереджуються або на структурі казки, або на окремих сюжетах (зокрема про смерть Кощія), не розглядаючи їх у ширшому космогонічному контексті.

Актуальність теми. Вивчення архаїчного світогляду, символів та образів, які формували культурну свідомість наших предків і тісно вплетені в народну уяву, є першочерговим завданням сучасної фольклористики. Адже цей архаїчний світогляд у трансформованому виді й досі є частиною нашого повсякденного життя, він впливає на нашу психологію та підсвідомість.

Метою статті є з'ясування міфологічної природи образу качки та визначення його місця в реконструкції архаїчної моделі світу, відображеної у чарівній казці.

Теоретико-методологічні засади дослідження. Теоретичною основою роботи є морфологічний аналіз чарівної казки, розроблений В. Я. Проппом, який довів структурну сталість функцій у казковому сюжеті. Порівняльно-міфологічний метод дозволяє співставити казкові мотиви з архаїчними космогонічними уявленнями, зокрема з поширеним у різних народів мотивом «птаха-пірнальника», що творить світ із первісних вод.

Матеріалом дослідження стали чарівні казки зі збірки О. Н. Афанасьєва, в яких фігурує образ качки.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Космогонічний міф і архетип водоплавного птаха.

У слов'янській міфо-фольклорній традиції присутні образи птаха-деміурга, качки - хранительки життєвої сили, а також мотив перетворення людини на птаха. Ці міфи показують уявлення наших предків про походження світу, життя та смерть. Чарівна казка, що зберегла ці мотиви, постає не як довільна фантазія, а як пізня, художньо переосмислена форма давнього міфу.

Космогонічні уявлення дають образ первинного світового океану - хаотичної, неоформленої стихії. У цьому первинному просторі з'являється ключова постать - водоплавний птах. Він може бути качкою, нирцем, рідше - гусаком або лебідю, однак його функція залишається незмінною. Птах пірнає у первісні води, дістає з дна мул, пісок або грудку землі, з яких згодом виникає суша, а отже - впорядкований світ. Таким чином, водоплавний птах виступає в ролі деміурга - першотворця, а також посередника між хаосом і космосом.

Архаїчність цього образу підтверджується його широкою географією та глибиною походження: подібні сюжети відомі в міфології народів Азії, Європи та Америки [1, 4]. Образ водоплавного птаха, ймовірно, сягає палеолітичного світогляду, в якому вода осмислювалася як першооснова буття, а істота, що пірнає, - як єдиний посередник між небуттям і життям. Доречно тут згадати статуетку водоплавного птаха давністю 30 тис. рр. знайдену в печері Холє-Фельс в горах Швабська Юра (Німеччина) [5]. У пізніших формах народної свідомості космогонічний міф про прадавнього пірнальника втрачає статус «істини», проте його структура продовжує існувати у фольклорі - насамперед у чарівній казці.

Визначення поняття «чарівна казка».

Для подальшого аналізу чарівної казки треба її виокремити з масиву інших казок. Однозначної класифікації казок й досі не існує, але базуючись на роботах Проппа, Вундта, Афанасьєва та Аарне можна умовно розбити казки за наступними категоріями:

1. Казки про тварин. Тут тварини ведуть себе як люди (напр. "Лисиця та журавель").

2. Побутові казки. В них немає магії, перевтілення. Дія відбувається в реальному світі з реальними людьми (напр. "Як солдат кашу варив").

3. Кумулятивні (ланцюжкові) казки. Одна і та сама дія багаторазово повторюється (напр. "Ріпка").

4. Докучні казки. Це казки-жарти, які не закінчуються (напр. "У попа була собака").

5. Небилиці. Тут розповідається про наперед неможливі речі (напр. "Як був мій дід маленький, а батька ще на світі не було, так ми з дідом чумакували.").

6. Чарівні або міфічні казки. Вони становлять центральний та найбагатший жанр. Вчені вважають, що чарівна казка - це «внучка» міфу. Ці казки довгі та складні за сюжетом. Головний герой - людина (Іван-царевич, Попелюшка). Обов'язково є чарівні помічники та артефакти. Але вони вирізняються не просто магією, а строгим сюжетом та структурою.

Ця стійкість структури особливо виразно простежується в морфологічному аналізі чарівної казки, розробленому В. Я. Проппом. Попри величезну різноманітність сюжетів і персонажів, чарівні казки демонструють разючу одноманітність будови. Вони складаються з обмеженого набору функцій, що слідують у суворій послідовності [3]. Таку єдність неможливо пояснити ані запозиченням з одного джерела, ані побутовими умовами. Сам Пропп наголошував, що найімовірнішим поясненням є зв'язок казки з давніми релігійними та міфологічними уявленнями. Коли релігія занепадає й перестає бути об'єктом віри, її зміст не зникає, а трансформується в казку.

Образ качки в чарівній казці: функціональні моделі.

Збірка казок Афанасьєва є самою відомою та найбільш об'ємною збіркою східнослов'янських казок, записаних та вперше виданих ще у 1855-1863 рр. Було виділено та проаналізовано саме чарівні казки. Аналіз текстів дозволяє виокремити три основні функціональні типи образу качки. Нумерація казок подається за Афанасьєвим [2].

1. Качка як носій життя.

Найвиразнішим прикладом є сюжет про смерть Кощія Безсмертного (казки № 156, 157, 158, 160, 269). Життєва сила персонажа винесена за межі його тіла та вкладена в послідовність об'єктів: яйце — качка — заєць — скриня — дуб. Казка № 162 являє собою варіант, де у такій самій послідовності предметів та тварин, як і у вищезгаданих казках, ховається смерть Змія. Таке нагромадження речей часто сприймають як фантастичне ускладнення сюжету, однак при міфологічному аналізі виявляється чітка символічна логіка. Яйце є універсальним космогонічним символом, мікромоделлю Всесвіту. Качка в цій структурі виконує функцію хранительки життя. Її водна природа пов'язує її з первісною стихією, а здатність до пірнання - із мотивом переходу між світами. Перекази про Кощія були сформовані ще коли у людей не склалося поняття душі. В яйці качки міститься не душа, а саме життя Кощія. Сам Кощій є безсмертним, але з деякою особливістю - він і не мертвий, і не живий. Не завжди смерть Кощія знаходиться на кінчику голки, це може бути і камінчик у яйці. Цікаво, що таємницю місця, де схована смерть, майже завжди розкриває жінка - чи то Яга, чи полонянка, чи подруга Кощія. Ця закономірність заслуговує окремого аналізу, адже, можливо, вона перегукується з образом біблійної Єви, яка позбавила людей безсмертя і не власними руками, а через Бога; у казці ж подібний акт здійснюється через Героя.

В більш пізніших традиційних уявленнях образ птаха зберігається. Душа може відлітати уві сні та при смерті (саме літати), ховатися за межами тіла.

Форма душі уявляється як птаха, метелик або дихання.

На основі аналізу можна реконструювати приховану модель світу:

Космогонічний міф: первісні води → водоплавний птах → яйце / мул → світ.

Чарівна казка: вісь світу (дуб) → межа (скриня) → земний рівень (заєць) → посередник (качка) → життя (яйце).

Таким чином, казковий сюжет відтворює архаїчну космогонічну схему в прихованій формі.

2. Качка як носій сакральних цінностей.

У низці сюжетів качка містить або породжує надзвичайну цінність - любов, владу або багатство.

2а. В качці знаходиться любов царівни.

У казці «Цар-дівиця» (№ 232) любов царівни фактично винесена за межі її тілесності та пов'язана з качкою. Той, хто заволодіє качкою, отримає і любов, і царівну. Так, ніби душу царівни, спроможність до почуттів вийняли з тіла і перенесли у качку. Сама ж царівна і не жива, не мертва, а знаходиться в якомусь пограничному стані.

2б. В качці знаходиться багатство.

В інших сюжетах качка має золоте пір'я або несе золоті й срібні яйця (№ 182, 195, 196). Золотий колір і походження з «тридев'ятого царства» підкреслюють її зв'язок із потойбічним простором. Отримання качки означає відновлення життєвого порядку, достатку та соціального статусу героя. Наприклад у казці № 196 зазначено, що той хто з'їсть голову качки - стане царем, а хто з'їсть її серце - стане багатієм. Можливо з таких давніх вірувань і походить наша традиція засмажити качку на велике свято (в Північній Америці за відсутністю качок та великою кількістю диких індичок ця традиція трансформувалася у поїдання індички на День Благословення).

3. Метаморфоза: перетворення людини на качку.

Третій тип сюжетів пов'язаний із перетворенням людини на водоплавного птаха, найчастіше на качку (№ 213, 219, 222, 264, 265).

Архаїчні уявлення пояснюють цю символіку. Перетворення відображає тимчасове перебування в іншому світі, а повернення людської подоби - відновлення космічної рівноваги. Ці сюжети зберігають давнє уявлення про душу як про птаха, здатного залишати тіло уві сні, в момент смерті або внаслідок чарів. Особливо виразно це простежується в образах лебединих дів, дів-утиць і зачарованих дружин, які змушені залишати людський світ, приймаючи пташину подобу.

Зв'язок птаха і душі підтверджується численними етнографічними даними. У народних віруваннях дух може вилітати з тіла та повертатися в нього, ховатися поза тілесною оболонкою. З цим зв'язані і тотемні вірування, коли після смерті людина перетворюється в тотемну тварину. У цьому контексті перетворення людини на качку виявляється не фантастичним перевтіленням, а міфологічно вмотивованим переходом у стан, близький до смерті або перебуванням в іншому світі. Образи качки, яйця, перетворень,

утечі й повернення з іншого світу займають у цій системі особливе місце. Вони пов'язані з ключовими функціями шкоди, нестачі та ліквідації біди.

Ще й досі подекуди є народні танці коли людина танцюючи перевтілюється в качечку. В основному його виконують жінки дрібно тупочачи ногами, витягуючи шиї та відставляючи назад руки.

Перетворення людини на качку, є двох видів:

3а. Добровільна метаморфоза.

У казках № 219, 222 Василиса Премудра обертається сірою качкою; царевича обертає селезнем. У казці № 213 дві срібні качки й одна золота, обернувшись дівчатами, купаються на узмор'ї. А в казках № 167, 220 качок вже по дванадцять. В казці № 225 качок ще більше: «Іван Царевич дійшов до моря синього. По одну сторону моря синього плаває сімдесят сім качечок, по іншу сторону огорожа стоїть, на огорожі висять всі людські голови».

3б. Насильницька метаморфоза.

Людину перетворили на качку в результаті чиєїсь злої волі, шкідництва. У казках № 264, 265 відьма перетворює героїню на качку. Ми знаємо відому казку про царівну-жабу, але про царівну-качку казка менш відома.

Наведемо цитату з казки № 265: "*Жіночка вдарила її по спині: «Пливи ж ти, - каже, - білою качечкою!» І поплила княгиня білою качечкою…"*. І далі з тої ж самої казки:

"...Люта змія, підколодна:
Відібрала в вас батька рідного,
Батька рідного - мого чоловіка,
Потопила нас у швидкій річеньці,
Обернула нас на білих качечок,
А сама живе - величається!"

Тут бачимо чітке ототожнення смерті (утоплення) з перевтіленням у качок.

Висновки:

1. Образ качки у слов'янській чарівній казці має глибоке міфологічне підґрунтя. Його функції відповідають архетипу водоплавного птаха-деміурга. Казкові сюжети є трансформацією архаїчної космогонічної моделі та яку накладені вірування у безсмертя, розділення тілесного та духовного, тотемізм та анімалізм.

2. У роботі запропоновано розподіл усіх казок на категорії, де чарівна казка є однією з них. Серед чарівних казок виділені ті, які описують качок та проведено їх класифікацію за трьома функціональними типами: качка як носій життя; качка як носій сакральних цінностей; метаморфоза: перетворення людини на качку.

3. Показано, що качка в чарівній казці постає не випадковим персонажем, а елементом глибинної міфологічної системи, що репрезентує уявлення про життя, смерть і космічний порядок. Чарівна казка перестає бути «правдою», у яку вірять, але залишається формою колективної пам'яті, в якій міф продовжує жити, прихований під покровом вигадки.

4. Символ качки міцно увійшов у наше повсякденне життя: він присутній у вишивці на одязі, у народних танцях, у святкових стравах. А шкатулочки щастя та гумові каченята для ванни стали символами радості, благополуччя та психологічного комфорту.

Посилання

1. Калевала : фінський народний епос / пер. з фін.: Є. Тимченка. Київ : Основи, 1995. С. 23 - 24.
2. Народные русские сказки А. Н. Афанасьева : в 3 т. / сост.: В. Я. Пропп. Государственное издательство художественной литературы, 1957. 1616 с.
3. Пропп В. Я. Морфология сказки. Ленинград : Academia, 1928. 152 с.
4. Leeming D. A. Creation myths of the world : an encyclopedia. Santa Barbara : ABC-CLIO, 2009. 602 p.
5. Riede K. Characterization of biodiversity. *Biodiversity: Structure and Function. Vol. 1* / ed. by W. Barthlott, K. E. Linsenmair, S. Porembski. Oxford, 2015. P. 31 - 67.

STYLISTIC FEATURES OF DIALOGUES IN ENGLISH-LANGUAGE CINEMATOGRAPHY

Student A. Rudenko
Supervisor - Associate Professor, PhD L. Karmazina
Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

In modern cinematography, dialogue plays a much bigger role than simply exchanging information between characters. In fact, it often becomes one of the main tools of meaning-making. Through dialogue, the viewer can understand the emotional state of the characters, their worldview, and even the social and cultural background of the story [1;2]. The speech of the characters gives important information about their personalities, inner conflicts, social environment, and the development of the plot [3].

At the same time, dialogue in film does not exist separately from everything else. It works together with the visual image, intonation, facial expressions, gestures, and editing, and all these elements form a complete system of cinematic discourse [4]. In modern linguistic studies, film discourse is often understood as a multimodal semiotic system in which the verbal component interacts with visual, acoustic, and kinetic codes [2]. Unlike a literary text, where meaning is created mostly through words, film dialogue functions in a space where different sign systems are combined, and this significantly increases its semantic potential and influence on the viewer [4].

The relevance of this research is determined by the active development of English-language cinema, which not only reflects current language tendencies but

also influences the formation of new communicative models [5]. Modern screenwriting shows clear changes in speech patterns, and these changes are connected with digital culture, social media, and globalization [1]. So, cinema does not only mirror language. In some way, it also shapes it. The scientific novelty of the research lies in the analysis of modern strategies of cinematic discourse that still have not been fully described in linguistic studies. The practical value of the work is connected with the possibility of using its results in audiovisual translation and in teaching English.

The aim of the research is to provide a complex analysis and systematization of the stylistic features of dialogues in English-language cinematography.

To achieve this aim, the following tasks were set:
– to examine theoretical approaches to dialogue as a form of speech activity;
– to characterize the lexical and syntactic features of film dialogues;
– to analyse stylistic devices in dramatic and comedic works;
– to determine the functional role of dialogue in shaping an artistic image.

In a broad linguistic sense, dialogue is a fundamental form of speech activity based on a two-sided or multi-sided exchange of information between participants in communication [3]. It consists of successive utterances that are logically and semantically connected and presuppose activity, mutual understanding, and the ability of speakers to adapt their speech to one another [3]. Unlike monologue, which is one-directional, dialogue ensures dynamic development of thought through interaction, clarification of context, cooperation, or opposition of positions. This understanding is closely related to the idea of dialogism developed by M. Bakhtin, who considered dialogue to be a fundamental form of cultural and linguistic interaction [6,7].

In a literary text, dialogue plays an important role in plot development because through the exchange of utterances the motives of actions, conflicts, tension, and the movement of events are revealed [7]. Its verbal form often includes subtext, hints, and emotional shades, which create the multilayered character of artistic meaning [7]. That is why dialogue is never just conversation. Very often it carries more than what is directly said.

The functions of dialogue differ in different media spheres because each of them has its own way of presenting and perceiving information [2;8]. In literature, dialogue performs artistic and compositional tasks. In film, it complements the visual image and helps create emotional tension [4]. On television, dialogue ensures informational and communicative interaction with the audience. So the same form may work differently depending on the medium.

The typology of dialogues reflects the variety of communicative situations and makes it possible to classify dialogic interaction according to its dominant function, such as informing, expressing emotions, conflict, everyday communication, or expressiveness [3;8].

The construction of dialogue in English involves a close interaction of grammar and pragmatics [9]. The pragmatic aspect of film dialogue is connected with the realization of communicative intentions, the implicit meaning of an utterance, and

the reaction of the addressee [10]. In many cases, the real meaning of a remark becomes clear only through subtext, intonation, or situational context. Grammatical accuracy is combined with economy of expression, while pragmatic strategies ensure cultural appropriateness, politeness, and the effective achievement of communicative goals [9]. This makes English dialogue flexible, dynamic, and natural in different communicative situations.

The speech of characters in films and TV series is marked by a wide range of lexical means that reflect their social status, age, profession, education, and emotional state [5]. One of the most noticeable features of film dialogue is the use of slang, which reproduces an informal communicative environment and marks the social belonging of characters.

This can be seen very clearly in youth-oriented films and series, where characters often use words like *cool*, *gonna*, *hang out*, or *no way*. Such vocabulary makes their speech sound more natural and closer to everyday communication. It also helps the audience, especially younger viewers, identify with the characters more easily.

Jargon is also used to show the specificity of a certain professional or social group and to create the effect of realistic speech [4;5]. For example, in detective series one can often hear police vocabulary, while in medical dramas the dialogues include medical terminology. These elements are important because they help create believable fictional worlds.

Idioms and phraseological units also play an important role. Expressions like *break the ice* or *hit the nail on the head* make speech more figurative and emotional. They can reveal the inner state of a character, create a humorous or dramatic effect, and make dialogue more expressive. Sometimes such phrases sound simple, but in context they work very well.

Modern films also actively use neologisms, that is, new words and expressions that appear under the influence of contemporary culture, technology, and social media [1;5]. Words such as *selfie* or *binge-watch* are already familiar to many viewers, but they are still very telling examples. They show how cinematic language changes together with society and becomes closer to real modern communication.

Stylistic devices in film and television dialogues perform a very important function: they make the speech of characters brighter, more emotional, and more expressive, and they also help convey personality, feelings, and the mood of a scene [6].

Among the most common stylistic devices are:
– metaphor;
– irony and sarcasm;
– hyperbole;
– repetition;
– rhetorical questions, etc.

Each of these devices can influence the way a scene is perceived. For example, repetition often emphasizes emotional tension. Irony may create humor, but

sometimes it can also show distance, disappointment, or even hidden aggression. Rhetorical questions, in turn, are often used to express doubt, surprise, or inner conflict [6]. In other words, stylistic devices shape not only the dialogue itself but also the emotional tone of the whole episode.

The syntax of English-language dialogues in films and TV series differs greatly from written or formal language because it has to reflect natural spoken communication. The use of certain syntactic structures helps create rhythm, emotional colouring, and authenticity of characters' speech [6]. Short sentences, incomplete constructions, interruptions, pauses, and exclamations are especially typical here. Real people do not always speak in grammatically perfect sentences, and film dialogue usually tries to imitate this.

The stylistic features of dialogues in comedy series have a different functional orientation. In such works as *Friends* and *The Big Bang Theory*, dialogue performs primarily a humorous and socially identifying function. The speech of the characters is full of irony, wordplay, cultural allusions, and fast exchanges of remarks. This creates a dynamic communicative rhythm and also helps show the individuality of each character. In *The Big Bang Theory*, for example, scientific and professional vocabulary often functions not only as a characteristic feature of the персонаж but also as a source of comic effect.

In dramatic films, on the contrary, the stylistics of dialogues is aimed more at creating psychological tension and conveying the individual manner of speech of a character. Based on the films *Forrest Gump* and *The Curious Case of Benjamin Button*, it is possible to trace characteristic stylistic features of dramatic cinematic discourse. In *Forrest Gump*, the speech of the main character is simple and direct, but this simplicity becomes stylistically meaningful because it emphasizes his sincerity and naivety. In *The Curious Case of Benjamin Button*, dialogues are more philosophical and reflective. They often contain metaphoric meanings and create a thoughtful, even meditative atmosphere. So although both films belong to drama, their dialogues work in different ways.

Conclusions

The conducted research made it possible to generalize the linguistic and stylistic characteristics of English-language film dialogues and to determine their functional role in the structure of an artistic text. The study has shown that dialogue is a key element of the artistic text because it performs not only a communicative function but also contributes to the revelation of characters, the creation of atmosphere, and the development of the plot.

It has also been established that modern screen language is characterized by conciseness, dynamism, and the multilevel functioning of dialogue, as well as by the integration of verbal, visual, and acoustic means for achieving maximum communicative effect. This is one of the most interesting aspects of cinematic discourse. Dialogue in film is never just speech on its own. It always interacts with other elements.

Thus, film dialogue functions not only as a channel of information transfer but also as a complex artistic mechanism of meaning formation and representation of

the modern linguistic worldview. Its complex linguistic analysis makes it possible to understand more deeply the transformations of the English language under the conditions of digitalization, media culture, and globalization.

References

1. Селіванова О. О. Сучасна лінгвістика: напрями та проблеми. Полтава : Довкілля-К, 2008. 712 с.
2. Шевченко І. С. Дискурс як когнітивно-комунікативний феномен**.** Київ : Логос, 2005. 280 с.
3. Бацевич Ф. С. Основи комунікативної лінгвістики. Київ : Академія, 2004. 344 с.
4. Денисенко О. В. Особливості англомовного кінодискурсу. Київ : КНЛУ, 2019. 210 с.
5. Петренко В. О. Лексико-стилістичні особливості англомовних фільмів. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2021. 198 с.
6. Ткаченко М. І. Прагматичні аспекти англомовного діалогу. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2018. 240 с.
7. Кочерган М. П. Загальне мовознавство. Київ : Академія, 2010. 464 с.
8. Бахтін М. М. Естетика словесної творчості. Київ : Мистецтво, 1996. 416 с.
9. Селіванова О. О. Основи теорії мовної комунікації. Черкаси : ЧНУ, 2011. 350 с.
10. Бацевич Ф. С. Нариси з лінгвістичної прагматики. Львів : ПАІС, 2010. 336 с.

СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ЛІДЕРСЬКИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ОФІЦЕРА

Курсант С.В. Сембрат
Керівник - викладач Р.З. Камінський
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми

У сучасних умовах військова служба потребує від офіцера не тільки професійних знань і навичок управління підрозділом, а й розвинених лідерських якостей. Від того, наскільки командир здатний організувати роботу підлеглих, підтримувати дисципліну та моральний стан особового складу, значною мірою залежить ефективність виконання бойових і службових завдань. Особливо це важливо в умовах сучасних воєнних викликів, коли швидкість прийняття рішень та згуртованість підрозділу можуть мати вирішальне значення.

У військових колективах офіцер виступає не лише керівником, а й лідером, який впливає на підлеглих своїм авторитетом, поведінкою та особистим прикладом. Саме тому формування лідерських компетенцій є важливою складовою підготовки майбутніх офіцерів. Проте цей процес залежить не тільки від рівня військової освіти або професійної підготовки. Значну роль відіграють соціально — психологічні чинники, які формують стиль керівництва, характер взаємин у колективі та рівень довіри між командиром і підлеглими.

У зв’язку з цим виникає потреба дослідити, які саме соціально — психологічні чинники впливають на розвиток лідерських компетенцій офіцера та як вони проявляються у військовому колективі.

Мета дослідження

Метою дослідження є визначення основних соціально — психологічних чинників, що впливають на формування лідерських компетенцій офіцера, а також аналіз їх значення для ефективного управління військовим підрозділом.

Результати дослідження

Проведений аналіз наукових джерел та особливостей військової діяльності дозволяє визначити декілька основних соціально — психологічних чинників, які впливають на формування лідерських компетенцій офіцера.

Першим важливим чинником є особистісні якості командира. До них належать відповідальність, рішучість, впевненість у власних діях, самодисципліна та здатність приймати рішення у складних умовах. Офіцер повинен бути готовим брати на себе відповідальність за підлеглих та за результати виконання поставлених завдань. Саме ці риси формують авторитет командира та сприяють довірі з боку особового складу.

Другим чинником є ефективна комунікація у підрозділі. У військовій діяльності велике значення має чітка передача інформації, правильне розуміння наказів і злагоджена взаємодія між військовослужбовцями. Офіцер повинен уміти не лише віддавати накази, а й пояснювати завдання, слухати підлеглих та підтримувати зворотний зв’язок. Це допомагає уникати помилок і підвищує ефективність виконання поставлених задач.

Наступним важливим чинником є соціально — психологічний клімат у військовому колективі. Позитивна атмосфера у підрозділі сприяє підвищенню мотивації військовослужбовців, зміцненню дисципліни та формуванню взаємної підтримки. Якщо між військовослужбовцями існує довіра та взаємоповага, підрозділ працює більш злагоджено і ефективно. У такому середовищі командир має більше можливостей впливати на колектив і організовувати спільну діяльність.

Важливу роль відіграє і приклад самого офіцера. У військовому середовищі поведінка командира часто сприймається як зразок для наслідування. Якщо офіцер демонструє дисциплінованість, справедливість, професіоналізм та повагу до підлеглих, це позитивно впливає на весь

колектив. Особовий склад починає більше довіряти командиру та відповідальніше ставитися до виконання своїх обов'язків.

Також значним чинником є рівень згуртованості військового підрозділу. Згуртованість формується через спільну діяльність, взаємну підтримку та усвідомлення спільної мети. У згуртованому колективі військовослужбовці краще взаємодіють між собою, швидше реагують на накази та ефективніше виконують поставлені завдання. У таких умовах роль офіцера як лідера стає ще більш важливою, адже саме він організовує роботу колективу та спрямовує його на досягнення результату.

Не менш важливим чинником є рівень мотивації військовослужбовців. Командир повинен розуміти потреби та настрої підлеглих, підтримувати їх моральний стан і формувати у них відповідальне ставлення до служби. Висока мотивація сприяє підвищенню дисципліни, ініціативності та готовності діяти у складних умовах.

Таким чином можна зробити висновок, що формування лідерських компетенцій офіцера відбувається під впливом комплексу взаємопов'язаних соціально — психологічних чинників. Вони формують стиль керівництва, рівень довіри у колективі та ефективність взаємодії між військовослужбовцями.

Висновок

Отже, соціально — психологічні чинники відіграють важливу роль у формуванні лідерських компетенцій офіцера. Серед основних з них можна виділити особистісні якості командира, ефективну комунікацію, позитивний психологічний клімат у підрозділі, особистий приклад офіцера, згуртованість колективу та рівень мотивації військовослужбовців.

Розвиток цих чинників у процесі підготовки майбутніх офіцерів сприятиме формуванню ефективних командирів, здатних організувати роботу підрозділу, підтримувати дисципліну та забезпечувати успішне виконання службових і бойових завдань. Тому врахування соціально — психологічних аспектів під час військової підготовки є важливою умовою формування сучасного військового лідера.

Посилання

1. Теорія і методика формування лідерської компетентності офіцерів Збройних сил України. https://lnk.ua/whPhikyEC
2. Луценко Б. Педагогічні умови формування лідерських якостей у майбутніх офіцерів-командирів Національної гвардії України // Педагогіка та психологія. 2020. № 1. С. 112-121.

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕКТОРНИХ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ СЕМАНТИЧНОГО ПОШУКУ ПО РОБОЧИХ ПРОГРАМАХ ДИСЦИПЛІН ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Студент І. М. Солод
Керівник – доц., доктор філософії О. О. Жеваго
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

У сучасних закладах вищої освіти (ЗВО) накопичуються сотні робочих програм дисциплін (РПД), що містять структуровану інформацію про зміст курсів, результати навчання та компетентності. Проте ефективного інструменту для змістового пошуку за цим масивом документів наразі не існує. Традиційний пошук за ключовими словами не враховує семантичну близькість понять: він повертає нерелевантні результати або пропускає документи, де відповідна тема описана іншими термінами. Це ускладнює такі практичні задачі, як виявлення тематичних перетинів між дисциплінами, пошук дублювання навчального матеріалу та аналіз повноти покриття компетентностей освітньою програмою.

Дослідження останніх років демонструють активне застосування методів обробки природної мови (NLP) для аналізу освітніх документів. Зокрема, embedding-моделі на основі архітектури Transformer використовувалися для оцінки подібності навчальних курсів та побудови семантичних пошукових систем для освітнього контенту [1, 2]. Водночас більшість досліджень зосереджена на порівнянні курсів між різними закладами, тоді як задача семантичного пошуку по РПД одного закладу залишається мало дослідженою.

Метою цього дослідження є розробка прототипу системи семантичного пошуку по робочих програмах дисциплін ЗВО з використанням векторної бази даних. Запропонований підхід передбачає такий конвеєр обробки даних: вилучення тексту з документів РПД → сегментація на фрагменти з урахуванням структури документа → перетворення кожного фрагмента у векторне представлення за допомогою embedding-моделі → збереження векторів у спеціалізованій базі даних → пошук за запитом користувача, введеним природною мовою.

Архітектура системи складається з п’яти основних компонентів. Джерелом даних є колекція РПД. Модуль попередньої обробки здійснює вилучення тексту, його очищення та поділ на семантично цілісні фрагменти. Для створення векторних представлень планується використання моделей сімейства sentence-transformers, зокрема multilingual-e5-large, що забезпечує підтримку української мови. Як векторну базу даних обрано ChromaDB завдяки відкритому вихідному коду та вбудованій підтримці метаданих, що дозволяє зберігати разом із вектором інформацію про назву дисципліни та

розділ РПД. Вебінтерфейс забезпечує введення запитів природною мовою та перегляд результатів із зазначенням ступеня релевантності.

Принцип роботи системи полягає у тому, що пошуковий запит користувача перетворюється embedding-моделлю у вектор, після чого у базі даних виконується пошук найближчих сусідів (k-nearest neighbors) за метрикою косинусної подібності. Результатом є ранжований перелік фрагментів РПД, семантично близьких до запиту, незалежно від точного збігу ключових слів.

Очікується, що запропонована система забезпечить: семантичний пошук по РПД; виявлення тематичних перетинів між дисциплінами шляхом порівняння їхніх векторних представлень. Практична цінність дослідження полягає у створенні інструменту, що може бути використаний при перегляді та оновленні освітніх програм, підготовці до акредитації та внутрішньому забезпеченні якості освіти.

Посилання

1. Y. Xu, Z. A. Pardos (2024). Extracting Course Similarity Signal using Subword Embeddings. In Proceedings of the 14th Learning Analytics and Knowledge Conference (LAK '24). ACM, New York, USA, 857–863. https://doi.org/10.1145/3636555.3636903.
2. D. Inani, J. Tang, R. Kuo (2025). Smart University Assistant: Leveraging Graph Databases and Vector Embeddings for Efficient Information Retrieval. IEEE IETC. https://doi.org/10.1109/IETC64455.2025.11039481.

MOTIVATION OF OSACEA STUDENTS TOWARDS PHYSICAL EDUCATION CLASSES

Students - A.E. Steriopolov, I.V. Harlamov, E.V. Lysenko, D.V. Hukalenko
Scientific advisor - senior lecturer A.I. Kravtsova
Odesa State Academy Of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine

The article examines the issue of internal and external motivation of students of OSACEA (Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture) to engage in physical education. The specific lifestyle of future engineers and architects is described, which directly affects their attitude to sports. The role of physical activity as a way to combat fatigue from studying and occupational diseases that arise due to a sedentary lifestyle according to drawings is considered.

Studying at OSACEA is a special challenge that is not for everyone. Being a student at our institution means getting used to constant intellectual workload, complex calculations, and endless graphic work. When you join OSACEA, you become part of a community where deadlines for course projects often become

more important than sleep.

In such a rhythm of life, physical education often finds itself in the last place on the list of priorities. However, this is where the main contradiction arises: the profession of a builder or architect requires tremendous health and endurance, and the path to this profession through education often exhausts this health. Therefore, the question of motivation to engage in sports becomes not just a question of "credit", but a question of the student's physical and psychological survival in the academy.

For a student of OSACEA, motivation for sports always passes through the prism of his main activity. Each faculty has its own characteristics, but the problems are similar for all.

Architects and designers spend a huge amount of time at tablets and computers. When you spend hours drawing small details of a facade or creating a 3D model of a building, your body is in a static, often uncomfortable position. Your neck, shoulders, and back become “wooden,” and your concentration drops. At such a moment, the motivation to go to physical education arises as a natural need of the body to simply survive. The student begins to understand that if he does not do at least a minimal warm-up, he simply will not be able to finish his project.

Engineers and builders face a different kind of workload - a huge amount of theoretical knowledge and complex calculations. Higher mathematics, theoretical mechanics, resistance of materials - these subjects require maximum brain work. By the end of the school day, the head becomes "heavy", and a feeling of complete apathy arises. Here physical culture acts as the only available way to "reboot". The motivation becomes the desire to dump this mental load and stop thinking about beams, foundations and stresses in metal for at least an hour.

The motivation of a student at our academy is built on several levels that help him not to miss a beat in the gym:

Physical recovery. This is perhaps the strongest motivation. OSACEA students quickly understand that physical education is not about running for time, but about the opportunity to stretch muscles, relieve tension in the spine, and improve blood circulation. When the back pain that prevented sleep after a night of drawing disappears after playing sports, the motivation to continue practicing becomes reinforced concrete.

Psychological relaxation. The gym is a place where you can leave all your worries about failed exams or difficult tests. When a person is engaged in sports or works with weights, endorphins are released, which help fight stress and depressive states that often accompany students during the session.

Social comfort. At the academy, we often see each other only in the context of studying. Physical education gives us the opportunity to see our classmates as ordinary people, to laugh, to play as a team, and to establish friendly ties. This feeling of support and community is also a good incentive to come to classes.

Preparing for your future profession. Working on construction sites or supervising construction projects requires mobility. A true professional must be energetic and strong. Conscious students understand that their body is their tool,

and it must be cared for as carefully as expensive design software.

Of course, not everything is so simple. The main enemy of any activity in OSACEA is chronic fatigue. When the opportunity to sleep at least an extra hour is put on one side of the scale, and training on the other, the choice often becomes obvious. The lack of an individual approach is also very demotivating. If a student came after a difficult modular test, he does not want to pass endurance standards, he wants active rest.

Also, don't forget about external circumstances: schedule, weather, or living conditions. However, as practice shows, if a student has already experienced the real benefits of physical activity for his mental performance, he will always find the opportunity to go to the gym.

Conclusions:

The motivation of a student of OSACEA to engage in physical education is a difficult balance between understanding the benefits for health and combating the shortage of time. We study at an academy that creates the future of our country, builds cities and infrastructure. But in order to build something great, you need to have strength.

Physical culture becomes the very foundation on which successful learning is based. It gives energy, relieves stress and helps keep the body in good shape. Only by understanding that sports are not an additional burden, but an aid in learning, a student of OSACEA will be able to become not only a professional architect or engineer, but also a healthy, successful person.

References

1.Aseev V. G. Motivation of behavior and formation of personality / Volodymyr Georgievich Aseev – Moscow: ed. "Dumka", 1976 – 158 p. – (original work).
2.On physical culture and sports Law of Ukraine dated 24.12.1993 [Electronic resource]: legislation of Ukraine. Access mode to the law: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3808-12
3.Kostenko M. P. Legislative and regulatory support for the development of high-performance sports in Ukraine / M. P. Kostenko // Current problems of physical culture and sports: Collection of scientific works – K.: Naukovyi svit, 2003. – P. 12–17.
4.Leshchenko G. A. Formation of positive motivation of schoolchildren to systematic physical exercises: author's abstract of the dissertation for the degree of candidate of scientific sciences Ped. Sciences: 13.00.09 "Theory of Education" - Kryvyi Rih, 2002. - 20p.
5.VI Congress of Pediatricians of Ukraine: professional dialogue about the most important / Yu. G. Antipkin, R. A. Moiseenko, N. V. Khaitovich // Medical newspaper "Health of Ukraine - XXI century". - 2009. - No. 24/1. - P. 8-10.
6. Prysyazhnyuk S. I. Physical education. Textbook / S. I. Prysyazhnyuk. - K.: Center for Educational Literature, 2008. - 504 p.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ: ПОГЛЯД ЗДОБУВАЧА ОСВІТИ ДНІПРОВСЬКОГО ФАХОВОГО КОЛЕДЖУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Здобувач освіти Б.С. Тарасюк
Керівник - викладач О.С. Аксьонова
Дніпровський фаховий коледж енергетичних та інформаційних технологій, м. Дніпро, Україна

Метою даної роботи є дослідження використання технологій штучного інтелекту в освіті здобувачів освіти фахового коледжу та їхнього впливу на освітній процес.

Завдання – вивчення використання здобувачами освіти Дніпровського фахового коледжу енергетичних та інформаційних технологій технологій штучного інтелекту, оцінка їхнього впливу на навчальний процес, визначення переваг і ризиків застосування ШІ та дослідження ставлення студентів до інтеграції ШІ у роботу викладачів.

Штучний інтелект - це галузь інформатики, яка займається створенням систем, здатних виконувати завдання, що потребують інтелектуальної діяльності людини. До таких завдань належать аналіз інформації, розпізнавання тексту, генерація відповідей на запитання та створення програмного коду [1-3].

У сучасному освітньому середовищі технології штучного інтелекту здобувачі освіти можуть використовувати для [2-5]:

1) пошуку та аналізу інформації;
2) отримування пояснення складних тем;
3) написання текстів та рефератів;
4) створювати програмний код;
5) перекладати тексти;
6) готувати презентації;
7) створювати відео;
8) генерувати зображення;
9) і багато іншого.

Завдяки таким можливостям здобувачі можуть швидше знаходити необхідну інформацію та отримувати додаткові пояснення до освітього матеріалу.

З метою дослідження використання технологій штучного інтелекту здобувачами освіти першого курсу Дніпровського фахового коледжу енергетичних та інформаційних технологій було проведено опитування в якому взяли участь 59 респондентів.

Респондентам було запропоновано Google Форму, де потрібно відповісти на декілька запитань щодо використання сервісів штучного інтелекту під час навчання.

Результати опитування показали, що: 79 % здобувачів освіти регулярно використовують сервіси штучного інтелекту під час навчання, 18 % - користуються такими сервісами іноді; 3 % - не використовують їх у освітньому процесі (рисунок 1).

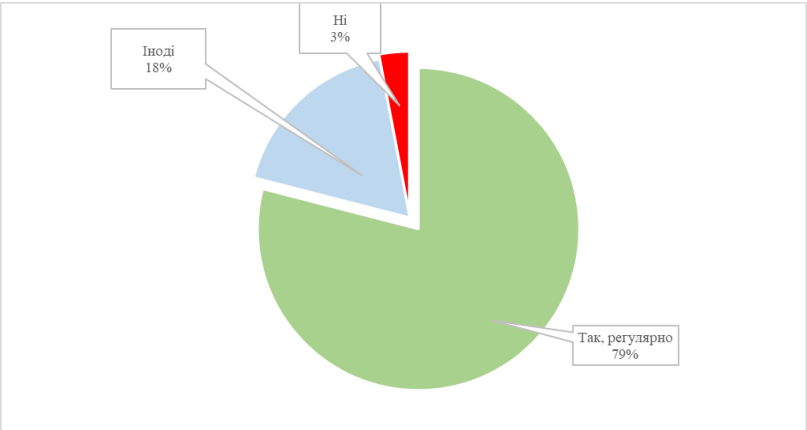


Рисунок 1 – Відповіді на питання анкети «Чи користуєтесь ви сервісами штучного інтелекту під час навчання?»

Результати показали, що найбільш популярним інструментом серед є ChatGPT – ним користуються близько 70 % респондентів для пояснення складних тем, пошуку інформації та написання текстів. Далі за популярністю йдуть NotebookLM (40 %) та Google Gemini (30 %), які використовуються для роботи з навчальними матеріалами та генерації ідей. Онлайн-перекладачі зазначили 25 %, а інструменти для програмування – 20 %. Менше респондентів використовують генератори зображень, презентацій та відео (15 %) або інші інструменти на свій розсуд (10 %). Це свідчить про активне використання різних технологій штучного інтелекту в освітньому процесі, як для пошуку та аналізу інформації, так і для творчих та практичних завдань.

На запитання «Як часто ви використовуєте інструменти ШІ у навчанні?» респонденти відповіли так: 36 використовують ШІ щодня, 16 студентів – щогодини, 6 студентів – 2-3 рази на тиждень, 1 студент (1,1 %) - 1 раз на тиждень. Відповіді «рідко» та «ніколи» не обрали жоден респондент. Результати свідчать, що більшість здобувачів світи активно застосовують інструменти ШІ у освітньому процесі, що дозволяє оцінити його вплив на розуміння навчального матеріалу.

На запитання «Чи допомагає використання штучного інтелекту краще зрозуміти навчальний матеріал?» респонденти відповіли наступним чином: 60 % - зазначили, що ШІ допомагає частково, 45 % використовують його для інших цілей, а 15 % вважають, що ШІ не допомагає. Результати свідчать, що більшість здобувачів освіти відчувають певну користь від застосування технологій штучного інтелекту у навчанні, хоча частина використовує їх для допоміжних чи творчих завдань, а не безпосередньо для кращого розуміння матеріалу.

На запитання «Які, на вашу думку, основні переваги використання штучного інтелекту в навчанні?» здобувачі освіти могли обирати декілька варіантів. Результати опитування показали, що найбільшою перевагою є економія часу при виконанні завдань, далі за популярністю йдуть швидкий доступ до необхідної інформації та можливість практикуватися у програмуванні. Всі інші варіанти показані на рисунку 2.

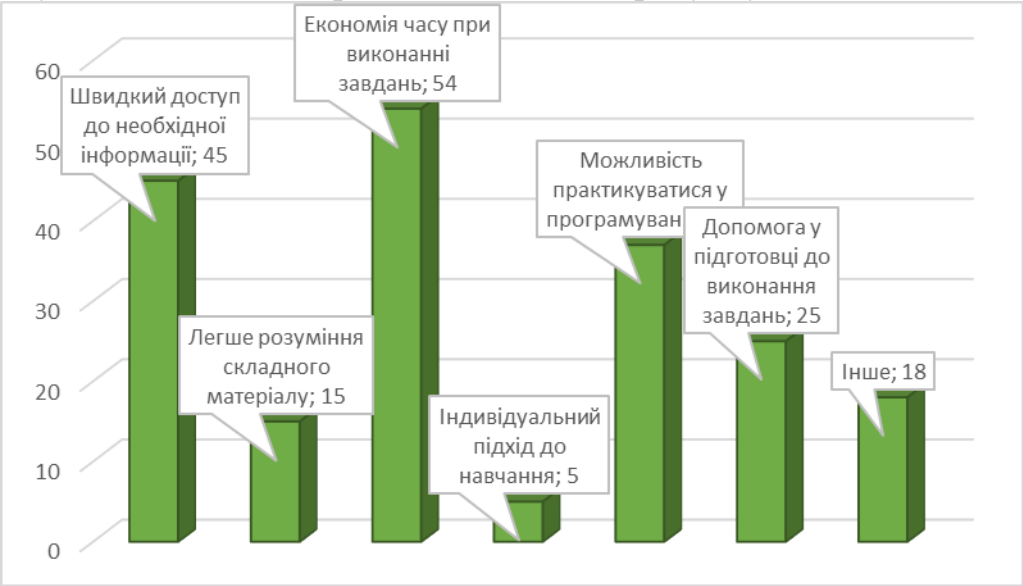


Рисунок 2 – Відповіді на питання анкети «Які, на вашу думку, основні переваги використання штучного інтелекту в навчанні?»

Отримані результати свідчать, що здобувачі освіти найбільше цінують ШІ як інструмент для економії часу, пошуку інформації та практичного опрацювання матеріалу, водночас менш популярними є індивідуалізація навчання та допомога у розумінні складних тем.

На запитання «Які основні недоліки або ризики використання ШІ в навчанні?» здобувачі могли обрати декілька варіантів. Найпоширенішими були неповна або неточна інформація (46 %) та можливість порушення академічної доброчесності (40 %).

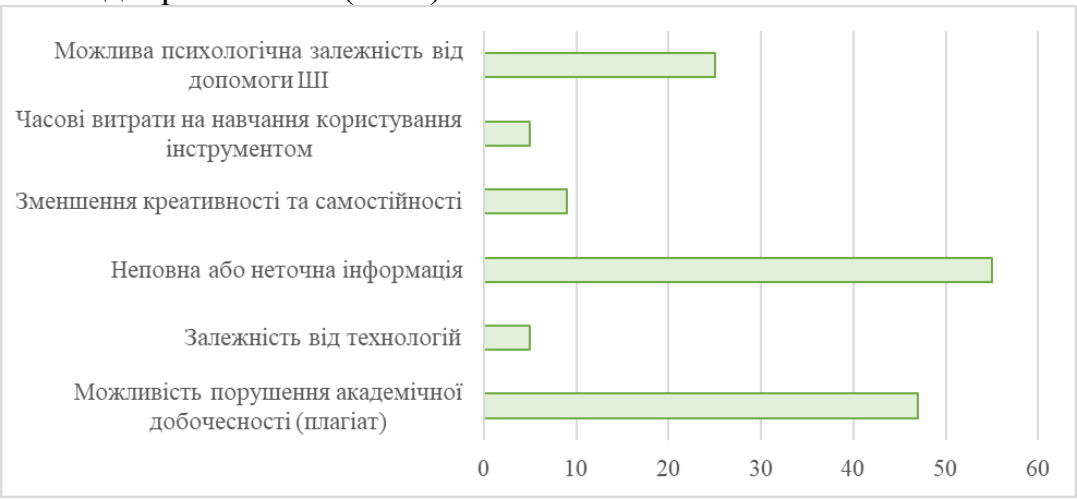


Рисунок 3 – Відповіді на питання анкети «Які основні недоліки або ризики використання ШІ в навчанні?»

Результати свідчать, що при використанні ШІ важливо працювати відповідально та контролювати достовірність отриманої інформації.

На запитання «Чи хотіли б Ви, щоб викладачі активно використовували ШІ у освітньому процесі?» респонденти відповіли наступним чином: 37 висловили бажання, щоб ШІ використовувався активно, 8 - вважають, що це доречно робити час від часу, 3 - відповіли «ні», а 11 не змогли визначитися. Ці результати свідчать про позитивне ставлення більшості здобувачів до інтеграції технологій ШІ у освітній процес і підкреслюють зацікавленість використанні сучасних інструментів для покращення якості освіти.

Висновки:

1. Проведене дослідження показало, що технології штучного інтелекту активно використовуються здобувачами освіти Дніпровського фахового коледжу енергетичних та інформаційних технологій. Більшість респондентів (79 %) застосовують сервіси ШІ регулярно, найбільш популярними є ChatGPT, NotebookLM та Google Gemini.
2. Основні переваги використання ШІ у навчанні, на думку студентів, полягають у: економії часу при виконанні завдань; швидкому доступі до необхідної інформації; можливості практикуватися у програмуванні та творчих завданнях.
3. Серед ризиків здобувачі відзначають неповну або неточну інформацію та потенційні порушення академічної доброчесності, що підкреслює необхідність відповідального та критичного використання ШІ під час навчання.
4. Опитування також показало позитивне ставлення здобувачів освіти до активного використання ШІ викладачами, що свідчить про зацікавленість у впровадженні сучасних технологій для підвищення ефективності освіти.
5. Отже, інтеграція технологій штучного інтелекту в освітній процес є перспективним напрямком, який сприяє підвищенню продуктивності, розвитку творчого мислення, за умови правильного використання та контролю достовірності інформації.

Посилання

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Hoboken : Pearson Education, 2021. 1136 p.
2. Taulli T. Artificial Intelligence Basics: A Non-Technical Introduction. Berkeley : Apress, 2019. 222 p.
3. Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development. Paris : UNESCO, 2021. 45 p.
4. Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence. Brussels : European Commission, 2019. 41 p.
5. ChatGPT : офіційний сайт. URL: https://chat.openai.com (дата звернення: 07.03.2026).

ФОРМУВАННЯ КРЕАТИВНОГО МИСЛЕННЯ СТУДЕНТІВ НА ЗАНЯТТЯХ З ГЕОГРАФІЇ

Викладач О.Л. Тищенко
Черкаський фаховий коледж харчових технологій та бізнесу, м. Черкаси, Україна

У сучасних умовах розвитку освіти особливої актуальності набуває проблема формування креативного мислення студентів. Суспільство потребує фахівців, здатних нестандартно мислити, аналізувати інформацію, знаходити альтернативні рішення та адаптуватися до швидких змін. Географія як навчальна дисципліна має значний потенціал для розвитку творчих здібностей студентів, оскільки поєднує природничі, соціально-економічні та просторові аспекти пізнання світу.

Креативність – це здатність відходити від шаблонних схем, бачити проблеми під іншим кутом та знаходити оригінальні рішення. Це бачення проблем під іншим кутом та їх вирішення унікальним способом [1].

Креативне мислення має цінність у всіх областях, де розвинена конкуренція. У цьому і полягає її цінність для суспільства. Креативні люди більш врівноважені і терпимі до оточуючих, адже вони знають, що кожна людина бачить світ по-своєму.

Життя доводить, що в складних умовах, які постійно змінюються, найкраще орієнтується, приймає рішення, працює людина творча, гнучка, креативна, здатна до використання нових ідей, задумів, підходів та рішень.

За даними Всесвітнього економічного форуму, до 2021 року креативність стала однією з трьох найважливіших навичок, які роботодавці цінуватимуть у своїх працівниках, поряд із критичним мисленням та комплексним вирішенням проблем.

Досвід роботи викладачем географії переконливо показує, що успішний розвиток творчих здібностей студентів неможливий без систематичного застосування в навчальній роботі завдань творчого характеру.

Під час вивчення географії студенти вчаться порівнювати, узагальнювати, прогнозувати та робити висновки, що є важливими складовими творчого мислення.

На заняттях географії студенти пізнають довкілля, де вони живуть, а також дізнаються про близькі та віддалені території. Вивчаючи, діти розуміють та усвідомлюють роль людини, її можливості у вирішенні проблем, які виникають у процесі освоєння навколишнього світу [2].

Використовую на заняттях матеріал, який дозволяє відкрити, з одного боку, творчі, можливості людини, з іншого, – її безвідповідальне ставлення до довкілля. Головна мета сучасної географії – підготувати і виховати географічно грамотного громадянина Землі з такими якостями особистості, які б забезпечили йому можливість нормальної життєдіяльності в природі.

На сучасному етапі розвитку освіти виникає необхідність оновлення методів, засобів та форм організації географічного навчання.

Найчастіше заняття починається з розминки, яка заміняє організаційний момент. Головна функція розминки – створення сприятливого мікроклімату для творчості на занятті. Підхід до організації розминки може бути різний. Один з них, який я застосовую найчастіше, – це обговорення девізу країни або епіграфу зняття. Наприклад, заняття «Країни світу» розпочинаю висловами відомих людей

Америка – не країна грошей, а країна багатства; не країна багатих людей, а країна успішних працівників. Генрі Форд,

Девіз Франції – свобода, рівність, братерство, як ви розумієте цей вислів?

Обговорення змісту девізу налаштовує дітей на творчий лад, сприяє формуванню потреби в осмисленні почутого.

На етапі актуалізації студенти пригадують все те, що вони знають з теми. Це їх змушує перевіряти свої власні знання та продумувати до дрібниць тему, над якою вони починають працювати. На цьому етапі використовую методичний прийом «Асоціативний кущ».

Часто використовую метод – «Вірю-не вірю», при застосуванні якого вимагається чітка, але обов'язково аргументована відповідь. Прийом «Закінчи фразу» сприяє розвитку уваги і логічного мислення, а також дає можливість швидко пригадати вивчений матеріал.

Найголовніший етап зняття – усвідомлення нового матеріалу, оскільки студент сам отримує та аналізує інформацію у вигляді схем, діаграм, таблиць, тексту, географічних карт. Необхідним компонентом усвідомлення є мозковий штурм. Цей метод можна використовувати при розв'язанні різних проблем – від найпростіших, відповідь на які є в підручнику:

- Чому в рельєфі Африки переважають рівнини?

- Чому річки Австралії на карті позначені пунктирною лінією?

До більш складних, наприклад:

- Запропонуйте власну програму порятунку екваторіальних лісів Амазонії.

Готуючись до заняття, стараюсь підготувати найбільше проблемних запитань, тому що вони спонукають студентів активно працювати, критично мислити, а не просто пасивно сприймати пояснення викладача.

Студентам доцільно запропонувати метод «Якби…», де вони кожен по-своєму уявляє дану ситуацію і пропонує свій варіант розвитку подій. Саме тут проявляється їхнє вміння нестандартно мислити.

- Якби українців було сто мільйонів, що б змінилося?

- Які відбулися б зміни в Україні, якщо б повернулися всі люди, що виїхали з держави?

Часто відповідь на поставлене запитання складається з певного ланцюжка міркувань, тобто встановлення причинно – наслідкових зв'язків. Таке завдання вимагає від дітей значної розумової діяльності. Тут необхідно

добре знати причини, вміти побудувати відповідь у потрібній послідовності і використати розгорнуте порівняння, тощо.

Проблемні ситуації, що породжують різні точки зору, розглядаємо під час проведення дискусії. Дискусія дає можливість студентам проаналізувати визначені проблеми, взаємодіяти один з одним, виявити різні позиції з даної проблеми або суперечливого питання [3].

Я пропоную такі теми для обговорення:

- Чий внесок у географічне пізнання Землі більш вагомий – Х. Колумба чи Магеллана?,
- У природи немає поганої погоди.

При вивченні фізичної географії України дискусійно розглядаємо такі питання:

- Чи можна вважати, що річки – продукт рельєфу і клімату?,
- Чи потрібні заповідники?,
- Що придбали та що втратили люди, освоївши степ?

Найкраще дискусія вдається при вивченні економічної та соціальної географії України та світу:

- Глобальні проблеми людства,
- Геоекологія і здоров'я людини,
- Ресурсозабезпеченість визначає рівень економічного розвитку та інші.

Технологія опрацювання дискусійних питань включає методи : «Прес», «Обери позицію».

Роботу над навчанням студентів дискутувати краще починати з технології метод «Прес». Цей метод допомагає навчитися знаходити вагомі аргументи і формувати свою думку відносно спірного питання; розбиратися у своїх ідеях, а також формулювати їх у вигляді чіткої та логічної структури. Ця стратегія може бути використана на будь-якому етапі заняття.

Наприклад, при вивченні теми «Транспорт» ставлю перед студентами проблемне питання «Який же вид транспорту ви оберете для себе?» Щоб дати відповідь на це питання, треба розглянути переваги і недоліки кожного виду, а потім студенти аргументують свої думки. В кінці пропонується визначити, хто був найбільш переконливим.

Метод «Обери позицію» допомагає навчитися обирати позицію відносно спірних проблем, висувати аргументи на захист свого вибору та прислухатися до аргументів тих, хто обирає іншу позицію. Даний метод досить вдалий для розв'язання таких проблемних питань, як «За і проти експлуатації атомних електростанцій», «Плюси й мінуси трудової міграції з території України», «Позитивні і негативні риси урбанізації».

Вивчення географії неможливе без використання різноманітних географічних карт та практичного їх застосування. Сучасний заняття географії відрізняється від інших навчальних занять саме наявністю карти і роботи з нею. У свій час влучно сказав про це видатний географ М.Баранський. Він підкреслював значення географічної карти, наголошував,

що: «карта не терпить пустих місць, пусті місця на карті сигналізують провали географічного дослідження»

Роботу з картою я організую як індивідуально так і в парах і групах, а коли проводиться контроль знань студентів – це, навіть, може бути самоконтроль. Неодмінно намагаюсь враховувати індивідуальні особливості студентів, тому пропоную завдання різного характеру, щоб було цікаво тим студентам, які мають певні захоплення та інтереси. Часто на своїх заняттях географії роботу з картою я проводжу у формі гри. Елементи гри на занятті займають небагато часу, вони допомагають урізноманітнити заняття, зробити його цікавим.

При використанні карт для розвитку креативного мислення я застосовую Гугл мапс. Коли ми шукаємо географічні об’єкти на паперових картах, ми можемо знайти відповідники на електронній карті. Сюди ми можемо прив’язати різні теми – розрахувати маршрут, час поїздки, визначити, яким видом транспорту можна доїхати і скільки це буде коштувати, розглянути географічне положення, туристичні місця, економіку та багато іншого. При вивченні теми «Рекреаційні ресурси світу» пропоную студентам скласти маршрут власної подорожі по туристичним місцях, які сподобалися. Для повторення пройденого матеріалу ми можемо прив’язати розв’язання задач: на якій висоті знаходяться ці об’єкти, визначити їх координати, кліматичний пояс…

Також пропоную студентам скласти інфографіку. Це може бути як електронний варіант, так і паперовий. Суть інфонографіки в тому, що це має бути небагато короткого тексту, але дуже змістовного по даній темі.

Розглядаючи тему «Природні зони» можна подивитися на географію з точки зору мистецтва: як зображена зона мішаних лісів у поезії, літературних та образотворчих творах?

Вивчаючи тему «Клімат» пропоную провести дослідження погоди за народними джерелами і засобами ЗМІ у своїй місцевості.

Студенти можуть провести дослідження «Світові системи харчування».

Студенти досліджують походження зернових та райони їх поширення в Україні, адже багато не знають, що батьківщина пшениці – Туреччина, а гречки – Індія.

Вивчаючи тему «Секторальна модель економіки» пропоную студентам попрацювати з логотипами брендів для кращого запам’ятовування. Наприклад, за відомим логотипом Макдональдс ми визначаємо, що це – харчова промисловість – сфера послуг-третинний сектор економіки.

Для самостійного опрацювання рекомендую такі види досліджень:

- Відновна електроенергетика в країнах Європи: регіональні особливості та відмінності.
- Національні парки Австралії як об’єкти міжнародного туризму.
- Панамериканське шосе – дорога через три Америки.
- Визначення оптимального маршруту руху між визначними об’єктами свого району за допомогою навігаційної карти своєї області.

- Ресурсний потенціал атмосфери своєї місцевості та приклади його використання.

- Деградовані ґрунти: причини і перспективи використання.

Також пропоную :

Гру «Мандрівник». Студенти самостійно шукають на фізичній карті «кольорові» моря та річки. Та команда чи той студент, що більше знайде назв, перемагають. (Моря – Червоне, Жовте, Біле, Чорне. Річки – Біла, Оранжева, Голубий Ніл, Білий Ніл).

- «Країни та їх столиці»

Цю гру можна провести при вивченні будь-якого материка, наприклад Південної Америки.

- «Географічне лото». З розрізаних шматочків скласти, якомога швидше, картинку певного материка, океану, озера, моря, острова і відповісти:

«Що зображено, що ви про цей географічний об'єкт знаєте?»

- «Краєзнавець». За контуром на карті відгадати країну певного материка, назвати її столицю.

- «Асоціація». На картках записати слова – асоціації, в яких відображається якась істотна риса, особливість тієї чи іншої держави. Необхідно відгадати країну, показати її на карті. Наприклад, «ця держава об'єдналась у 1989 р., займає провідне місце в світі за виробництвом автомобілів» (Німеччина).

Креативна освіта – це освіта, орієнтована на розвиток творчих здібностей людини, на закріплення в її професійній свідомості установки на інновації, що включає аналіз проблем і варіантів діяльності. Така освіта мотивує самостійне осмислення дійсності, самопізнання, перетворення знань у потенціал мислення і саморозвитку.

Висновки:

1. Заняття з географії мають значний потенціал для формування креативного мислення студентів, оскільки поєднують аналіз природних і соціально-економічних процесів, роботу з просторовою інформацією та вирішення проблемних ситуацій.

2. Використання активних і інтерактивних методів навчання (проєктна діяльність, проблемні завдання, дискусії, робота з картами та ІКТ) сприяє розвитку творчих здібностей, самостійності та гнучкості мислення студентів.

3. Роль викладача є ключовою у створенні умов для розвитку креативного мислення, оскільки саме він мотивує студентів до творчого пошуку, підтримує ініціативу та формує позитивне навчальне середовище.

4. Формування креативного мислення студентів на заняттях з географії є важливим завданням сучасної освіти. Використання активних методів навчання, міждисциплінарного підходу та практико-орієнтованих завдань сприяє розвитку творчих здібностей студентів, підвищує мотивацію до навчання та готує їх до професійної діяльності в умовах сучасного суспільства.

Посилання

1. Корчинська Г, Є. Опис методів критичного мислення з прикладами застосування на уроках. 2022. URL: https://naurok.com.ua/opis-metodiv-kritichnogomislennya-z-prikladami-zastosuvannya-na-urokah-309325.htm
2. Маслова Н.М. Розвиток критичного мислення на уроках географії. Стратегії інноваційного розвитку природничих дисциплін: досвід, проблеми та перспективи: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. За заг. ред. проф. Н.А. Калініченко. Кропивницький: ФОП Піскова М.А., 2021. С. 22-25.
3. Степанова Н. Вчимося читати критично. Критичне читання та вправи для його розвитку. Методичний прийом «Читання із маркуванням тексту». Методичнийприйом «Читання із зупинками». URL: http://surl.li/mnwjo

ЕФЕКТИВНЕ СТУДЕНТСЬКЕ САМОВРЯДУВАННЯ - РЕЗУЛЬТАТ ТВОРЧОЇ СПІВПРАЦІ ПЕДАГОГА І СТУДЕНТА

Заст. директора з виховної роботи О.В. Ткач
ВСП «Нікопольський фаховий коледж Українського державного університету науки і технологій», м. Нікополь, Україна

Студентське самоврядування є важливою складовою освітнього середовища закладу фахової передвищої освіти та механізмом формування соціальної активності молоді. Закон України «Про фахову передвищу освіту» визначає студентське самоврядування як невід'ємну частину управління закладом освіти та гарантує право здобувачів брати участь у вирішенні питань організації освітнього процесу [6].

Педагогіка партнерства виступає теоретичною основою ефективного функціонування студентського самоврядування. Сулейманов Ю. Ф. зазначає, що «педагогіка партнерства базується на співпраці, взаємоповазі і довірі між учасниками освітнього процесу» [4, С. 45]. Такий підхід забезпечує формування суб'єктної позиції студента.

Кузьмінова О.І. підкреслює, що партнерські відносини створюють «умови для розвитку автономності студентів і демократичних форм взаємодії» [2, С. 78]. Саме ці умови сприяють поступовій передачі управлінських функцій студентському активу.

Розвиток лідерських компетентностей є ключовим завданням діяльності органів студентського самоврядування. Мельник Л.М. визначає лідерство як процес впливу та організації спільної діяльності [3, С. 102].

Бойко І.Ю. наголошує, що практична участь у самоврядних структурах сприяє формуванню організаційних та комунікативних компетентностей [1, С. 88].

Демократизація освітнього процесу передбачає активне залучення студентів до управління закладом освіти. Шевченко Н.П. зазначає, що студент має бути співтворцем освітнього середовища [5, С. 65].

У ВСП «Нікопольський фаховий коледж Українського державного університету науки і технологій» студентське самоврядування представлено такими структурами: рада студентів, конференція студентів, комітет у справах молоді. Окремою ланкою виступає старостат академічних груп.

Основними завданнями студентського самоврядування є:

– забезпечення та захист прав студентів;

– сприяння виконанню ними обов'язків;

– створення умов для самореалізації особистості;

– формування організаційних і лідерських якостей.

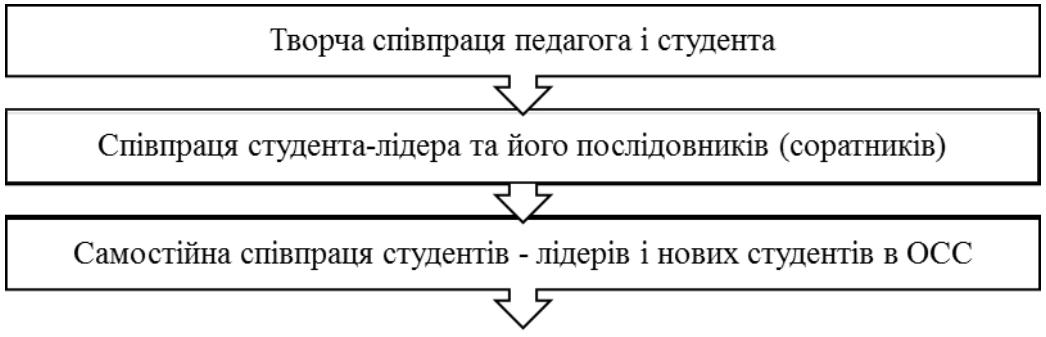
У ВСП «Нікопольський фаховий коледж Українського державного університету науки і технологій» діяльність органів студентського самоврядування реалізується через культурно-масовий, спортивно-оздоровчий, навчально-науковий та інформаційний напрями роботи.

Разом із тим, реалії освітнього процесу засвідчують, що студенти не завжди готові до повністю автономної управлінської діяльності. Причинами є: недостатній досвід, несформованість управлінських компетентностей, обмежені часові ресурси, внутрішня неготовність до самостійних та відповідальних рішень.

Саме тому, ключовою умовою ефективності студентського самоврядування виступає творча співпраця педагога і студента. Вона реалізується через принцип «рівний – рівному», що передбачає поступову передачу відповідальності та управлінських функцій студентському активу.

Така взаємодія створює ефект «Естафети наступності», коли студент, набуваючи досвід у співпраці з педагогом-наставником, згодом, на старших курсах, сам стає наставником для інших студентів.

Запропонована авторська модель «Естафети наступності» передбачає поступове делегування повноважень від педагога до студента через спільне планування та організацію заходів, виконання індивідуальних завдань та рефлексію результатів діяльності.



Поступове ускладнення індивідуальних завдань сприяє формуванню в студентів таких якостей, як відповідальність, ініціативність, уміння працювати в команді, приймати рішення та нести за них відповідальність.

Таким чином, студентське самоврядування стає не лише формою організації дозвілля чи громадської активності, а важливим інструментом професійного та особистісного становлення.

Творча співпраця педагога і студента стає умовою формування лідерських якостей, управлінських компетентностей та готовності студентів до самостійної діяльності у структурі студентського самоврядування. Цей досвід в майбутній трудовій діяльності стане ґрунтовним надбанням у розбудові професійної кар'єри та особистісної реалізації.

Висновки:

1. Студентське самоврядування є ефективним засобом формування соціально активної, відповідальної особистості.
2. Результативність діяльності органів самоврядування забезпечується творчою співпрацею педагога і студента на засадах партнерства.
3. Модель «Естафети наступності» сприяє поступовому переходу студентів до самостійної управлінської діяльності та формуванню лідерських компетентностей.
4. Реалізація принципів педагогіки партнерства відповідає сучасним стратегічним орієнтирам розвитку української освіти.

Посилання

1. Бойко І. Ю. Організаційні механізми студентського самоврядування. Київ : Наукова думка, 2023. 240 с.
2. Кузьмінова О. І. Партнерське навчання: теорія та практика. Харків : Освіта, 2021. 312 с.
3. Мельник Л. М. Лідерство в освіті: формування компетентностей студентської молоді. Львів : Світ, 2022. 280 с.
4. Сулейманов Ю. Ф. Педагогіка партнерства в сучасній освіті. Одеса : Пальміра, 2019. 184 с.
5. Шевченко Н. П. Демократизація освіти: теорія і практика. Дніпро : Просвіта, 2020. 208 с.
6. Закон України «Про фахову передвищу освіту» : від 06.06.2019 № 2745-VIII.

БІОРИТМИ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ У ПЕРІОД АДАПТАЦІЇ ДО НАВЧАННЯ

Здобувач освіти групи КСМ-25 В.В. Цховребов
Керівник - викладач-методист Н.В. Лушня
Дніпровський фаховий коледж енергетичних та інформаційних технологій, м. Дніпро, Україна

Мета: дослідити, як процес адаптації здобувачів освіти І курсу до нового освітнього середовища впливає на їхню працездатність, інтелектуальну активність, фізичний стан і прояви біоритмів упродовж дня та тижня.

Актуальність: Період адаптації до навчання є одним із найважливіших етапів у житті здобувача освіти І курсу. Саме в цей час відбувається пристосування до нового режиму дня, навчального навантаження, темпу роботи, вимог викладачів і зміненого способу життя. Такі зміни безпосередньо впливають на самопочуття, рівень активності, працездатність і здатність до сприйняття інформації.

Вивчення біоритмів здобувачів освіти дає можливість краще зрозуміти, як організм реагує на зміну умов навчання та яким чином можна раціонально організувати режим праці й відпочинку. Це особливо важливо для першокурсників, оскільки успішність адаптації багато в чому визначає їхню ефективність у навчанні, емоційний стан і загальне здоров’я.

Методи дослідження: робота з літературними джерелами, методи узагальнення, систематизації та аналізу отриманих даних, анкетування серед здобувачів освіти коледжу, обробка і порівняння отриманих результатів з подальшим оформленням у вигляді діаграм і пам’ятки.

Виклад основного матеріалу: Біоритми - це регулярні кількісні та якісні зміни життєвих процесів, які відбуваються на різних рівнях організації живого організму: від клітинного до організмового. Вони пов’язані з природною циклічністю фізіологічних процесів і впливають на сон, активність, працездатність, емоційний стан, швидкість мислення та фізичну витривалість. [1]

Вивченням біоритмічних процесів займається хронобіологія - наука, що досліджує часову організацію життєдіяльності організму та його зв’язок із факторами довкілля. Саме з позиції хронобіології можна пояснити, чому різні люди мають неоднакову активність у різний час доби, а також чому однакове навчальне навантаження по-різному сприймається здобувачами освіти в ранкові або денні години. [1]

Залежно від особливостей добових ритмів виділяють три основні хронотипи [1, 2]:

- «жайворонки» - люди, які рано прокидаються й виявляють найбільшу активність у першій половині дня;
- «сови» - люди, чия активність зростає в другій половині дня та ввечері;

- «голуби» - проміжний тип, представники якого демонструють відносно рівномірну активність протягом дня.

Для здобувачів освіти І курсу ця тема є особливо актуальною, оскільки вступ до закладу освіти часто супроводжується зміною звичного ритму життя. Ранній початок занять, нові обов'язки, збільшення обсягу самостійної роботи, потреба в самодисципліні та психологічне пристосування до нового колективу можуть впливати на усталені добові ритми. Унаслідок цього частина здобувачів освіти стикається зі зниженням працездатності, сонливістю, втомою або труднощами з концентрацією уваги. [3, 4]

На першому етапі дослідження було проведено анкетування здобувачів освіти І курсу з метою визначення їхнього хронобіологічного типу. За отриманими результатами встановлено, що серед опитаних становлять 22% жайворонки, 39% сов і 39% голубів.

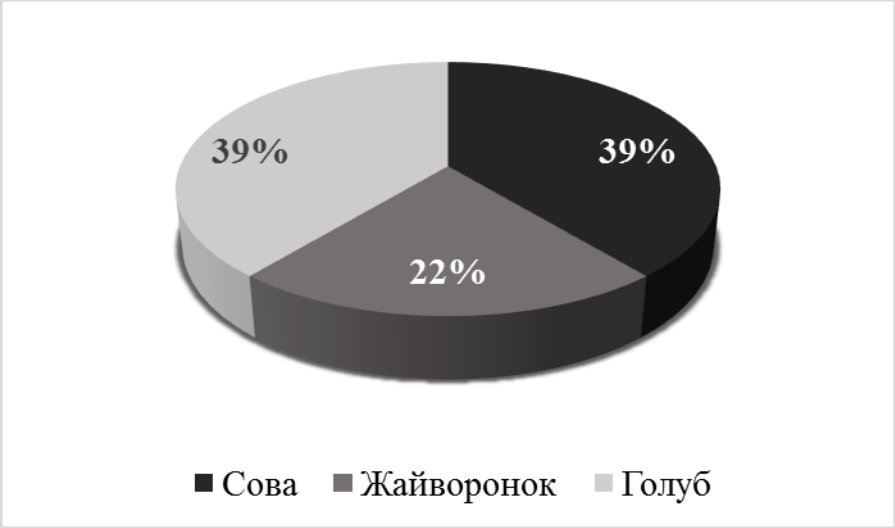


Рис. 1. Хронобіологичний тип здобувачів освіти

Отже, більшість здобувачів освіти належить до хронотипів, для яких ранкове навчальне навантаження не завжди є найкомфортнішим. Це свідчить про те, що в період адаптації частина першокурсників може відчувати труднощі, пов'язані з невідповідністю між природним ритмом організму та режимом навчального дня.

На другому етапі дослідження здобувачі освіти протягом місяця спостерігали за рівнем своєї працездатності, інтелектуальної та фізичної активності в ранкові та денні години. Аналіз результатів показав, що в ранковий час здобувачі освіти з різними хронотипами демонструють неоднаковий рівень активності. У «жайворонків» вищі показники спостерігаються саме в першій половині дня, що відповідає їхнім природним біоритмам. У «сов» ранкова активність нижча, однак у денні години вона поступово зростає. «Голуби» виявляють більш рівномірний розподіл активності.

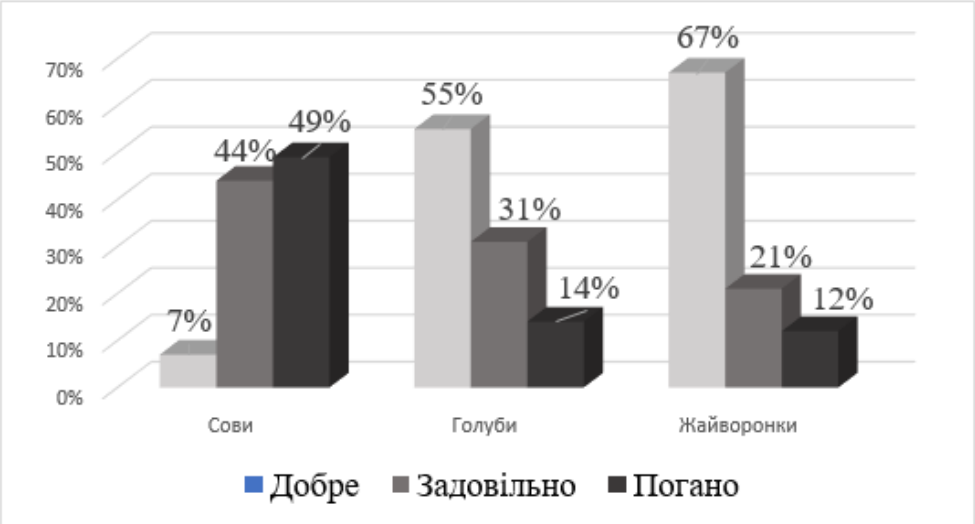


Рис. 2. Закономірність зміни працездатності інтелектуальної та фізичної активностей здобувачів освіти груп з різними хронотипами в ранкові години

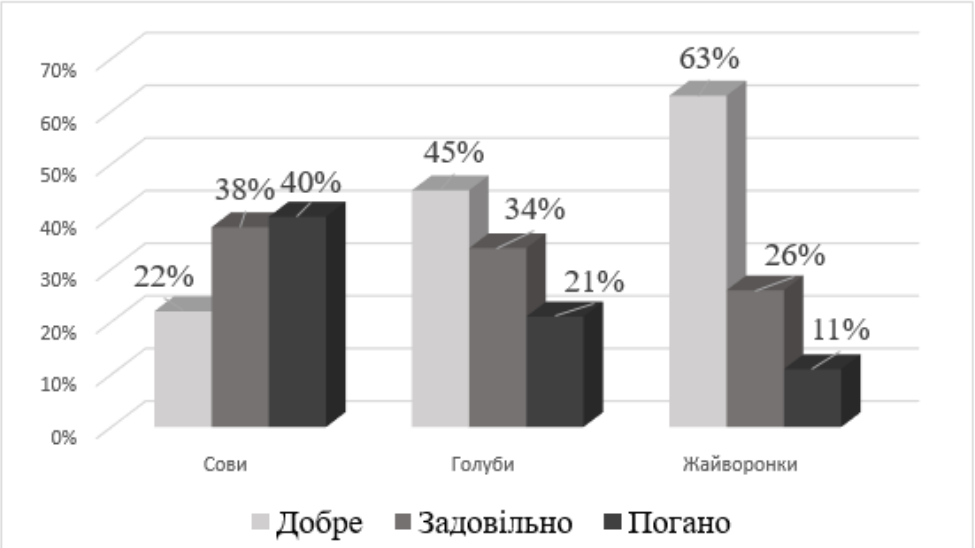


Рис. 3. Закономірність зміни працездатності інтелектуальної та фізичної активностей здобувачів освіти груп з різними хронотипами в денні години

За результатами спостережень зроблено висновок, що закономірність зміни інтелектуальної активності та фізичного стану в «сов» і «жайворонків» відповідає їхньому хронотипу, тоді як у «голубів» виражених коливань не виявлено. Це дозволяє стверджувати, що адаптація до освітнього процесу відбувається по-різному залежно від індивідуального біоритмічного типу здобувача освіти.

Окремо було досліджено зміни інтелектуальної активності протягом тижня. Спостереження показали спільну тенденцію для здобувачів освіти різних хронотипів: від понеділка до середи працездатність поступово знижується, четвер є одним із найпродуктивніших днів, а в п’ятницю спостерігається різке зниження активності.

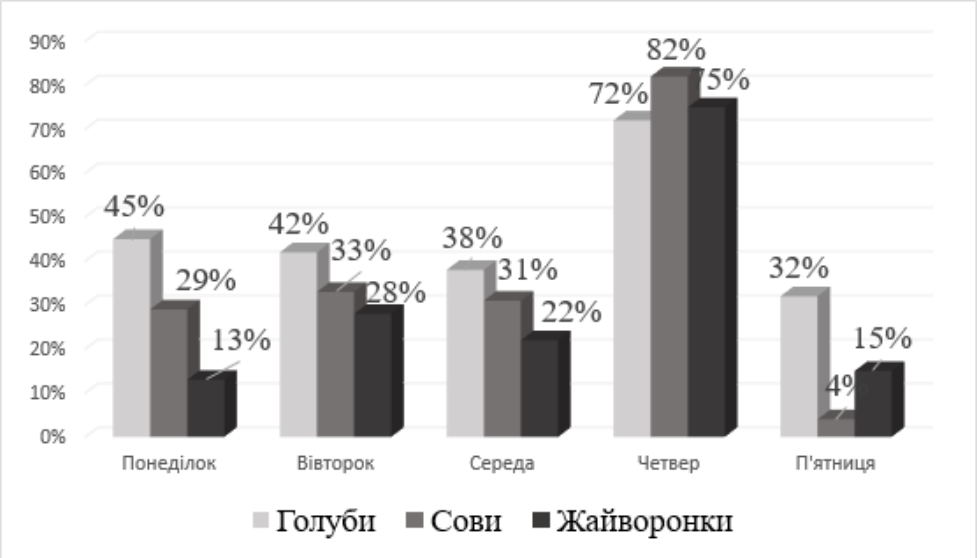


Рис. 4. Закономірності зміни інтелектуальної активності здобувачів освіти з різними хронобіологічними типами за тиждень

Отримані результати свідчать про те, що на біоритми здобувачів освіти впливають не лише індивідуальні особливості організму, а й організація навчального тижня. У період адаптації це має особливе значення, оскільки студентам потрібно не тільки звикнути до нового режиму дня, а й навчитися правильно розподіляти сили протягом усього тижня.

Для «жайворонків» адаптація до ранкових занять є природнішою, тому вони, як правило, легше включаються в роботу на початку дня. Для «сов» ранкове навчання може бути більш виснажливим, що позначається на увазі, швидкості мислення та загальній працездатності. «Голуби» демонструють більшу гнучкість, однак і в них наявні коливання активності залежно від навантаження та днів тижня.

Отже, адаптація здобувачів освіти до навчання пов’язана не лише з психологічними чи організаційними труднощами, а й із перебудовою звичних біоритмів. Якщо не враховувати цю особливість, це може призводити до перевтоми, зниження навчальної мотивації та погіршення результатів навчання [2 – 4].

Висновки. Процес адаптації здобувачів освіти І курсу до освітнього процесу істотно пов’язаний із проявами їхніх біоритмів. Проведене дослідження показало, що серед здобувачів освіти переважають хронотипи «сова» і «голуб», тоді як частка «жайворонків» є меншою. Це означає, що для значної частини першокурсників ранковий режим навчання може вимагати додаткового пристосування. [2 – 4]

У ході дослідження встановлено, що інтелектуальна та фізична активність здобувачів освіти змінюється залежно від часу доби й тижня, а характер цих змін пов’язаний із хронотипом. У «сов» і «жайворонків» добові коливання активності чітко відповідають їхнім біологічним особливостям, тоді як у «голубів» вони менш виражені. Також виявлено загальну тижневу

закономірність: зниження працездатності до середини тижня, підвищення у четвер і спад у п’ятницю.

Отримані результати доводять, що врахування біоритмів у період адаптації до навчання є важливою умовою збереження працездатності, підвищення ефективності навчальної діяльності та підтримки здоров’я здобувачів освіти.

Посилання

1. Дзержинський М. Е., Варенюк І. М., Дем’янчук Н. В. Хронобіологія та хрономедицина : навчальний посібник. Київ, 2023. 353 с.
2. Коба Л. В., Макарова М. О. Біоритмологічні особливості здобувачів вищої освіти. Вісник проблем біології і медицини. 2019. Вип. 2, т. 1 (150). С. 35–41.
3. Олехник В. Р. Адаптація студентів-першокурсників до навчання в закладі вищої освіти. Габітус. 2022. Вип. 33. С. 123–127.
4. Дмитрук Л. Адаптація студентів-першокурсників до умов навчання в закладах вищої освіти. Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Педагогіка і психологія. 2024. Вип. 77. С. 32–37.

ФІЗИЧНА КУЛЬТУРА ТА СПОРТ – НАЙВАЖЛИВІШИЙ ЗАСІБ ВСЕБІЧНОГО І ГАРМОНІЙНОГО РОЗВИТКУ ОСОБИСТОСТІ

Канд. наук з фіз. виховання та спорту, доцент Н.Г. Чекмарьова,
канд. пед. наук, доцент В.А. Хаджинов,
канд. пед. наук О.А. Чернявська
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Фізична культура та спорт сьогодні є невід'ємною частиною культури здоров'я, що забезпечує гармонійний розвиток особистості та підвищує якість життя. Фізична культура, як вид культури, являє собою широку область творчої діяльності як наукової, так і практичної, а також результати цієї діяльності по створенню фізичної підготовленості людей до життя. В особистому плані вона є мірою та способом всебічного розвитку людини. Її слід розглядати як особливий вид культурної діяльності, результати якої є корисними для суспільства і розвутку особистості. У соціальному житті у системі освіти, вихованні, у сфері організації праці, повсякденного побуту, здорового відпочинку фізична культура проявляє своє виховне, освітнє, оздоровче, економічне та загальнокультурне значення, сприяє виникненню такої соціальної течії, як здоровий спосіб життя, тобто спільна діяльність

людей по використанню, поширенню і примноженню цінностей фізичної культури.

Національна система фізичного виховання молоді України має глибокий вплив на становлення сучасної особистості, зв'язок з традиціями народу, його життям, інтересами і моральними цінностями, її визначають науковість, інтегрованість, безперервність, відкритість. Фізичне виховання у навчальних закладах України базується на принципах індивідуального та особистісного підходу, пріоритету оздоровчої спрямованості, широкого використання різноманітних засобів і форм фізичного вдосконалення, безперервності цього процесу, врахування регіональних умов тощо. Критеріями ефективності фізичного виховання молоді є рівень фізичного розвитку та показники їхнього здоров'я, грамотність щодо використання ними основних засобів і форм фізичного виховання, дотримання здорового способу життя, відсутність негативних звичок [1].

У статті 1 Закону України «Про фізичну культуру і спорт» зазначено, що «фізична культура – це складова частина загальної культури суспільства, що спрямована на зміцнення здоров'я, розвиток фізичних, морально-вольових та інтелектуальних здібностей людини з метою гармонійного формування її особистості» [2]. Основними показниками розвитку фізичної культури, як це сказано у главі 2 Закону України «Про фізичну культуру і спорт» [2], є рівень здоров'я, фізичний розвиток та підготовленість різних верств населення; ступінь використання фізичної культури у різних сферах діяльності; рівень розвитку системи фізичного виховання; рівень розвитку самодіяльного масового спорту; рівень забезпеченості кваліфікованими кадрами; рівень впровадження у фізичну культуру досягнень науково-технічного прогресу; відображення явищ фізичної культури у засобах масової інформації, у творах мистецтва і літератури; матеріальна база; рівень спортивних досягнень тощо. Сьогодні не можна знайти жодної сфери людської діяльності, яка не була би пов’язана із фізичною культурою, оскільки фізичне виховання і спорт – загальновизнані матеріальні і духовні цінності суспільства як у цілому, так і кожної людини окремо. Не випадково в останні роки все частіше мова йде про фізичну культуру, як про самостійний соціальний феномен. Проте феномен фізичної культури особистості вивчений далеко не повністю, хоча проблеми культури духу і тіла ставилися ще в епоху стародавніх цивілізацій [3].

На теперішній час у сучасної молоді недостатньо фізкультурної та спортивної освіти і, як наслідок, байдужість до її цінностей. Одне із важливих завдань вищої освіти є формування культурного потенціалу суспільства, тому у нашій роботі ми розглянемо позитивний вплив фізичної культури на формування гармонійно розвинутої особистості сучасного суспільства. Фізична культура, як частина культури, впливає на виховання особистості, на підготовку до життя та професійної діяльності. Фізичний розвиток людини значною мірою визначається її руховою активністю.

Мета та задачі дослідження. Показати роль фізичної культури у сучасного суспільстві та визначити її вплив на формування особистих якостей сучасної молоді засобами фізичної культури та спорту.

Результати дослідження і їх обговорення. Фізична культура – це вид культури, який є специфічним процесом та результатом людської діяльності, засобом і способом фізичного вдосконалення людей для виконання ними своїх соціальних обов'язків. Фізична культура як складне багатофункціональне явище, має свою структуру, форми та зміст, а її компоненти повністю задовольняють всі потреби суспільства і особистості у фізичній підготовці людей до їх життєдіяльності.

Фізичне виховання – процес формування потреби в заняттях фізичними вправами на користь всебічного розвитку особи, формування позитивного ставлення до фізичної культури, вироблення ціннісних орієнтацій, переконань, смаків, звичок, схильностей. У сучасному суспільстві все частіше ставиться питання про необхідність розглядання ролі фізичного виховання та його впливу на формування особистих якостей людини, що є суттєвою передумовою для реалізації його потенціалу [4]. Основними завданнями фізичного виховання є [5]:

– підвищення функціональних можливостей організму засобами фізичної культури;

– сприяння всебічному гармонійному розвитку, відмова від шкідливих звичок, покращання розумової і фізичної працездатності;

– формування думки про систематичні заняття фізичними вправами з урахуванням особливостей їх майбутньої професії, фізичне самовдосконалення та здоровий спосіб життя;

– отримання необхідних знань, умінь та навиків у галузі фізичної культури з метою профілактики захворювань, відновлення здоров'я та підвищення професійної працездатності;

– використання засобів фізичної культури у лікувально-профілактичній діяльності;

– оволодіння методами визначення фізичного стану та самоконтролю;

– виховання організаторських навичок, особистої гігієни та загартовування організму;

– уміння складати та виконувати вправи з комплексів ранкової гігієнічної гімнастики;

– виховання патріотичних, морально-вольових і естетичних якостей;

На теперішній час багато дослідників прийшли до думки, що фізичне виховання формує не тільки фізичну складову людини, а і його внутрішній світогляд - компоненту особистості людини [3].

Для формування цілісного комплексу соціально-ціннісних якостей, поглядів, переконань у сучасному суспільстві необхідно створити матеріальні, духовні, організаційні та ін. умови. Це основна мета виховання у формуванні особистих якостей сучасної молоді [6].

У віковому розвитку людини якісно нова стадія осмислення сутності фізичного виховання пов’язується з його впливом на духовну сферу, як дієвого засобу інтелектуального, морального, естетичного виховання. Фізична культура це не тільки фізичний розвиток, зміцнення здоров’я, досягнення високого рівня всіх фізичних якостей, а і розуміння значимості фізичного виховання, естетики фізичних вправ, спортивної етики, переконаності у важливості підтримки гарного фізичного стану кожної людини. Існує тісний взаємозв'язок між показниками розвитку фізичних якостей та особистих проявів. Ці зв’язки тільки опосередковані, але вони є і свідчать про те, що при виконанні фізичних вправ визначається достатньо виражена тенденція у розвитку тих або інших особистих якостей.

Роль фізичної культури у формуванні особистих якостей сучасної молоді посилюється у зв’язку із самою її соціальною сутністю, з її гуманістичними функціями, можливостями розвитку цілого ряду основ духовності людини. Високий емоційний фон виконання різних фізичних вправ сприяє розвитку схильності до співпереживання, взаємодопомоги при виконанні спільних колективних дій, взаємної відповідальності за досягнення загальної мети. Регулярність занять фізичною культурою визначається добровільним бажанням молоді, особистим ставленням до них, які зміцнюючись у свідомості і звичках, також стають особистісними рисами.

Таким чином, до позитивних результатів від занять фізичним вихованням можна віднести: отримані у процесі занять рухові вміння та навички; здатність швидко опановувати нові рухи; підвищення фізичної працездатності; моральні та естетичні якості; бажання і прагнення самореалізуватися у своєму житті; цілеспрямованість та ін.

Заняття фізичною культурою позитивно впливають і на інтелектуальну сферу особистості. Рухова активність, яка лежить в їх основі, сприяє: формуванню у людини уявлень про рухові можливості свого тіла; розвитку спостережливості, оскільки спортивна діяльність вимагає зосередження уваги на умовах, які супроводжують рух; швидкого переключення уваги на різного роду подразники; розвитку швидкості орієнтування; здатності до адекватної зміни поведінки у залежності від умов, які виникли; розвитку мислення та ін. Разом із розвитком інтелектуальної сфери відбувається і духовне зростання людини, що займає сьогодні найбільш вагоме місце у досягненні загальної мети виховання. Духовним компонентом фізичної культури особистості є набір знань в області всебічного фізичного розвитку, уявлення про взаємодію соціального та біологічного. Духовні компоненти фізичної культури особистості виступають як засіб реалізації соціальної програми багатогранного розвитку особистості, у тому числі його психологічні, фізичні та соціальні складові. Фізична культура є втіленням у молоді результатів використання матеріальних і духовних цінностей, засвоєнням ними знань, вмінь та навичок, досягнутих на основі використання засобів фізичного виховання, спортивного тренування та фізичної рекреації.

Долучитися до фізичної культури і спорту можна декількома способами: займаючися у спортивній секції з будь-якого виду спорту, беручи участь у заняттях груп здоров'я за місцем роботи або проживання, а також тренуючися самостійно. Велика кількість варіантів дає кожній людині можливість вибрати той з них, який задовольняє його потребам і перевагам, що дозволяє кожному знайти ідеальний спосіб підтримувати себе у прекрасній фізичній формі.

Останнім часом особливої популярності набули саме самостійні заняття фізкультурою — ними легко займатися у зручному для людини місці і у зручний час.

Висновки. Показано роль фізичної культури у сучасному суспільстві, яка дозволяє будувати соціальні відносини у суспільстві, а також перетворювати внутрішній світ сучасної молоді відповідно до його матеріальних і духовних потреб, адаптуватися і бути більш стійким до постійно змінюваної навколишньої дійсності. Спорт і фізична культура є багатофункціональним механізмом оздоровлення людей, самореалізації людини, його самовираження і розвитку. На підставі теоретичного аналізу у статті обґрунтований позитивний вплив занять фізичною культурою та спортом на формування особистих якостей сучасної молоді.

Посилання

1. Концепція національної системи фізичного виховання дітей, учнівської і студентської молоді України / Р.Т. Раєвський, В.Г. Ареф’єв, М.Д. Зубалій, В.І. Кубасова, В.В. Столітенко // Початкова школа. 1994. № 8. С. 2.
2. Закон України «Про фізичну культуру і спорт». URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3808-12#Text
3. Визитей М. М. Фізична культура особистості // Проблеми людської тілесності: методологічні, соціально-філософські педагогічні аспекти / Відп. ред. В. І. Столяров. - Кишинів: Штіінца, 1989. С. 34-45.
4. Бахчанян Г. С. Мотивація інтересу до занять фізичною культурою та спортом // Педагогіка і психологія. № 4. 1997. С. 41.
5. Давиденко Д. Фізична культура і культура здоров'я // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2010. № 2. С. 65-70.
6. Шамардіна Г.М. Основи теорії і методики фізичного виховання. Днепропетровск "Пороги". 2004. 415 с.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДО ВИЗНАЧЕННЯ РЕЙТИНГУ ПІДРУЧНИКІВ СЕРЕД ДЖЕРЕЛ НАВЧАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПІДГОТОВЦІ КУРСАНТІВ ДО ЗАНЯТЬ З ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ

Курсанти М.М. Шевчук, В.О. Голев
Керівник – доц, канд. пед. наук І.І. Сидоренко
Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, Україна

Вища математика є базовим предметом у Національній академії Національної гвардії України (НАНГУ), проте не є фаховим і тому у певної категорії здобувачів викликає труднощі. Підготовка до занять з вищої математики має вирішальний вплив на успішність курсанта. Одним з факторів ефективності такої підготовки є формат джерела інформації, що обирається курсантом для навчання. З метою надання здобувачам джерельної бази Законом України «Про освіту» [1] регулюється створення бібліотек при закладах вищої освіти. На сьогодні існує розмаїття інформаційних джерел, з яких можливо отримати навчальну та наукову інформацію. У Національній академії Національної гвардії України існують офіційно визнані навчальні джерела. До них відносяться підручники, посібники, лекційні матеріали, матеріали, що надаються викладачем, інформаційні ресурси (легалізовані вищим навчальним закладом сайти , навчальні платформи, електронні підручники). Наукова достовірність та актуальність перелічених ресурсів перевірена вищим навчальним закладом та може бути використана здобувачами для навчання. Однак, при підготовці до занять, здобувачі також використовують й ряд неофіційних джерел, наданих Інтернетом, у тому числі популярний серед студентства, але не включений до списку офіційних навчальних джерел штучний інтелект (ШИ), який за думкою [2] має широкі перспективи у навчанні і поступово витісняє традиційні паперові підручники та посібники. Отже, з одного боку, впорядкування бібліотек вишів й досі передбачає друк традиційних паперових навчальних носіїв, які на відміну від деяких Інтернет ресурсів та ШИ, є джерелом перевіреної наукової інформації. З іншого боку, для ефективної підготовки курсанта до занять джерельна база закладу вищої освіти повинна мати формат, що відповідає запитам та потребам сучасного здобувача . Тому представляється доцільним визначити місце формальних паперових носіїв навчальної інформації серед інших категорій інформативних джерел згідно думки самих здобувачів.

Вивченню проблеми вибору джерела навчання серед старшокласників та студентів присвячена низка публікацій. При дослідженні інформаційної культури шляхом опитування студентів фізико-математичних та технічних спеціальностей було виявлено, що, незважаючи на достовірність на методичну наближеність, паперовий бібліотечний контент займає останню позицію серед інформативних джерел [3]. Причому, у дослідженні Бабушко С.Р., Соловей М.І. та Соловей Л.С. показано, що студенти добре

усвідомлюють переваги та недоліки паперових та електронних носіїв навчальної інформації [4], проте, як стверджує в своєму аналізі надають перевагу електронним ресурсам [5]. З'ясовано, що альтернатива вибору джерел з Інтернету є пріоритетною у порівнянні з підручником при підготовці до занять з фізики школярів старшої школи [6].

Вище означені дослідження були засновані на анкетній статистиці, математичні методи для та узгодження результатів та отримання висновків не застосовувались.

Кореляційний аналіз був використаний для дослідження вподобань курсантів першого року навчання Національної академії Національної гвардії України під час самостійного опрацювання навчального матеріалу у рамках підготовки до математичних дисциплін [7]. Підручники обсягом від 50 до 150 сторінок та підручники обсягом понад 150 сторінок опинилися на передостанній та останній позиції з сімох запропонованих альтернатив інформаційних джерел.

При опитуванні медичних студентів щодо вибору між конспектом, підручником та онлайн-ресурсом виявлено, що підручники ігноруються [8]. Проте кореляційний аналіз результатів анкетування студентів онлайн програми післядипломної освіти показав, що здобувачі віддають перевагу первинній літературі, тобто підручникам [9].

В майже усіх дослідженнях традиційний підручник займає останні позиції у виборі джерел навчальної інформації. Штучний інтелект як джерело інформації не входив до розгляду. У більшості наведених досліджень переважно був застосований методи анкетування. Використання ж кореляційного аналізу у надало можливість уникнути суб'єктивізму в оцінках. Однак, доцільно дослідити місце підручника у пріоритетах здобувачів іншими математичними засобами. Задача розстановки пріоритетів належить до задач складного вибору, коли за численної кількості переваг і одночасно недоліків кожного джерела інформації важко прийняти рішення щодо того, яке з джерел є найкращим, найефективнішим. Тому представляється доцільним застосувати інший метод дослідження - метод аналізу ієрархій, як математичний апарат, що дозволяє зробити складний вибір в умовах невизначеності. Крім того, на тлі сучасного розвитку технологій, на нашу думку необхідно внести до розгляду штучний інтелект, адже за свідченням [2] він є потужним конкурентом для традиційних навчальних ресурсів.

Отже, метою даного дослідження є визначення рейтингу паперових носіїв навчальної інформації серед інших інформаційних ресурсів при підготовці курсантів до занять з вищої математики методом аналізу ієрархій.

Дослідження проводилося за процедурою, передбаченою концепцією методу аналізу ієрархій [10]. У дослідженні приймала участь 48 курсантів другого року навчання Навчально-наукового інституту забезпечення державної безпеки Національної академії Національної гвардії України. Шляхом відкритого обговорення були визначені критерії інформаційних

джерел при підготовці до вищої математики, а саме: 1 – легкість доступу до джерела, 2 – доступність викладення навчального контенту, 3-обсяг, , 4 – змістовність, 5 – академічна достовірність, 6 – надійність доступу до джерела і 7 – актуальність. Надалі спільним обговоренням були визначені основні джерела, якими найчастіше користуються курсанти. Джерела були позначені наступним чином: A – ШИ, B – власний конспект, C – матеріали у Google Classroom, D – підручник до 50 сторінок, E –Інтернет.

Шляхом відкритого голосування з числа здобувачів групи були обрані 6 експертів, що здійснили декомпозицію задачі в ієрархію, де на першому (глобальному) рівні знаходилося джерело, на другому (стратегічному) критерії 1-7 інформаційних джерел і на третьому (тактичному) розташовані джерела інформації A-E. Наступним етапом стало складання обернено симетричної квадратної матриці порядку $n = 7$ стратегічного рівня (Таблиця 1) та сімох обернено симетричних квадратних матриць порядку $n = 5$ тактичного рівня за кожним критерієм другого рівня (Таблиця 2), де матриця кожного рівня має вигляд

$$(A) = \left(\frac{\omega_i}{\omega_j}\right) \qquad (1.1)$$

За основу був взятий принцип попарних порівнянь, елементи $\frac{\omega_i}{\omega_j}$ кожної матриці (A) сформовані за шкалою попарних порівнянь за Сааті, де ω_i, ω_j – вагові коефіцієнти шкали Сааті, $i = 1,2, \dots, n; j = 1,2, \dots, n$ [10].

Таблиця 1 – Матриця стратегічного рівня

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	1	0,1428	0,2	1,667	0,1111	0,3333	0,25
2	7	1	1	0,3333	0,5	0,2	0,25
3	5	1	1	4	0,2	2	0,1667
4	6	3	0,3333	1	0,1667	0,25	3
5	9	2	5	6	1	4	4
6	3	0,2	0,5	4	0,25	1	0,25
7	4	0,5	6	0,3333	0,25	4	1

Таблиця 2 – Матриця тактичного рівня за критерієм 1

	A	**B**	**C**	**D**	**E**
A	1	4	0,25	8	0,1667
B	0,25	1	0,2	7	0,1428
C	4	5	1	6	0,25
D	0,125	0,1428	0,1667	1	0,1667
E	6	7	4	6	1

Оскільки матриця (1.1) є неузгодженою, для перевірки узгодженості за кожною матрицю були визначені власні вектори пріоритетів та сукупність власних чисел λ_i, що є коренями характеристичного поліному степеня n

$$p(\lambda) \equiv \det(\lambda E - A) = 0 \quad (1.2)$$

де E – одинична матриця порядку n.

Далі з сукупності власних чисел кожної матриці було обране максимальне значення $\lambda_{max} \leq n$ та визначений індекс узгодженості (ІУ), який визначає степінь порушення кардинальної та транзитивної узгодженості:

$$\text{ІУ} = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (1.3)$$

Можлива відносна похибка – відношення узгодженості (ВУ) була визначена як

$$\text{ВУ} = \frac{\text{ІУ}}{k} \quad (1.4)$$

де k – коефіцієнт випадкової узгодженості [10].

За результатами дослідження для кожної матриці порядку $\text{ВУ} \leq 0{,}2$, що свідчить про задовільну узгодженість матриць і дозволило визначити глобальні пріоритети. Розрахунки показали, що підручник посів останнє місце з ваговим коефіцієнтом 0,1196. Загалом, пріоритети розподілились наступним чином: 1 – ШИ; 2 – Інтернет; 3 – Google Classroom; 4 – власний конспект; 5 – підручник.

Висновки.

1. За результатами дослідження можна стверджувати, що охоплені дослідженням курсанти при підготовці до занять з математики звертаються до підручника в останню чергу, що співпадає з результатами проаналізованих публікацій [3-8].

2. Факт, зазначений у п.1 висновків показує, що метод аналізу ієрархій є достатньо дієвим засобом дослідження при вирішенні задачі складного вибору, такої як ранжування об’єктів.

3. Можна висунути припущення, що у даній групі респондентів Національної академії Національної гвардії спостерігається тенденція витіснення підручника з вищої математики як традиційного легітимного джерела інформації новітніми джерелами (співвідноситься з [2]), які іноді не є перевіреними на достовірність закладом вищої освіти і не можуть бути рекомендованими до підготовки до занять вищої математики як навчальний ресурс.

4. З огляду на вищезазначене, постає питання про доцільність видання паперових носіїв інформації з математичних дисциплін для укомплектації джерельної бази НАНГУ.

6. Можна сподіватися, що отримані результати нададуть поштовх до пошуку нових рішень щодо формату наповнення джерельної бази НАНГУ з урахуванням вподобань здобувачів.

5. Проведене дослідження не виключає можливості отримання інших показників в іншій групі здобувачів. Тому отримані результати водночас надають перспективу до вивчення місця підручника при підготовці курсантів до інших дисциплін, а також дослідження пріоритетів щодо вибору джерела інформації при підготовці до споріднених з вищою математики дисциплін курсантів старших курсів.

Посилання

1. Про Вищу освіту: Закон України від 1 липня 2014 р. № 1556-VII. *Відомості Верховної Ради України*: [Електронний ресурс]. – Режим доступу:https://zakon.rada.gov.ua/ laws/show/1556-18#Text
2. Wayne Holmes, Maya Bialik, Charles Fadel. (2019) Artificial Intelligence in Education. Promise and Implications for Teaching and Learning. Center for Curriculum Redesign, 228 p.
3. Кух О. М., Кух А. М. Дослідження інформаційної культури студентів. *Інноваційні технології в процесі підготовки фахівців :* зб. праць. Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Вінниця ВНТУ 28-29 берез. 2019 р.) Вінниця, 2019. – С. 41–43.
4. Babushko, S.R. and Solovei, M.I. and Solovei L. S. (2024) Students on advantages and disadvantages of using paper and E-textbooks in higher education International scientific journal «Grail of Science» (43). pp. 440-444.
5. Зикова К., Шишкін Г. Аналіз джерел здобуття інформації учнями при вивченні фізики. *Проблеми та інновації в природничо-математичній технологічній і професійній освіті* : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. Інтернет конф. (18 квітня 2018 р.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://cusu.edu.ua/ua/konferen-2018-2019-arhiv/iv-a-mizhnarodna-naukovo-praktychna-onlain-internet-konferentsiia-problemy-ta-innovatsiyi-v-pryrodnycho-matematychniy-tekhnolohichniy-i-profesiyniy-osviti-2018/sektsiia-5/7853-analiz-dzherel-zdobuttya-informatsiyi-uchnyamy-pry-vyvchenni-fizyky
6. Косогов І. Г. Шишкін Г. О. Вимоги до навчальних джерел інформації з фізики для учнів старших класів. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки* : зб. наук. пр. – Вип. 2 – Бердянськ : БДПУ, 2017. – С. 80–86.
7. Душкін В.Д., Сидоренко І.І. Виявлення пріоритетних джерел пошуку інформації здобувачами освіти при самостійній підготовці до контрольних заходів з математичних дисциплін. // *Збірник наукових праць «Військова освіта» Національного університету оборони України*, м. Київ. 2025, № 2 (52). – С. 88-99.
8. T. Jameel, Z.J. Gazzaz, M. Baig, J.M.Tashkandi, N. S. Alharenth, N. S. Butt, A. Shafique, R. Iftikhar. Medical students' preferences towards learning resources and their study habits at King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabi, BMC Research Notes, vol.30, 2019: [Online]. - Available: https://doi.org/10.1186/s13104-019-4052-3
9. Slater J.A., Davies R. Student preferences for learning resources on a land-based postgraduate online degree programme, March 2020: [Online]. - Available: DOI: 10.24059/olj.v24i1.1976
10. Thomas L. Saaty, Kevin P. Kearns. Analytical Planning: The Organization of Systems, with Kevin P. Kearns, 1985, ISBN 0-08-032599-8, Pergamon, 218 p.

ВІРШІ ПАУЛЯ ЦЕЛАНА В ПЕРЕКЛАДАХ СЕРГІЯ ЖАДАНА: АНТИВОЄННА ТЕМАТИКА

Студентка Ю.В. Шумук, студентка А.С. Сачик
Керівник-старший викладач Л.В. Борисюк
ВСП «Ковельський промислово-економічний фаховий коледж Луцького національного технічного університету», м. Ковель, Україна

У контексті сучасних гуманітарних студій, які дедалі частіше звертаються до постмеморіальних наративів, політики пам’яті та осмислення травматичного досвіду, проблема репрезентації антивоєнної тематики в художньому тексті набуває особливої актуальності. Поезія Пауля Целана, знакової постаті європейської літератури ХХ століття, є не лише естетичним, а й глибоко етичним феноменом, у якому мова стає знаряддям опору, пам’яті та свідчення. Його вірші не лише репрезентують трагізм війни, Голокосту, переслідувань, а й артикулюють філософське запитання про людське в нелюдських умовах, про мову після катастрофи, про роль поета як носія правди у світі, де слова піддаються девальвації.

Особливого значення ця тематика набуває в контексті сучасної літературної освіти в Україні, яка функціонує в умовах воєнної дійсності та потребує нових акцентів, сенсів і форм роботи зі студентами. Включення поезії П. Целана в авторських перекладах Сергія Жадана в освітній простір відкриває потужний потенціал формування критичного мислення, етичної свідомості, історичної пам’яті та емпатійного читання як ключових компетентностей майбутніх фахівців. Переклади Жадана, актуальні не лише завдяки своїй високій художній цінності, а й унаслідок глибокого розуміння авторського голосу, становлять собою інтерпретативний діалог, у якому поетичне слово набуває нових сенсів у межах української культури.

У науковому дискурсі антивоєнної поезії Пауля Целана простежується зростаючий інтерес до екзистенційних, герменевтичних і перекладознавчих аспектів його творчості, що уможливлює розгляд цих текстів як культурного коду історичної пам’яті та духовного опору. Дослідники М. Бадалов та О. Гальчук [1] акцентують на авторських моделях осмислення війни через призму екзистенційної філософії, що резонує з тематикою поезії П. Целана, де війна постає як гранична межа людського буття. Перспектива рецептивного аналізу віршів поета в українському контексті була репрезентована Ю. Бойком та І. Осовською [2], які окреслили складність відтворення багаторівневої поетичної мови П. Целана, що поєднує фрагментарність, герметичність та філософську напругу, особливо в перекладах українською. У монографічній розвідці С. Воронцова [3] простежується автобіографічна проекція образів жінки як втілення втрати й пам’яті, що додає емоційної глибини антивоєнним мотивам поета. П. Рихло у своїх працях [5; 6] досліджує інтертекстуальні, діалогічні та поетикальні параметри поезії П. Целана, підкреслюючи, що його тексти функціонують на

межі мовної тиші й етичного свідчення. У роботі Л. Черниш та М. Кошлань [7] проаналізували кольорономінації як семантичний вектор у віршах П. Целана, розкриваючи їхню роль у репрезентації травми й антивоєнної напруги.

У сукупності ці дослідження створюють концептуальне підґрунтя для подальшого осмислення поезії П. Целана як освітнього ресурсу на заняттях української літератури, зокрема в контексті формування історичної свідомості та етичної чутливості здобувачів освіти.

Творчість Пауля Целана, одного з найвпливовіших поетів другої половини ХХ століття, глибоко вкорінена в досвіді війни, тоталітарного насильства й особистої катастрофи, постає як поетична форма пам'яті, свідчення та опору [3]. Його поезія – не лише естетична відповідь на жахи Голокосту, а й унікальний мовний експеримент, у межах якого відбувається радикальна ревізія самих основ поетичної мови після історичної катастрофи. Як автор, який пережив депортацію, втрату батьків у нацистських таборах і табірне ув'язнення сам, П. Целан звертається до читача не з позиції дистанції, а як безпосередній носій травматичного досвіду. У цьому контексті його поетика розгортається як простір пам'яті, в якому слово функціонує не лише як означення, а як акт виживання та мовного опору.

Вірші Пауля Целана, зокрема «Фуга смерті», «Псалом», «Слово сходження-в-глибину», є текстами з максимальною семантичною напругою, в яких кожен образ – це слід історичного болю, кожен синтаксичний злам – формалізація внутрішнього надлому, кожен еліпсис – свідчення про те, що не може бути сказане прямо [5].

З огляду на складність мовного матеріалу П. Целана, його переклад на українську мову становить надзвичайно складне завдання, що виходить за межі традиційної трансляції тексту. У цьому аспекті переклади Сергія Жадана заслуговують на особливу увагу як спроба не лише передати формальну структуру, а й актуалізувати зміст у межах українського культурного та лінгвістичного контексту. Перекладацька стратегія С. Жадана балансує між дослівністю й поетичною реконструкцією, спрямована на відтворення емоційної інтонації оригіналу, збереження його фрагментарності, синтаксичної розірваності, а також цілісного ритмічного організму тексту [2].

Переклади С. Жадана зберігають тональність екзистенційного болю, водночас відкриваючи ці тексти новому читачеві – українському, що переживає власну історію війни, втрат, переслідувань. Відповідно тексти Пауля Целана в українському перекладі перетворюються на діалог між історичними травмами різних народів, між минулим і теперішнім, між німецькомовною модерною поетикою й українською літературною традицією, яка у ХХІ столітті знову набуває актуальності як засіб свідчення, спротиву й виживання.

Аналіз поезії «Фуга смерті» у перекладі Сергія Жадана дає змогу виокремити кілька важливих аспектів трансформації оригінального тексту в українському лінгвокультурному середовищі [6]. Передусім це збереження

музичної структури вірша через послідовне повторення ключових образів – «чорне молоко», «волосся твоє золоте, Маргарито», «попіл волосся твого, Суламіт», «смерть – майстер з Німеччини». В основі цієї поетики лежить принцип контрапункту, в межах якого образи постійно повторюються в нових контекстах, утворюючи внутрішній ритм, що співвідноситься з музичною формою фуги. С. Жадан зберігає цю композиційну особливість, зокрема через інтонаційне варіювання повторів, що забезпечує емоційну напругу та динаміку тексту. Водночас важливо зазначити, що перекладач не уникає складних образів, не згладжує жорсткість поетичного вислову, не вдається до евфемізмів – зберігає шокову функцію мови, яка є ключовою у Целанового дискурсу.

Іншим показовим прикладом є вірш «Псалом», у якому Пауль Целан демонструє радикальну зміну релігійної поетики: Бог як сакральна фігура трансформується в «ніщо», у відсутність, у неможливість спасіння. У цьому тексті зникає традиційна вертикаль сакрального як гаранта сенсу й надії, натомість з’являється антиномічна категорія «нічого», що набуває ознак божественного абсолюту – такого, що вміщує в собі як втрату, так і протест, як руйнування, так і парадоксальне воскресіння. С. Жадан надзвичайно точно передає логіку парадоксального мислення автора – фраза «Славен єси, ніхто» в українському перекладі не втрачає філософської напруги, навпаки – здобуває ще й контекстуальну силу в умовах воєнного сьогодення України. У такому формулюванні проглядається не просто заперечення буття Бога, а граничне осмислення Його мовчання в часи тотального зла, коли відсутність відповіді стає одночасно актом звільнення від догматизму і формою екзистенційного звіту.

Завдяки перекладацькому підходу С. Жадана ця поетична формула не лише не втрачає глибини, а й набуває нової семантичної гравітації, виводячи текст у площину сучасного українського досвіду втрати, болю та трансцендентного спротиву. Крізь цей переклад простежується можливість не лише рецепції іншомовного тексту, а й його реінтерпретації крізь призму сучасної української культурної травми. Трансформація сакрального образу в порожнечу, яка все ж зберігає здатність проростати квіткою – «нічия троянда» – стає метафорою буттєвої напруги нації, що, попри руйнування, вибудовує нову гуманістичну вертикаль, базовану не на абсолютних істинах, а на співчутті, пам’яті й слові.

Особливого значення набуває педагогічна перспектива використання цих перекладів у межах сучасної гуманітарної освіти, оскільки вона відкриває нові можливості для переосмислення функцій художнього тексту в освітньому процесі. Урок української літератури, орієнтований на формування критичного, морального й історичного мислення, набуває нової глибини завдяки включенню творів Пауля Целана в перекладах Сергія Жадана як прикладу інтегрованого підходу до аналізу поезії, де естетичне переплітається з етичним, а лінгвістичне – з філософським. Такий тип роботи з текстом дозволяє вийти за межі традиційного змістового аналізу і скеровує

освітню діяльність у бік розвитку складних когнітивних навичок, зокрема інтерпретації поетичних образів як метафор історичної травми, розпізнавання тональних зрушень і стилістичних прийомів, що слугують актуалізації колективної пам'яті.

За допомогою перекладів С. Жадана поезія П. Целана входить у науково-освітній дискурс не як артефакт далекого минулого, а як жива мовна форма, що апелює до сучасних болючих контекстів, зокрема війни, втрати, гідності й людської вразливості. Відтак цей матеріал стає не лише дидактичним ресурсом, а й засобом ціннісного виховання, що пробуджує здатність до емпатії, персоналізованого осмислення історичних катастроф і відповідального ставлення до гуманітарного знання як чинника формування ідентичності. Зміщення акценту з формальної інтерпретації тексту на герменевтичне прочитання його філософської основи сприяє не лише формуванню ключових компетентностей нової української школи, таких як уміння аналізувати, оцінювати, аргументувати та комунікувати на рівні етичного судження, а й залученню школярів до дискусій про гуманізм, відповідальність, пам'ять, мову й мистецтво в умовах посттравматичного суспільства, де кожне поетичне слово здатне резонувати з особистим і національним досвідом.

Висновки:

1. Отже, можна зробити висновок, що перекладацький підхід Сергія Жадана до текстів Пауля Целана репрезентує симбіоз вірності змісту та стилю оригіналу з актуалізацією смислів в українському мовному середовищі.

2. Ці переклади – не просто відтворення текстів, а верифікована інтерпретація трагічного досвіду європейської культури крізь призму українського поетичного мислення, у якому також болісно резонує тема пам'яті, війни, екзистенційної самотності та мовного відчаю.

3. Тексти П. Целана в перекладах С. Жадана не втрачають своєї метафізичної ваги, навпаки – вони набувають нових контекстів, входять у діалог з українською історією, культурною травмою, сучасною реальністю, в якій поетичне слово залишається останнім притулком для пам'яті, що чинить спротив забуттю.

Посилання

1. Бадалов М. М., Гальчук О. В. Екзистенційні мотиви антивоєнної лірики XX ст.: авторські моделі. *Grail of Science*, 2023. №32. С. 231–239.
2. Бойко Ю., Осовська І. Особливості перекладу поезії Пауля Целана українською мовою. Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Германська філологія, 2022. №835–836. С. 10–24.
3. Воронцов С. Той, хто Руту знайшов: [про П. Целана та жінок в його житті] Чернівці: Свободаслова, 2020. 8 с.

4. Рихло П. «Вірш утверджується на межі себе самого»: поетичний цикл Пауля Целана «Затьмарено». Пасіонарність другорядного: матер. XIV Міжнар. літературозн. конф., (Чернівці, 11–12 трав. 2017 р.). С. 69–73.
5. Рихло П. Поетика діалогу. Творчість Пауля Целана як інтертекст. Київ: Дух і літера, 2021. 424 с.
6. Целян П. Світлотиск / Переклад з нім. Сергія Жадана. Чернівці: Meridian Czernowitz; Книги – XXI, 2014. 136 с.
7. Черниш Л., Кошлань М. Кольорономінанти в поезії Пауля Целана. Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2021. № 35. Т. 7. С. 171–175.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОХОДЖЕННЯ ВІЙСЬКОВОЇ СЛУЖБИ РІЗНИМИ КАТЕГОРІЯМИ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ У МИРНИЙ ТА ВОЄННИЙ ЧАС

Доц., канд. техн. наук І.М. Щека, курсант А.А. Масний
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Актуальність. Повномасштабне вторгнення російської федерації поставило перед Україною низку правових викликів, які в мирний час не існували. Хто і на яких умовах може служити? Які права зберігаються за військовослужбовцем, а які – тимчасово обмежуються? Як регулюється служба тих, хто не є громадянином України? Ці питання перестали бути суто теоретичними і від відповідей на них залежать долі конкретних людей. Чинне законодавство не завжди встигає за реальністю. Норми, що писалися в мирний час, подекуди погано працюють в умовах воєнного стану, а нові положення нерідко виявляються недостатньо опрацьованими.

Мета досліджень. Метою роботи є узагальнення особливостей правового регулювання проходження військової служби різними категоріями військовослужбовців в умовах мирного та воєнного часу, а також виявлення прогалин і суперечностей у чинному законодавстві.

Дослідження. Закон України «Про військовий обов'язок і військову службу» виділяє такі основні категорії осіб за різними критеріями, які проходять або можуть проходити військову службу [1]:

- військовослужбовці строкової служби (з 18 травня 2024 року базова військова служба);
- військовослужбовці за контрактом;
- резервісти та військовозобов'язані;
- іноземці та особи без громадянства, які проходять службу.

У мирний час військова служба здійснюється двома шляхами: обов'язковий та добровільний. Базова військова служба є конституційним обов'язком громадянина, тоді як служба за контрактом передбачає вільне волевиявлення особи. Саме добровільність є ключовою ознакою, що зближує контрактну службу з трудовими відносинами: особа самостійно обирає місце служби та підписує контракт, який є різновидом трудового договору [2]. Для іноземців та осіб без громадянства доступна лише контрактна форма служби за умови відсутності судимості, придатності за станом здоров'я, проходження спеціальної перевірки та психологічного відбору.

Також у мирні часи система підготовки військовослужбовців функціонує у штатному режимі та охоплює як первинну військову підготовку призовників, так і професійне навчання контрактників. Для резервістів передбачені регулярні навчальні збори, що дозволяють підтримувати належний рівень військової підготовки без відриву від цивільного життя. *Під час мирного життя* військовослужбовці користуються повним обсягом конституційних прав із урахуванням специфіки служби. Їм гарантуються щорічні відпустки в повному обсязі, індексація грошового забезпечення, пенсійне забезпечення за вислугою років, а також право на звільнення з служби на загальних підставах. Іноземці та особи без громадянства в цей період отримують грошове забезпечення на рівні громадян України-контрактників, а військовий обліковий документ фактично замінює їм дозвіл на тимчасове проживання

*С*истема комплектування Збройних Сил кардинально змінюється у воєнний час. Резервісти та військовозобов'язані підлягають мобілізації, а добровільний принцип поступається місцем обов'язковому призову. Для іноземців процедура вступу на службу залишається добровільною. Щомісяця до лав ЗСУ вступає від 400 до 600 іноземних громадян із 72 країн світу, для яких із березня 2022 року запроваджено спрощений візовий режим в'їзду в Україну [2].

Воєнний стан суттєво змінює умови служби для всіх категорій військовослужбовців. Строки контрактів фактично перестають мати визначальне значення, оскільки звільнення з служби стає можливим лише на обмежених підставах. Щорічна відпустка скорочується до 30 календарних днів, відпустка за сімейними обставинами – до 10 днів, а індексація грошового забезпечення з 1 січня 2023 року була зупинена [3]. Для іноземців-контрактників в особливий період передбачена можливість розірвання контракту за власним бажанням, але не раніше ніж через шість місяців безперервної служби.

На військовослужбовців у воєнний час поширюється подвійна система обмежень: загальна – як на всіх громадян України, та спеціальна – військового законодавства . Водночас держава запроваджує додаткові матеріальні гарантії: щомісячну бойову винагороду до 100000 гривень, одноразову виплату сім'ям загиблих у розмірі 15000000 гривень, а також

право на лікування та реабілітацію за кордоном без обмежень щодо виїзду з України.

Висновок. Аналіз наукових джерел та чинного законодавства дозволяє зробити кілька узагальнень.

По-перше, правове становище кожної категорії військовослужбовців суттєво різниться залежно від мирного чи воєнного часу: в останньому випадку обсяг обмежень значно розширюється, хоча держава намагається компенсувати це додатковими матеріальними гарантіями.

По-друге, законодавство про службу іноземців залишається недостатньо розробленим і фактично не відображає реальної специфіки цієї категорії порівняно з громадянами України.

По-третє, окремі норми, прийняті в мирний час, у воєнний час вступають у суперечність між собою, що потребує системного перегляду військового законодавства з урахуванням як вітчизняного досвіду, так і міжнародно-правових стандартів.

Посилання

1. Про військовий обов'язок і військову службу: Закон України від 25 бер. 1992 р. № 2232-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2232-12#Text (дата звернення: 08.03.2026).
2. Bortnyk S. M., Melnyk K. Yu. Legal Regulation of Military Service in Ukraine by Foreigners and Stateless Persons. Law and Safety. 2025. № 2 (97). С. 173–181. DOI: https://doi.org/10.32631/pb.2025.2.14.
3. Полтєв Є. О., Медвідь Л. П. Забезпечення прав і свобод військовослужбовців Збройних Сил України в умовах правового режиму воєнного стану. *Юридичний вісник*. 2023. № 4 (69). С. 38–45.

ПІДТРИМКА СІМ'Ї ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯ ЯК МОТИВАЦІЙНИЙ ФАКТОР ВІЙСЬКОВОЇ СЛУЖБИ В УКРАЇНІ

Доц., канд. техн. наук І.М. Щека, курсант К.А. Семиліт
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

П'ятий рік продовжується широкомасштабне вторгнення росії в Україну. Сили оборони України стримують ворога від просування вглиб території проводячи контратакувальні дії. Однією з проблем успішного ведення бойових дій є нестача мобілізаційного ресурсу. Тобто забезпечення потреб військових підрозділів в особовому складі. Мобілізаційні проблеми мають багато складових, серед яких є мотиваційні проблеми та демотиваційні чинники.

Дуже важливим компонентом формування мотивації військовослужбовця виступає сім'я, для якої найважливішими є умови несення служби, безпека, та підтримка сім'ї. Взагалі функціонування сім'ї під час війни ускладняється, що також є демотиваційним чинником.

Одним із найважливіших факторів мотивації у військовій службі є підтримка з боку сім'ї. Військовослужбовці, які не відчувають таку підтримку, схильні не тільки до порушень військової дисципліни, але до скоєння злочинів (не виконання наказів командирів, самовільне залишення військової частини, дезертирство). В різних джерелах вказуються шляхи рішення проблеми з метою перетворення сім'ї з «фактора ризику, що стримує» на «тилову підтримку та мотиваційний фактор», наприклад, інформаційна та психологічна робота.

Але має бути підтримка сім'ї з боку держави. Законодавче регулювання питання такої підтримки базується на широкому переліку нормативно-правових актів, ключовим серед яких є Закон України «Про соціальний і правовий захист військовослужбовців та членів їх сімей». Окрім грошових виплат, держава гарантує військовослужбовцям та їхнім родинам потужний пакет медичних та реабілітаційних послуг. Це включає безоплатну кваліфіковану медичну допомогу у військово-медичних закладах, а у разі неможливості надання такої допомоги всередині країни — направлення на лікування за кордон за державний кошт. Для членів сімей військовослужбовців передбачено пільговий режим санаторно-курортного лікування та відпочинку. Особлива увага приділяється дітям захисників, які мають право на першочергові місця у дошкільних та загальноосвітніх закладах, а також на повну або часткову оплату навчання у вищих навчальних закладах за рахунок коштів державного та місцевих бюджетів, що є довгостроковою інвестицією держави у майбутнє родин військових.

Житлове питання залишається одним із найбільш гострих і водночас найбільш складних для реалізації. Згідно із законодавством, військовослужбовці, які мають вислугу понад 20 років, мають право на отримання постійного житла або грошової компенсації за нього. У воєнний час було розширено програму пільгового іпотечного кредитування «єОселя», яка дозволяє кадровим військовим та контрактникам отримувати кредит на купівлю житла під символічні 3% річних. Це суттєво полегшує доступ до власної оселі, проте на практиці програма стикається з обмеженнями щодо вартості квадратного метра та віку будівель, що часто унеможливлює купівлю якісного житла у великих містах. Для родин, які виховують дітей, також передбачені пільги на оплату житлово-комунальних послуг, що становить 50% знижки для членів сімей військовослужбовців та 75% для учасників бойових дій. У разі загибелі захисника держава зобов'язується виплатити родині одноразову грошову допомогу у розмірі 15 мільйонів гривень, яка розподіляється рівними частинами між усіма отримувачами, що має на меті забезпечити економічну безпеку сім'ї на роки вперед.

Психологічна допомога сім'ям залишається слабкою ланкою: державні структури часто не мають достатньої кількості кваліфікованих психологів, здатних працювати з бойовою травмою або гострим горем. Це призводить до того, що реальна реабілітація та підтримка лягають на плечі громадських організацій та міжнародних донорів, тоді як державні заклади працюють за застарілими протоколами, що не відповідають викликам сучасної війни.

Висновки. Основні види підтримки сім'ї: емоційна та психологічна підтримка; пільги на комунальні послуги; безкоштовне медичне обслуговування, ліки та санаторне лікування; освітні пільги:

Підтримка сім'ї є важливим мотиваційним фактором для військовослужбовців. Вона забезпечує психологічну стійкість та ефективність виконання обов'язків.

Посилання

1. Про військовий обов’язок і військову службу: Закон України від 25.03.1992 р. № 2232-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2232-12#Text.
2. Про соціальний і правовий захист військовослужбовців та членів їх сімей: Закон України від 20.12.1991 р. № 2011-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2011-12#Text
3. Кузнєцов М. А. Мотивація людини: основні форми та закономірності функціонування. Вісник Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди. Психологія. 2012. Вип. 44 (1). С. 116–137. URL: https://surl.li/mjqgrn (дата звернення: 23.02.2026)

ГРА ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ ТВОРЧИХ ЗДІБНОСТЕЙ ДОШКІЛЬНИКІВ В УМОВАХ ЗАКЛАДУ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ

Студент В.Б. Юній
Керівник – доцент, кандидат пед. наук В.М. Тягур
Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II
м. Берегове, Україна

У сучасних умовах розвитку дошкільної освіти особливої актуальності набуває проблема формування творчої особистості дитини, здатної до самовираження, ініціативності, уяви та нестандартного мислення. Саме в дошкільному віці закладаються основи уяви, самостійності, ініціативності та здатності до нестандартного мислення. Одним із найефективніших засобів розвитку творчих здібностей дітей є гра, оскільки вона відповідає віковим потребам дошкільників і створює природні умови для самовираження. Саме через гру, яка є природною формою діяльності, дитина пізнає світ, засвоює соціальний досвід і виявляє власний творчий потенціал. Тому дослідження

гри як засобу розвитку творчих здібностей дітей в умовах закладу дошкільної освіти є актуальним і практично значущим.

Дослідженню питання впливу гри на всебічний розвиток дитини дошкільного віку присвячували свої наукові доробки зарубіжні та вітчизняні науковці. У своїх роботах розглядали різні аспекти психології творчості, естетичної та творчої діяльності В. Загвязинський, І. Зязюн, Н. Кічук, В. Моляко, К. Роджерс, О. Савченко, В. Семиченко, С. Сисоєва та інші. Не дивлячись на це, сьогоднішній день, проблема визначення складових творчих здібностей дошкільників в педагогічній та психологічній літературі залишається дискусійною. Сучасні дослідження компонентного складу творчих здібностей дошкільників проводили А. Богуш, О. Богініч, Г. Гавриш, Н. Глухова, М. Дідора, Н. Денисенко, О. Долинна, О. Кононко, В. Кузьменко, М. Машовець, О. Павленко, Т. Піроженко, З Плохій, Т. Поніманська, Г. Раратюк, О. Терещенко, В. Тименко, О. Хорошковська, Т. Шкваріна, Л. Якименко та інші, які дали змогу визначити компонентний склад творчих здібностей дошкільників, таких як: творче мислення, творча уява і використання методів розвитку творчості у дошкільників в процесі виконання творчих завдань. О. Музика аналізувала здібності у системі ціннісної регуляції розвитку творчо обдарованої особистості, Е. Белкіна досліджувала естетичне виховання дітей дошкільного віку засобами образотворчого мистецтва, Л Шульга – ігрові технології та їх вплив на розвиток творчих здібностей на заняттях з малювання.

Як узагальнення аналізу досліджень з даного питання, можна навести думку М. Рагуліної: «На думку більшості дослідників, для творчості дітей дошкільного віку важливий не стільки результат, скільки сам процес творчої діяльності, а рівень розвитку їх творчих здібностей залежить безпосередньо від досвіду творчої діяльності, взаємодії з дорослими, зокрема демократичного ставлення батьків, педагогічної майстерності музичних керівників і вихователів закладів дошкільної освіти та рівня розвиненості творчих здібностей у дорослих [3]».

Весь цей компонентний склад творчих здібностей дошкільників можна розвивати через таку діяльність як творча гра.

Мета статті: обґрунтувати роль гри як ефективного засобу розвитку творчих здібностей дітей дошкільного віку, визначити значення творчих ігор та окреслити педагогічні умови розвитку творчості в ЗДО через ігри.

У сучасному освітньому просторі проблема розвитку творчих здібностей дитини набуває особливої ваги, оскільки суспільство потребує особистостей, здатних до ініціативності, самостійності, гнучкого мислення та продуктивного розв’язання нестандартних завдань. Дошкільний вік є сенситивним періодом для становлення творчого потенціалу, адже саме в цей час інтенсивно розвиваються уява, емоційна сфера, мовлення, здатність до символічного мислення та самовираження. У цьому контексті гра посідає особливе місце, оскільки є природною формою активності дитини і водночас

ефективним засобом її пізнавального, емоційного, соціального й творчого розвитку [5; 7; 10].

У наукових дослідженнях гра розглядається як багатовимірний феномен дитинства, що забезпечує освоєння навколишнього світу, набуття соціального досвіду та розвиток здатності до творчого перетворення дійсності. У процесі гри дитина моделює життєві ситуації, створює уявні образи, експериментує з ролями, предметами та способами взаємодії. Така діяльність відкриває широкі можливості для прояву фантазії, ініціативності, оригінальності мислення та емоційної виразності. Дослідники підкреслюють, що ігрова діяльність створює сприятливі умови для розвитку креативності, оскільки поєднує свободу вибору, варіативність дій, внутрішню мотивацію та позитивне емоційне залучення дитини [6; 9].

Творчі здібності в дошкільному віці виявляються передусім у здатності дитини уявляти, фантазувати, комбінувати відомі враження в нові образи, знаходити оригінальні рішення, створювати власні сюжети, способи дії, образні характеристики та мовленнєві конструкції. На думку дослідників проблеми креативності, творчість у дитинстві не повинна оцінюватися лише за результатом, адже її сутність часто полягає в самому процесі вільного породження ідей, експериментування з матеріалами, ролями, образами та значеннями [5; 8]. Тому саме гра є тим середовищем, у якому творчість дитини проявляється найприродніше.

Значення гри для розвитку творчих здібностей пояснюється її психологічною природою. По-перше, гра безпосередньо пов’язана з розвитком уяви. У сюжетно-рольовій, режисерській, театралізованій чи словесно-фантазійній грі дитина створює уявну ситуацію, наділяє предмети новими функціями, перебудовує звичні зв’язки між явищами, що стимулює образне та дивергентне мислення. По-друге, гра передбачає свободу вибору, варіативність рішень, можливість помилятися без страху покарання, а це створює психологічно безпечні умови для творчого самовираження. По-третє, у грі поєднуються емоційний, пізнавальний і соціальний компоненти, завдяки чому творча активність дитини набуває цілісного характеру [9; 10].

Вагомий внесок у розуміння розвивального потенціалу гри зробили Ж. Піаже та сучасні дослідники дошкільної освіти. Свого часу, Ж. Піаже пов’язував гру з процесами символізації та когнітивного розвитку, підкреслюючи, що саме в символічній грі дитина активно асимілює реальність до власних потреб і можливостей, створює нові значення та відношення [7]. У працях сучасних авторів доведено, що якісне ігрове середовище сприяє не лише розвитку мислення й мовлення, а й саморегуляції, соціальної взаємодії, здатності до планування та творчого розв’язання проблем [4]. Це особливо важливо для дітей дошкільного віку, у яких творча активність нерозривно пов’язана з емоційною залученістю, образним мисленням і взаємодією з дорослими та однолітками.

Найбільший вплив на розвиток творчих здібностей мають саме творчі ігри. До них належать сюжетно-рольові, театралізовані, режисерські,

конструктивно-будівельні, музично-рухові та словесно-фантазійні ігри. У сюжетно-рольовій грі дитина створює образ персонажа, розгортає сюжет, добирає мовленнєві й поведінкові засоби відповідно до ролі, тобто вчиться творчо трансформувати соціальний досвід. Театралізовані ігри розвивають емоційну виразність, образність мовлення, здатність до перевтілення, інтерпретації літературного чи вигаданого сюжету. Конструктивно-будівельні ігри сприяють розвитку просторової уяви, комбінаторики, планування, пошуку різних варіантів створення об'єкта. Словесно-фантазійні ігри стимулюють розвиток мовленнєвої творчості, уміння вигадувати історії, добирати незвичайні характеристики, створювати нові смислові поєднання [5; 9].

В умовах закладу дошкільної освіти гра набуває особливої педагогічної значущості, оскільки саме тут вона може бути цілеспрямовано організована як засіб розвитку творчих здібностей усіх дітей, а не лише тих, хто спонтанно виявляє високий рівень креативності. Відповідно до положень Базового компонента дошкільної освіти освітній процес має бути спрямований на цілісний розвиток особистості дитини, підтримку її ініціативи, самостійності, допитливості та здатності до творчого самовираження. Одним із провідних механізмів реалізації цих завдань є саме ігрова діяльність, яка відповідає віковим потребам дошкільника та забезпечує природний спосіб входження в культуру, спілкування, пізнання й творчість [1].

Ефективність гри як засобу розвитку творчих здібностей залежить від сукупності педагогічних умов. Насамперед ідеться про створення розвивального предметно-ігрового середовища. Таке середовище має бути відкритим, варіативним, безпечним, естетично привабливим і насиченим матеріалами, що спонукають до фантазування, експериментування та сюжетотворення. У груповій кімнаті доцільно передбачити зони для сюжетно-рольової гри, театралізованої діяльності, конструювання, художньої творчості, усамітнення й самостійних задумів дитини. Важливо, щоб ігрові матеріали не лише задавали готовий сценарій, а й залишали простір для перетворення, комбінування та надання нових значень. Наприклад, універсальні предмети-замінники, набори для конструювання, тканини, маски, ляльки, природні матеріали, картки із зображеннями персонажів чи місць можуть активізувати творчу ініціативу значно сильніше, ніж надто регламентовані іграшки.

Не менш важливою умовою є педагогічна позиція вихователя. Для розвитку творчих здібностей недостатньо лише надати дитині іграшки чи вільний час. Педагог має виступати не директивним керівником, а уважним партнером, який підтримує дитячий задум, заохочує до пошуку варіантів, ставить відкриті запитання, м'яко розширює сюжет, допомагає налагодити взаємодію між дітьми та зберігає баланс між свободою і педагогічною доцільністю. Дослідники підкреслюють, що надмірне втручання дорослого може пригнічувати творчість, тоді як делікатний супровід, спільне моделювання ігрових ситуацій, введення проблемних моментів і підтримка дитячої ініціативи мають потужний розвивальний ефект [4].

Особливе значення має мовленнєва підтримка гри. Творчі здібності дошкільника тісно пов'язані з мовленням, оскільки саме через слово дитина позначає ролі, формулює задум, домовляється з партнерами по грі, описує уявну ситуацію, створює нові сюжети та образи. Чим багатше мовленнєве середовище й чим активніше дитина залучена до діалогу, розповідання, опису, придумування казок чи змінювання відомих сюжетів, тим інтенсивніше розвивається її словесна творчість. У цьому сенсі доцільними є ігри на продовження історії, вигадування альтернативного завершення казки, створення персонажа з певними рисами, словесне малювання образу, спільне складання сюжетів за серією картинок або умовними символами.

У розвитку творчих здібностей важливе місце посідає і взаємодія дітей у колективній грі. Саме в спільній діяльності дитина вчиться домовлятися, розподіляти ролі, приймати іншу точку зору, змінювати власний задум відповідно до логіки сюжету чи ініціативи партнера. Такі ситуації стимулюють гнучкість мислення, соціальну уяву, уміння імпровізувати та творчо реагувати на непередбачувані зміни. Колективна гра стає простором не лише індивідуального, а й спільного творення нових смислів. Це особливо важливо в умовах сучасного закладу дошкільної освіти, де пріоритетом є формування компетентностей, а не накопичення розрізнених знань.

Слід також наголосити на взаємозв'язку гри з іншими видами дитячої діяльності. Як зазначають М. Козир та І. Шиденко, «При відборі і систематизації ігор і вправ, спрямованих на розвиток творчих здібностей, враховуються не тільки вікові особливості дітей, а й логіка формування здібностей в різних видах художньо-естетичної діяльності [2]». Творчість дошкільника найповніше розвивається тоді, коли гра інтегрується з малюванням, ліпленням, музикою, руховою активністю, читанням художньої літератури, елементарним дослідництвом. Наприклад, після читання казки діти можуть не лише відтворити сюжет у грі, а й змінити його, додати нових персонажів, сконструювати середовище для гри, намалювати альтернативний фінал, інсценізувати події або придумати продовження. Така інтеграція підсилює ефект гри як засобу творчого розвитку, оскільки переводить дитину від наслідування до самостійного породження нових ідей.

Водночас важливо уникати формального підходу до організації ігор у закладі дошкільної освіти. Якщо гра надмірно регламентована, зведена до відтворення зразка або використовується лише як метод закріплення навчального матеріалу, її творчий потенціал істотно знижується. Дитина має відчувати право на власний задум, вибір ролі, трансформацію сюжету, використання предметів не за прямим призначенням, створення нових правил у межах спільної домовленості. Саме така свобода, поєднана з педагогічно грамотним супроводом, є підґрунтям для розвитку креативності.

Як можна бачити, гра в умовах закладу дошкільної освіти є не лише провідною діяльністю дошкільника, а й одним із найефективніших засобів розвитку його творчих здібностей. Вона забезпечує умови для активізації уяви, гнучкості мислення, емоційної виразності, мовленнєвої творчості,

ініціативності та самостійності. Найбільшого розвивального ефекту можна досягти за умови створення насиченого предметно-ігрового середовища, підтримки дитячої ініціативи, використання різних видів творчих ігор, інтеграції гри з іншими видами діяльності та дотримання партнерської позиції вихователя. Саме за таких умов гра стає дієвим механізмом формування творчої особистості дитини дошкільного

Висновки. Отже, гра є природною та педагогічно доцільною формою діяльності, що забезпечує розвиток творчих здібностей дітей дошкільного віку. Її потенціал виявляється у стимулюванні уяви, фантазії, дивергентного мислення, мовленнєвої активності, ініціативності та здатності до творчого самовираження. Умовами ефективного використання гри в закладі дошкільної освіти є розвивальне предметно-ігрове середовище, підтримувальна партнерська позиція вихователя, різноманіття творчих ігор і систематичне включення дитини в самостійну та спільну ігрову діяльність. Педагогічно організована гра сприяє не лише формуванню уяви, образного мислення, креативності, самостійності та активної пізнавальної позиції дитини, а й сприяє творчому, цілісному особистісному розвитку дошкільника, забезпечуючи можливості пошуку нових способів розв'язання ігрових і пізнавальних завдань.

Посилання

1. Базовий компонент дошкільної освіти: державний стандарт дошкільної освіти України / наук. кер. А. М. Богуш; нова редакція. Київ, 2021. 37 с.
2. Козир М.В., Шиденко І.В. Розвиток творчих здібностей дітей дошкільного віку засобами дидактичної гри. Педагогічні науки. Молодий вчений, № 10(86), 2020. С. 391-393.
3. Рагуліна М. Ігрові методи розвитку творчих здібностей у дітей дошкільного віку в музичній діяльності. Естетика і етика педагогічної дії. 2023. Вип. 27. С. 178-187.
4. Berk, L. E., Mann, T. D., Ogan, A. R. Make-believe play: Wellspring for development of self-regulation // Play = learning: how play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth / ed. by D. G. Singer, R. M. Golinkoff, K. Hirsh-Pasek. New York: Oxford University Press, 2006. P. 74-100.
5. Craft, A. Creativity and early years education: a life wide foundation. London; New York: Continuum, 2002. 206 p.
6. Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., Berk, L. E., Singer, D. G. (eds.). A mandate for playful learning in preschool: presenting the evidence. New York: Oxford University Press, 2009. 392 p.
7. Piaget, J. Play, dreams and imitation in childhood. New York: W. W. Norton & Company, 1962. 296 p.
8. Runco, M. A. Creativity: theories and themes: research, development, and practice. 2nd ed. San Diego, CA: Elsevier Academic Press, 2014. 518 p.
9. Singer, D. G., Singer, J. L. The house of make-believe: children's play and the developing imagination. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1990. 336 p.
10. Whitebread, D., Basilio, M., Kuvalja, M., Verma, M. The importance of play. Brussels: Toy Industries of Europe, 2012. 55 p.

РОЗВИТОК ПІДПРИЄМНИЦТВА В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ ТРАНСФОРМАЦІЇ БІЗНЕСУ

Студентка К.А. Юхновська
Керівник – проф.., доктор економ. наук Ю.О. Юхновська
КЗВО «Хортицька національна навчально-реабілітаційна академія», м. Запоріжжя, Україна

Проблематику впровадження інноваційних підходів і креативних цифрових технологій в управління українськими підприємствами в контексті сталого розвитку висвітлювали В. Томах, Т. Сігаєва та М. Мартиненко [4]. Питання стратегічних перспектив розвитку підприємств України в умовах діджиталізації бізнес-середовища досліджували І. Перевозова, І. Земляков, А. П'яста та Н. Драганчук [3].

Особливості функціонування та проблеми розвитку підприємництва під час воєнного стану стали предметом наукового аналізу Д. Левчинського, Г. Ступнікера, І. Каширнікової та Н. Зозулі [2]. Актуальні аспекти цифровізації бізнес-процесів у період війни розглядали О. Шевченко й А. Стрілець [5], тоді як Н. Євтушенко та Д. Стеценко зосередили увагу на визначенні основних викликів і можливостей цифрової трансформації бізнесу України в умовах воєнних дій [1].

У 2022 році міжнародна спільнота очікувала поступового відновлення економічного розвитку після значних втрат, спричинених пандемією COVID-19. Однак повномасштабна військова агресія рф проти України зруйнувала ці прогнози та суттєво підірвала перспективи стабільного соціально-економічного розвитку. Світові інфляційні тенденції почали посилюватися ще з 2020 року як наслідок пандемії, адже уряди більшості держав були змушені впроваджувати тривалі локдауни та жорсткі обмеження господарської діяльності.

Воєнні дії призвели до глибокого сповільнення економічних процесів в Україні та істотного скорочення ділової активності. Найбільш відчутні негативні наслідки зазнали регіони, на території яких відбуваються активні бойові дії. Водночас інші області країни також стикаються з серйозними викликами, зокрема розривом логістичних зв'язків, дефіцитом трудових ресурсів через еміграцію та внутрішню вимушену міграцію населення, а також мобілізацію громадян до сектору безпеки й оборони держави.

В умовах воєнного стану підприємництво в Україні зазнало суттєвих трансформацій, зумовлених масштабними економічними, соціальними та інституційними змінами. Повномасштабна агресія проти України спричинила порушення логістичних ланцюгів, скорочення внутрішнього попиту, руйнування виробничих потужностей, релокацію бізнесу та міграцію трудових ресурсів. Водночас кризові умови стали каталізатором адаптаційних процесів, інновацій та пошуку нових моделей ведення підприємницької діяльності.

Одним із ключових викликів для українського бізнесу стало забезпечення безперервності діяльності в умовах високої невизначеності. Значна частина підприємств змушена була змінити географію розташування, переорієнтувати ринки збуту або трансформувати профіль діяльності. Релокація бізнесу до більш безпечних регіонів сприяла формуванню нових економічних кластерів та посиленню ролі західних областей України як центрів підприємницької активності.

Суттєвим фактором підтримки підприємництва стала державна політика дерегуляції, податкових пільг та програм фінансової підтримки. Зокрема, урядові ініціативи, такі як програма «єРобота» та пільгове кредитування «5–7–9%», сприяли збереженню робочих місць і стимулювали започаткування нових бізнес-проєктів. Важливу роль також відіграє міжнародна фінансова допомога та грантові програми, спрямовані на підтримку малого та середнього бізнесу.

В умовах воєнного стану активізувалася цифрова трансформація підприємств. Бізнес активно впроваджує електронну комерцію, дистанційні форми роботи, цифрові платформи управління та онлайн-маркетинг. Це дозволяє мінімізувати операційні ризики, розширити клієнтську базу та інтегруватися у глобальні ринки. Крім того, зростає роль соціального та волонтерського підприємництва, яке поєднує економічну діяльність із вирішенням суспільно важливих завдань.

Особливого значення набуває інноваційна складова підприємницької діяльності. Українські підприємці демонструють високий рівень адаптивності, розробляючи нові продукти, послуги та технологічні рішення, зокрема у сфері IT, оборонних технологій, агробізнесу та креативних індустрій. Переорієнтація на експорт, інтеграція до європейського економічного простору та гармонізація стандартів створюють додаткові можливості для довгострокового розвитку.

Отже, воєнний стан створює для підприємництва України складні, але водночас трансформаційні умови. Виклики, пов’язані з безпековими ризиками, фінансовою нестабільністю та скороченням ресурсної бази, поєднуються з можливостями модернізації, цифровізації та структурного оновлення бізнесу. У перспективі саме гнучкість, інноваційність та стратегічна орієнтація на європейські стандарти стануть ключовими чинниками відновлення та сталого розвитку підприємницького сектору України.

Унаслідок військової агресії Україна зазнала значних гуманітарних і соціально-економічних втрат: руйнування інфраструктури, розриву виробничих зв’язків, порушення постачання ресурсів та скорочення експортного потенціалу. Водночас економіка поступово адаптується до умов воєнного часу, змінюються моделі господарювання, джерела доходів і поведінка економічних суб’єктів.

Воєнний період традиційно стимулює розвиток приватного підприємництва, оскільки зростають потреби армії у виробництві озброєння,

амуніції, продовольства, пального, засобів зв'язку та іншої продукції. Це активізує виробничі процеси й сприяє переорієнтації підприємств, зокрема тих, що виготовляють продукцію подвійного призначення, на забезпечення оборонних потреб.

Важливим напрямом трансформації бізнесу є цифровізація. Запровадження інформаційно-комунікаційних технологій підвищує ефективність управління, оптимізує бізнес-процеси, знижує трудомісткість обробки інформації та посилює конкурентоспроможність підприємств. Особливої актуальності це набуває у сферах кадрового управління, маркетингу та взаємодії з постачальниками й споживачами [4].

Отже, економіка воєнного стану характеризується посиленням державного регулювання, контролем за виробництвом і цінами, а також стратегічною переорієнтацією бізнесу на забезпечення потреб оборони та збереження економічної стійкості країни [2].

Висновки:

Воєнний стан став для підприємництва України потужним випробуванням, що супроводжується значними матеріальними втратами, порушенням логістичних ланцюгів, скороченням ринків збуту та дефіцитом трудових ресурсів. Водночас кризові умови виступили каталізатором глибокої трансформації бізнес-середовища, сприяли підвищенню адаптивності суб'єктів господарювання та активізації внутрішнього підприємницького потенціалу.

Доведено, що українські підприємства демонструють високий рівень гнучкості через релокацію виробництв, диверсифікацію діяльності, переорієнтацію на внутрішній ринок і експорт до країн ЄС, а також через активне впровадження цифрових технологій. Цифровізація бізнес-процесів, розвиток електронної комерції та використання інформаційно-комунікаційних технологій стали ключовими інструментами підвищення ефективності управління й конкурентоспроможності підприємств.

Суттєву роль у підтримці підприємництва відіграє державна політика, спрямована на дерегуляцію, фінансову допомогу, пільгове кредитування та стимулювання інноваційної діяльності. В умовах воєнної економіки посилюється координація між державою та бізнесом, зростає значення підприємств, що забезпечують оборонні потреби та критично важливі галузі.

Отже, розвиток підприємництва в Україні в умовах воєнного стану характеризується поєднанням глибоких викликів і нових можливостей. Подальше відновлення та зростання підприємницького сектору залежатиме від рівня інноваційності, цифрової зрілості, інтеграції до європейського економічного простору та ефективності державної підтримки. Саме ці чинники визначатимуть стійкість і конкурентоспроможність українського бізнесу у повоєнний період.

Посилання

1. Євтушенко Н., Стеценко Д. Цифрова трансформація бізнесу в умовах війни в Україні виклики та можливості. Економічний простір. № 191. 2024. С. 211-216
2. Левчинський Д., Ступнікер Г., Каширнікова І., Зозуля Н. Підприємництво України в умовах воєнного стану. Економічний простір. № 181. 2022. С. 110-114.
3. Перевозова І., Земляков І., П'яста А., Драганчук Н. Стратегічний розвиток підприємств в умовах діджиталізації бізнесу. Академічні візії. Вип. 32. 2024. URL: https://academyvision.org/index.php/av/article/view/1234/1111.
4. Томах В., Сігаєва Т., Мартиненко М. Цифрова трансформація управління підприємствами України у контексті сталого розвитку: інноваційні рішення, креативні технології. Академічні візії. Вип. 18. 2023. URL: https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/315/277.
5. Шевченко О., Стрілець А. Цифровізація бізнес-процесів під час війни. Збірник тез доповідей ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції. Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи. Київ, 08 грудня, 2022. С. 246-247.

STUDENTS' SENSE OF FEAR AT THE FIRST LESSON FROM JUDO

Students A.V. Yakusheva, D.Yu. Dondov, M.V. Shevchuk, A.E. Steriopolov
Supervisor - senior lecturer A.I. Kravtsova
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, Ukraine

Introduction. When we plunge into something new, it is always accompanied by fear and uncertainty about our abilities. This is what I faced at my first judo class, and I'm sure that not only I, but also some of the first-year students went through this as well. There may be perceptions in society that judo is a "tough" or "dangerous" sport. This increases prejudice and fear of training.

***Problem statement*:.** At the first class, I was afraid of getting hurt, I had a fear of the unknown, a fear of failure and an unfamiliar environment. This still worried me more and I doubted whether I could cope with it.

I would like to analyse these aspects in more detail in order to discuss the consequences and methods of overcoming fear:

- *Fear of the unknown:* The first judo class is usually a new experience for students. They may not know what to expect, including technical requirements, physical contact or even the specifics of the environment itself. This lack of information causes anxiety, especially for people who tend to be control freaks.

- *Fear of failure:* The fear of making a mistake or failing at a task is common among newcomers. This may be due to perfectionism or previous experiences where failure was perceived negatively.

- *Fear of judgement:* Students may fear that others will judge their abilities or mistakes negatively. This is especially true for young people who do not have experience in teamwork.

- *Psychological barrier to contact:* Judo requires physical contact, which can be very uncomfortable for some people, especially introverts or those who are not used to bodily intimacy.

- *Fear of injury*: Even with the instructor's explanations of safety, the fear of falling or getting hurt is a major cause of anxiety. Beginners often do not trust their physical abilities or other class participants.

- *Unfamiliar environment:* Changing from a familiar environment to a new one (group, room, teacher) can be stressful. Newcomers may feel isolated, especially if they do not know the other participants.

So we've identified the causes of fear, but what about the consequences and how to address them?

The fear experienced by students at their first judo class can have a multidimensional impact on their physical, emotional and social state, namely

1. Physical consequences: Anxiety often leads to physical tension that makes it difficult to perform even simple exercises. Muscle stiffness, improper breathing, or even reduced reaction time during training can be a serious obstacle. For example, a fear of falling can make you reluctant to perform ukemi exercises, which increases the risk of future injury.

2. Psychological pressure: Constantly worrying about the fear of failure or judgement can reduce self-esteem. Students who do not receive support may start to avoid training, which eventually leads to a negative attitude towards training or sport in general.

3. Social isolation: If a student is afraid of interacting with others, this can lead to social withdrawal. For example, in group exercises, such students often seek to avoid active participation, which increases their anxiety and creates a sense of isolation.

4. Impact on progress: Emotional discomfort can cause delays in learning techniques. A student who is afraid to perform basic exercises spends more time adapting, which slows down their overall development.

Overcoming fear at the first judo class requires a comprehensive approach that includes both psychological and physical support.

***- Creating a safe environment**:* Teachers should pay attention to creating an atmosphere of trust. This includes explaining techniques in detail, demonstrating their safety, and making it clear that mistakes are part of learning.

***- Learning by doing**:* Starting with simple exercises such as warm-ups and ukemis helps students reduce their anxiety levels. Slowly introducing new techniques avoids information overload and allows you to focus on gradual progress.

- Developing positive thinking skills*:* The teacher can also use motivational techniques such as emphasising successes and encouragement. For example, even minor progress, such as a correctly executed fall, should be reinforced with words of encouragement.

- Group support*:* Working in pairs or small groups helps to build a sense of community. It is important to rotate partners so that students get used to different styles of interaction.

- Physical fitness*:* Physical exercises aimed at developing coordination, flexibility and strength help to reduce the fear of injury. In addition, regular practice of falling in a controlled environment allows students to gradually get used to physical contact.

- Psychological support*:* If necessary, the teacher can also use elements of psychological work, such as breathing techniques or short relaxation exercises before training. This helps to reduce overall anxiety levels.

Conclusions: The first judo class can be intimidating and anxiety-inducing, but the right approach to learning can overcome these challenges. Teachers and group support play an important role in creating a comfortable environment. Over time, overcoming fear turns into a valuable experience that contributes not only to the physical but also to the emotional development of the individual. Thus, fear becomes a catalyst for growth and self-improvement.

References

1. Hnatyshyn Mykola. Judo wrestling as an effective means of self-improvement and professional development of student youth. Work with body, brain and energy: [manual] / M. Hnatyshyn. - Vinnytsia: Console, 2023. 70 p. : ill.- P. 13-18.
2. Psychological features of training a judo athlete for international competitions // Scientific Journal of the Drahomanov National Pedagogical University. Series 14: Theory and Methods of Art Education. - 2021. - Issue 11 (142). - P. 98-103.
3. Psychological training of judokas // Osvita.UA.
4. Pavelkiv R. V. General psychology. - K.: 2004. - 506 p.
5. Volzhentseva I.V. Dynamics of students' anxiety in the educational process / I.V. Volzhentseva // Pedagogical process: theory and practice: Collection of scientific papers / Institute of Pedagogy and Psychology of Vocational Education of the Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine - K.: ECMO, 2014 - Issue 2 - P. 319-329.

ЗМІСТ
CONTENTS

◈ СЕКЦІЯ 1 ◈
«МЕТАЛУРГІЯ, МЕТАЛООБРОБКА, МАШИНОБУДУВАННЯ. НОВІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

WORKSHOP 1
«METALLURGY, METALWORKING, MECHANICAL ENGINEERING. NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES »

Божко Є.О., Антонов М.Л. Перспективи підвищення ефективності фотовольтаїки за рахунок квантових точок …….. 4
Борщаговський О.О., Посмітюха О.П. Проєкт роздавального редуктора з міжосьовим диференціалом для легких повнопривідних багі ……. 6
Брикнер О.В., Ступак Ю.О. Щодо заміни вітчизняних марок сталі на іноземні аналоги у сучасному машинобудуванні …… 9
Буштрук С.І., Миронова Т.М. Виявлення та ідентифікація дефектів металевих виробів для унормування допустимого рівня при виготовленні за технологією PBF-LB/M ……... 13
Вендін В.В., Мініцький А.В. Розподіл Ni в структурі порошкових матеріалів системи Ti-Ni після променевої поверхневої обробки …. 17
Вернигора В.С., Тіхонов О.В. Присадки на основі наночастинок глини перспективний клас протизносних та антифрикційних добавок до моторних олив …….. 20
Гайдучик М.Р., Гриченко І.А., Пустохайлов Р.Р., Шилов Р.Д., Водін І.Й. Аналіз особливостей силікотермічного відновлення оксидів марганцю при отриманні середньовуглецевого феромарганцю ……. 24
Гончар Д.В., Посмітюха О.П. Проект легкого роторного обладнання для знешкодження протипіхотних мін з використанням наземного роботизованого комплексу ……. 28
Hryshchenko Y.O., Morkun V.S. Determination of dynamic components of the motion of the overflow product of a thin wet ore crushing ……. 30
Данильчук М.В., Корній С.А. Електроосаджені покриття Ni–Mo–B як альтернатива твердому хрому: мікромеханічні та трибологічні характеристики …… 33
Демянчук Д.О., Звірко О.І. Оцінювання за ударною в'язкістю експлуатаційної деградації трубної сталі газопроводу ……... 37
Єськов Д.В., Матина І.М., Сігарьов Є.М., Руденко М.Р. Зміна крайового кута змочування вогнетривів шлаком у різні періоди десульфурації чавуну в ковші …… 39

Єськов Д.В., Кондрашенков Д.С., Сігарьов Є.М., Похвалітий А.А. Термодинамічний аналіз і оцінка стабільності оксидних фаз у системі «шлак-вогнетрив» …….. 43

Yefanov V.S., Osipchuk R.B., Ivaniv A.M., Piasetskyi M.M., Bulish S.O. Influence of scanning rate and electron beam energy on the surface condition of additively growed samples from medical zirconium alloy ... 47

Жильцов К.С., Семенов П.О. Оцінювання впливу екстремальної швидкості деформування на деградацію сталей морських портальних кранів ……... 49

Завгородня Д.І., Томіна А.-М.В., Єрьоменко О.В. Дослідження впливу суміші базальтового волокна та тальку на трибологічні властивості поліорганосилоксану …….. 51

Захаров А.В., Рибалко І.М., Тіхонов О.В. Підвищення експлуатаційної стійкості робочих органів ґрунтообробної техніки шляхом керованого формування зносостійких відновлювальних покриттів 54

Зіменков Д.А., Ковальов С.В., Решетняк І.Л. Електроосадження цинку в магнітному полі низької індукції: механізми впливу, оптимізація параметрів процесу та перспективні властивості покриттів 59

Козлов Р.Р., Пузир Р.Г. Визначення напруженого стану під час роздавання трубчастих заготовок несиметричним інструментом ….. 62

Конторович Д.Р., Овчарук А.М. Дослідження, розробка наукових основ та впровадження штучного інтелекту в системи автоматичного управління електротермічними печами …… 65

Косогов А.С., Большаков В.І. Оптимізація параметрів плазмового нанесення покриттів …… 67

Кузнєцов В.А., Мішук К.М. Матеріали з фазовим переходом, як засіб покращення енергоефективності будівель ……... 76

Курочкін Н.В., Сівак М.О., Набережна О.О. Вплив довжини армуючого волокна на термогравіметричну поведінку композитів на основі фенілону …….. 83

Куц Д.О., Єфанов В.С. Вплив адитивної технології виготовлення на надійність та ресурс завихрювача камери згоряння авіаційного газотурбінного двигуна …….. 86

Куценко В.О., Попов О.О. Про актуальність розроблення екологічно безпечних нанокомпозитів для нейтронного захисту ……. 92

Ландар С.М., Бучинський М.Я. Підвищення ефективності буріння за допомогою моніторингу вибійних вібрацій ……. 94

Левченко Н.Р., Сьомик О.Б., Пузир Р.Г. Підвищення механічної міцності алюмінієвих провідників ліній електропередач методом локального деформаційного зміцнення …… 103

Майстренко А.С., Заїка С.М., Гречка А.І. Пристрій для хонінгування конічних отворів …….. 106

Масний А.А., Юрченко С.М. Сучасні пропелери для БПЛА: матеріали та ефективність …….. 109

Мурашко В.В., Літот О.В., Манько Т.А. Моделювання композиційного безлейнерного трубопроводу змінної товщини ……... 112
Назаренко Б.І., Бучинський М.Я. Вплив абразивності порід та гідродинамічних пульсацій на прискорений знос статорів гвинтових вибійних двигунів малих діаметрів …… 117
Овчинников О.В., Сторчак Є.А., Бронецька В.І., Білий Р.Ю., Мітіна Т.О. Дослідження структури пористих пластин із медичного сплаву Ti-6Al-4V_{ELI}, виготовленних лазерним 3D-друком …….. 119
Омелянчук Д.В., Посмітюха О.П. Розробка механічного трала для знешкодження протипіхотних мін ……. 122
Пантейков С.П., Романенко А.А., Бондаренко Я.І., Лопушин О.М. Процес навуглецювання заліза при його відновленні з вюститу твердим вуглецем: термодинаміка та практичні аспекти …… 124
Пантейков С.П., Селезньов А.С., Пісклов Д.С. Термодинамічний аналіз хімічних реакцій відновлення кремнію з його оксидів газом CO за прямим і непрямим методами ……. 130
Пінчук В.Л., Кривчик Л.С., Дейнеко Л.М., Панченко А.В. Особливості використання закордонних марок сталей і сучасних технологій термічної та хіміко-термічної обробки для зміцнення трубного інструменту ……. 136
Повзло Є.Л., Чорноіваненко К.О. Швидкорізальні сталі в Україні: властивості та гармонізація з міжнародними стандартами …… 148
Пугач А.С., Братута О.В., Решетняк І.Л. Дослідження енергоефективності асинхронних електродвигунів при зміні параметрів електроживлення …… 151
Пуларія Д.А., Рейдемейстер О.Г. Особливості проведення вимірювання товщини елементів металоконструкції вагонів при технічному діагностуванні …… 154
Сербін О.А., Заїка А.М., Заїка С.М., Гречка А.І. Розширення робочого простору верстата на основі плоского механізму паралельної структури …… 157
Сім'яник М.В., Циганов О.Р., Калініченко Д.В., Гриценко Т.В. Перспективи використання адитивного виробництва для експлуатації та вдосконалення компонентів мехатронних систем … 159
Соколовський М.В., Бондарєва С.В., Бондарєва В.І., Курило В.А., Бернацький А.В. Laser-DMD як метод виготовлення функціональних елементів на тонкостінних деталях з жароміцних нікелевих сплавів 162
Часов Д.П., Бейгул В.О., Серілко Д.Л., Гільмутдінов Р.Ф., Ващенко С.О. До питання дослідження динаміки збуреного руху системи «шнек-стрічка» …… 165
Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Похвалітий А.А., Кондрашенков Д.С., Вовк А.О. Підвищення енергоефективності процесу в кисневому конвертері шляхом попереднього підігріву металобрухту пиловугільним паливом …….. 168

Шишков О.С., Ішков В.В. Перспективи виробництва металевих порошків з техногенної сировини вуглевидобутку ……. 173
Юрченко Ю.В., Савицький В.В., Бернацький А.В., Сіора О.В., Набок Т.М. Stereo-DIC як метод визначення внутрішніх напружень та деформацій під час лазерного зварювання корозійностійких сталей …… 178
Яковенко Д.В., Чешенко Є.Д., Томіна А.-М.В., Губарєв С.В., Зимбряну А.С. Вплив швидкозагартованого алюмінієвого сплаву на показник абразивного стирання поліефірефіркетону ……. 184
Ясенова О.О., Козлов Г.О. Використання вітчизняних руд для виробництва марганцевих сплавів без агломерації: техніко-економічні та екологічні аспекти …….. 187

◈ СЕКЦІЯ 2 ◈
«ЕКОНОМІКА І УПРАВЛІННЯ. МЕНЕДЖМЕНТ. ПРАВО. МУНІЦІПАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО І ТРАНСПОРТ»

WORKSHOP 2
«ECONOMICS AND ADMINISTRATION. MANAGEMENT. LAW. MUNICIPAL ECONOMY AND TRANSPORT»

Агеєв Я.В., Черкудінов В.Е. Ефективність та шляхи модернізації телескопічних навантажувачів ……... 191
Артеменко П.А., Захорольська А.С. Військовий збір як складова доходів бюджету ……. 195
Брикнер О.В., Гуцалова В.І. Пріоритетні напрями підвищення конкурентоспроможності на промисловому підприємстві ……. 197
Булєєв Ю.С., Фісуненко П.А. Принципи декомпозиції показників цифрової трансформації підприємства для оцінювання його економічної безпеки …… 200
Гнатенко Т.П., Приймак М.В. Вдосконалення засобів для технічного обслуговування автомобільної техніки в державній спеціальній службі транспорту в умовах виконання спеціальних завдань …… 207
Гнатенко М.М., Соколова Л.В. Стратегія ESG як інструмент трансформації бізнесу ……. 208
Грабовська І.В., Савченко О.В. Методичні підходи до оцінки ефективності антикризових управлінських інновацій ……. 211
Гриценко Д.М., Посмітюха О.П. Деякі питання розробки стенду для перевірки ефективності ручного гальма автомобіля (на базі моделі Ланос) …….. 221
Дарморoз П.С., Полішко Т.В. Сутність та значення інноваційних стратегій для розвитку промислових підприємств в умовах економічної нестабільності ……. 223

Дроботя Я.А., Дорошенко О.О., Кравченко С.А. Систематичні та несистематичні економічні ризики …… 225
Захорольська А.С. Взаємозв'язок функцій бухгалтерського обліку та аналізу господарської діяльності ……... 227
Земницький О.В., Булгаков А.О. Пропозиції щодо роботи командира мостового підрозділу під час оцінювання загроз за процедурою TLP (troops leading procedure) …… 229
Kravets D.M., Nesterov Ya.S. Optimization of earth dam parameters under changing hydrological regime ……... 232
Кузьмич Я.І., Матюк Л.В. Сучасні підходи до мотивування працівників на підприємствах під час воєнного стану ……. 235
Лагутчев Д.М., Несевря П.І. Кількісне обґрунтування організаційно-технологічних стратегій зведення логістичних комплексів із використанням багатокритеріального аналізу ……..... 238
Ляшко Д.В. Проблема темпоральної дії результатів судового тлумачення …….. 241
Матвєєва М.М., Захорольська А.С. Грошові кошти в системі обліку 244
Мисак Я.І., Сороківська О.А. Перешкоди для формування ефективних мотиваційних стратегій у трансформаційному середовищі ……... 246
Mitkiewicz K., Doroshkevych K. Using the case study method to enhance the effectiveness of mentoring processes …….. 250
Мойсеєнко М.М., Ільїн О.О. Вплив BANI-факторів на вартість та терміни девелоперських проєктів ……. 252
Мусієнко М.Р., Посмітюха О.П. Модернізація редуктора відбору потужності автогудронатора на шасі автомобіля КрАЗ ……. 260
Ніколаєнко К.С., Гритенко О.А. Недоторканість державного кордону в умовах війни: кримінально-правова протидія незаконному перетину та переправленню осіб …… 262
Нікулеско Д.С., Вавренюк С.А. Аналіз повноважень органів публічної влади щодо забезпечення екологічного нагляду в сфері охорони навколишнього середовища …… 267
Обець А.О., Ящук М.О., Шаргородська Н.Б., Горбачова С.К. Використання штучного інтелекту в логістиці …… 270
Остроус Г.С., Савін С.Ю. Формування ефективної системи мотивації персоналу в умовах економічної нестабільності ……. 273
Підодня О.Г., Данилова Т.В. Удосконалення методів обґрунтування доцільності реконструкції підприємств будівельної індустрії ……... 275
Плохотнюк В.О., Черкудінов В.Е. Підвищення ефективності застосування екскаваторів безперервної дії ……. 277
Пляцук В.А., Квеліашвілі І.М. Модернізація митної діяльності як чинник економічної безпеки України: акценти нової редакції митного кодексу …….. 280
Посмітюха О.П., Главацький К.Ц. Проект бортового редуктора портального мосту автомобіля для збільшення кліренсу …… 282

Потаніна А.Т. Розвиток бюджетної грамотності студентів у системі підготовки фахівців фінансової сфери …….. 284
Просянюк А.Г., Приймак М.В. Обґрунтування рекомендацій щодо технічного обслуговування автомобільної техніки державної спеціальної служби транспорту в умовах виконання спеціальних завдань ……... 287
Сабалдир О.О., Сепанова Г.М. Протидія корупції та економічним махінаціям як ключовий напрям управління економічною безпекою держави …… 289
Стець Р.О., Варава Л.М. Інтеграція людського та штучного інтелекту в системах управління сучасними організаціями ……... 291
Тіхонов А.М., Нестерова С.В., Предместніков О.Г. Розподіл цивільно-правової відповідальності між розробником і власником автономної роботизованої системи: доктринальні підходи та перспективи законодавчого врегулювання в Україні ……. 294
Тютюнник Я.О., Удод Е.В., Соколова Л.В. Цифровий менеджмент: ERP, CRM, AI та маркетингові платформи трансформації бізнес-процесів …… 303
Ustynov O.H., Balashova Yu.B. The role of intelligent traffic lights in modern urban traffic management …… 308
Харченко В.В., Соколова Л.В. Інтегральний нейромаркетинговий механізм впливу на купівельні рішення споживачів …….. 310
Чорна А.О., Заболотна Н.М. Цифровізація публічного управління в умовах воєнного стану: виклики та адаптаційні механізми ……... 315
Шафар А.А., Білак Ю.Ю. Інтелектуальні моделі вибору туристичних напрямків ……. 318
Шевчук А.С., Посмітюха О.П. Проект бортового редуктора з гідроприводом автомобільного напівпричепа підвищеної прохідності 321
Шепетюк С.Є., Шепетюк Л.В. Бар'єри технологічної модернізації малого та середнього бізнесу в сучасних умовах …… 323

◈ СЕКЦІЯ 3 ◈
«ІНФОРМАТИКА, ІТ-ТЕХНОЛОГІЇ, ШІ ТА РОБОТОТЕХНІКА. ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА»

WORKSHOP 3
«INFORMATICS, IT TECHNOLOGIES, AI AND ROBOTICS. APPLIED MATHEMATICS»

Антонова М.В., Васильєва Є.В. Автоматизована система керування для складних об'єктів керування ……... 326
Бейцун В.С. Сучасний стан моніторингу лопатей горизонтально-осьових вітроелектростанцій: огляд методів та засобів діагностики 328

Богуцький Д.В., Клименко І.В., Горбова О.В. Адаптація алгоритмів оцінки читабельності технічних текстів на основі предметно-орієнтованих лексиконів ……. 332
Бойко Г.А., Головенко Т.М., Бойко Є.В. Комп'ютерні технології у дизайні текстильного взуття …….. 335
Бондаренко П.Є., Клименко І.В. Застосування сучасних фреймворків автоматизованого API-тестування веб-додатків з інтеграцією відкритих даних ……... 340
Борисов В.М., Пудова К.О., Рудь Д.В., Шаргородська Н.Б. Ігрова індустрія (gamedev) як один із перспективних напрямів у сфері IT... 343
Брошеван Т.В., Голик Р.А., Морович А.О., Смоляр Я.М. Техніко-криміналістичні аспекти та роль викладача інформатики у процесі фіксації правопорушень проти дітей у цифровому просторі ……. 346
Возняк М.Н., Возняк Н.О. Труелі як марковські ігри: карти переможців і вразливість стратегій ……... 347
Воловецький О.О., Тронь В.В. Критерій вибору ядерної моделі для прогнозуючого керування на основі властивостей аналітичного градієнта ……... 353
Gaysanov Deni Threats and trends in cybersecurity for companies and organizations (based on the analysis of reports from 2020–2026) …… 358
Ганжа О.О., Іванчук Н.В. Особливості застосування моделей глибокого навчання та графової технології Retrieval-Augmented Generation для генерації текстових описів для інтернет-магазинів ... 368
Грицай О.В. Використання інформаційно-цифрових технологій на уроках інформатики: від інструменту до середовища навчання …… 371
Гузь Г.М., Гузь Д.В. Нативна заміна Javascript рішень ……... 376
Демещенко І.В. Інтеграція технологій штучного інтелекту в процес підготовки операторів верстатів з ЧПК …… 379
Зіма В.О., Кобилін І.О. Системний аналіз просторового покриття та оптимізація краудсорсингового збору даних міської доступності …. 382
Карабут В.М. Використання інтегрованої CAD/CAM-системи в процесі програмування обробки деталей на верстатах з чпк …….. 384
Кашуба С.В., Хоменко Л.Г. Інтелектуальні STEM-лабораторії з віддаленим керуванням роботами як інноваційне середовище освітнього процесу з технологій …… 387
Куропятник М.О., Тимошенко Л.С. Розробка елементів системи моніторінгу енергоспоживання з інтеграцією WI-FI модулів ESP32 393
Lebid Yevhen, Klymenko Ivan Comparative analysis of vector search efficiency in GCP firestore …… 395
Лемешко І.В., Антонова М.В. Сучасні мікроконтролери в системах обробки інформації …… 398
Lysenko D.O., Kobylyn I.O. Optimisation of large language model (LLM) deployment through modern methods of weight quantisation, activation and KV-cache …… 401

Лисенко Л.М., Біленька Н.Ю., Дуброва К.М. Використання платформ Kahoot! та Quizizz для підвищення залученості студентів на лекційних заняттях ……. 404

Н.Д. Лі, І.О. Кобилін Поведінкове виявлення псевдодублікатів workflow для LoRA-моделей на основі візуальних ембеддингів зображень ……. 407

Макарчук А.В. Дослідження впливу зміни частоти дискретизації цифрового сигналу на зміну якості його наближення інтерполяційними аналогами операторів Фейєра …… 409

Маловічко К.В., Куроп'ятник О.С. Дослідження засобів залучення уваги користувачів сайтів ……... 412

Матвєєв М.С., Сердюк Н.М. Проблема галюцинацій у великих мовних моделях та методи її зменшення …….. 414

Мельник В.С., Смітюх Я.В. Застосування нейромереж для швидкодіючого регулювання температури в камерних конвективних сушарках …….. 417

Ніжегородцев В.О. Автоматизовані напрями цифрового контролю моніторингових систем комунальних витрат …….. 419

Пархоменко С.В., Бех П.В. Оптимізація розрахунку кількості подач вагонів при перевезенні масових вантажів …….. 421

Ращупкін Я.В. Вразливість класичних стеганографічних методів до алгоритмів стиснення у сучасних месенджерах …….. 423

Слабишев М.В., Шпурик Г.Ю., Шаравара В.В. Перспективи розробки системи електронного підпису документів ……. 425

Тодоров В.А., Пахомова В.М. Згорткова нейронна мережа як математична модель класифікації бізнес-документів ……. 428

Цяпа О.В., Заболоцький Т.М. Оцінювання ваг портфеля з найменшою дисперсією на основі співвідношення дохідність-дисперсія …….. 433

Чеботарьов М.М., Тимошенко Л.С. Архітектура IOT-системи управління освітленням із використанням протоколу MQTT …… 442

Черній В.П., Денисов Д.О., Голуб А.М. Використання автоматизованої технології на базі машинного навчання для раннього виявлення в учнів порушень постави ……. 445

◈ СЕКЦІЯ 4 ◈
«ХАРЧОВА І ПЕРЕРОБНА ПРОМИСЛОВІСТЬ, СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ЕКОЛОГІЯ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»

WORKSHOP 4
«FOOD AND PROCESSING INDUSTRY, AGRICULTURE. ECOLOGY AND LIFE SAFETY»

Агоштон Д.І., Паламарчук С.П. Світовий та європейський досвід становлення оцінки впливу на довкілля ……... 451
Байлін Р.Ю., Зеленський А.Г. Вплив хімічних добавок на ефективність бетонів із сухих будівельних сумішей за умови використання води різної якості …….. 453
Botsenko V.S., Mukhin Ya.N., Nesterova O.V., Shashkina N.I. Problems and ways to reduce the mineralization of surface waters …….. 455
Варфоломєєв О.С., Брижак Д.Є., Шарков В.В. Зниження рівнів води в водоносних шарах при осушенні їх безнапірних зон ……... 457
Володимиров В.В., Суха І.В. Підвищення екологічності виготовлення електронних плат за рахунок використання композитних матеріалів 459
Задорожний С.В., Дементьєв А.О., Шарков В.В. Продуктивність водозаборів підземних вод з нелінійними інфільтраційними басейнами 461
Засадний Р.О., Парнюк Є.В., Шарков В.В. Вплив утримання постійних рівнів води в колодязях на їх продуктивність …… 463
Засименко Л.В., Романова О.О. Розробка рецептури гідрофільної олії для очищення шкіри обличчя з екстрактом бергамоту …… 465
Ihnatenko A.V., Chorna D.A., Nahorna O.K., Shashkina N.I. Optimization of technological modes for biological treatment of wastewater from dairy production …… 468
Ільченко І.Д., Ремига Д.В., Журавльова О.А., Стратій Г.О. Фактори надійної роботи систем водопостачання …….. 470
Кобилко І.В., Ковальчук В.А. Одночасна нітрифікація-денітрифікація у реакторі циклічної дії з плаваючим пінополістирольним завантаженням для очищення стічних вод молокопереробних підприємств …… 472
Когут С.В., Ковальчук В.А. Вдосконалення технології біологічного очищення стічних вод у реакторі періодичної дії за допомогою методу вакуумної дегазації мулової суміші …… 476
Кожухар Б.О., Рибалко І.М. Підвищення продуктивності та якості очищення зануренням гідродинамічною активацією миючого розчину …… 480
Козлов В.В., Шарий Г.І. Дистанційна оцінка екологічної трансформації оскільського водосховища …… 485

Корнієнко Р.І., Кутний Б.А. Екологічні та ресурсоощадні аспекти застосування гідратних теплоакумуляторів у децентралізованих системах теплопостачання ……. 488

Krasnikov B.K., Petrenko V.Y., Nahorna O.K., Shashkina N.I. Optimization of membrane bioreactor operating modes for wastewater treatment …… 491

Крячков Д.О., Лень С.Д., Груздєва О.В. Гідрометалургійне вилучення Zn та Mn із відпрацьованих лужних батарейок як основа синтезу добрив ……... 493

Магден Н.О., Подобій О.В. Перспективи розроблення рецептури шампуню з ефектом холодного відновлення волосся ……. 496

Melnykov A.V., Avtonomov A.D., Nahorna O.K., Shashkina N.I. Efficiency of iron and manganese removal technologies from groundwater …….. 499

Момот І.В., Ісраелян В.М. Дослідження хімічного складу м'яса нутрії та його впливу на формування якісних показників м'ясних продуктів …….. 501

Nahornyi M.O., Bakhova A.O., Mushket V.L., Shashkina N.I. The research on zero liquid discharge technologies at distillery plants ……... 503

Новоселецький Р.М., Біляєва В.В. Моделювання процесу нестаціонарної теплопровідності крізь стінку …… 505

Носевич Д.С., Нестерова О.В. Еколого-гідравлічне забезпечення надійності водозабірних споруд …… 507

Петрук Д.В., Стрижеус О.М., Гопанчук Л.М. Управлінсько-економічні механізми розвитку зелених навичок на підприємствах харчової промисловості ……. 510

Поварчук В.І., Юрчишин М.І., Качан О.В. Розробка поживних страв швидкого приготування в умовах обмежених ресурсів ……. 514

Подоляк Т.М., Дмитренко В.І. Удосконалення конструкції пристрою для мікрохвильового запобігання гідратоутворення у промислових газопроводах …… 516

Половинка І.П., Боярська Н.В., Бишевий А.Ю., Шульга П.Д., Прокопчук Н.М. Аналіз фізико-хімічних показників якості джерельної, водопровідної та води з свердловин міста Києва …….. 520

Popovych A.S., Artemiev D.V., Nesterov Ya.S., Shashkina N.I. Use of natural coagulants to reduce the color of surface waters …….. 524

Примачук А.С., Боско Н.М. Фізичні методи теплової обробки харчових продуктів як чинник енергоефективності …… 526

Приходько К.В., Філінська Т.Г., Шевченко А.Г., Філінська А.О. Особливості використання жолудевого борошна у виробництві хлібобулочних, макаронних і борошняних кондитерських виробів .. 529

Rukavishnikova Y.V., Khmel D.V., Nahorna O.K., Shashkina N.I. Intensification of biological treatment processes for municipal wastewater ... 539

Стеценко А.Р., Орихівська О.М. Еколого-технологічні переваги застосування біочару в системах органічного землеробства …….. 541
Tretiakov Ye.D., Grigoryan D.V., Nesterova O.V., Shashkina N.I. Treatment of surface runoff from railway tracks …….. 543
Холодюк Д.О., Красовська К.В., Качан О.В. Розвиток у харчових технологіях: використання локальної та сезонної сировини …….. 545
Часов Д.П., Бейгул В.О., Ярошевська Т.В., Гільмутдінов Р.Ф., Захаров Н.О. Аналіз сучасних досліджень напружено-деформованого стану шаруватих матеріалів ……... 548
Chmykhalo D.S., Bilenko D.Yu., Nesterova O.V., Shashkina N.I. Some peculiarities of drinking water treatment from low-yield surface water sources ……... 550
Чорна Д.А., Петренко В.Є., Журавльова О.А. Ефективність процесу хлорування води …….. 552
Щербина С.А., Біляєва В.В. Чисельне моделювання у прикладних задачах тепломасопереносу …… 554
Юрков Р.С., Книш Л.І. Щодо моделювання теплообміну в фазоперехідному тепловому акумуляторі сонячної термодинамічної установки ……. 557

◈ СЕКЦІЯ 5 ◈
«ПРИРОДНИЧІ, ГУМАНІТАРНІ, СОЦІАЛЬНО-ПОЛІТИЧНІ НАУКИ, У Т.Ч. ПЕДАГОГІКА І ПСИХОЛОГІЯ»

WORKSHOP 5
«NATURAL, HUMANITIES, SOCIO-POLITICAL SCIENCES, INCLUDING PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY»

Андрейчук А.В., Скібяк М.П. Діпфейки як інструмент соціальної інженерії: технічний аналіз, виявлення та загрози для інформаційної безпеки України ……. 560
Babentsov O., Karmazina L. Stylistic features of modern english-language journalism …….. 569
Басанець В.Ф., Петляєва В.В. Сучасні підходи до контролю та оцінювання англомовної граматичної компетенції ……. 573
Бацько Б.М., Ільніцька К.С. Використання матеріалу про стан та перспективи освоєння поновлюваних джерел енергії в Україні у процесі вивчення учнями шкільного курсу фізики ……. 576
Бойко К.С., Дерев'янко С.П. Відмінності між сумом і депресією: прояви і наслідки ……. 581
Братута О.В., Пугач А.С., Ковальов С.В. Методи розв'язання задач розподілу струму різних типів ……... 585

Будкевич В.А., Швардак М.В. Забезпечення якості та структурна логіка магістерських програм права у Великій Британії: орієнтири для модернізації правничої магістратури України ……... 593
Ганчева В.О., Камінський Р.З. Система виховного процесу у Збройних силах України ……. 595
Гладковська Н.Д., Шиян В.М. Застосування лікувальної фізичної культури у профілактиці та корекції сколіозу …….. 599
Гончарова А.А., Кузнєцова О.Я. Розвиток пізнавального інтересу учнів на уроках фізики засобами інтерактивних технологій …….. 604
Hordiienko A., Karmazina L. Lexical features of style in english advertising texts ……. 608
Грицан О.Г., Сидоренко В.В. Формування мотиваційної готовності майбутніх викладачів закладів вищої освіти до науково-дослідницької діяльності …… 613
Гром А.В., Борович В.Б., Радзивіл В.В., Кривобока Г.І., Заліська С.С. Роль штучного інтелекту в розвитку обдарованості здобувачів освіти спеціальності F7 «Комп'ютерна інженерія» у фаховому коледжі …….. 618
Гуменна Т.М., Кравчук О.М., Воронов М.О. Навчальна студія розробки CAMPUS як модель наскрізної практико-орієнтованої підготовки майбутніх ІТ-фахівців ……. 621
Дусик Є.С., Сологубова С.В. Міопія та її вплив на здоров'я і спосіб життя людини …….. 630
Іващук Богдан, Смолінська О.Є. Портфоліо викладача як сучасний підхід до побудови індивідуального бренду …… 634
Іващук Петро, Смолінська О.Є. Поняття культури оцінювання як елементу професіоналізму викладача ……... 636
Калатур В.В. Особливості формування емоційного інтелекту молоді у сучасному освітньому просторі …….. 638
Kapustina A.O., Lysenko E.V., Hukalenko D.V., Harlamov I.V., Kravtsova A.I. OSACEA student activity during martial law …….. 641
Кирпита Т.В. Типологія й функціональні особливості евфемізмів в англійському та українському дискурсах …… 644
Козачук К.І., Кулик А.В. Deepfake-технології як інструмент цифрового насильства проти медійниць …….. 647
Костенко В.А., Жеваго О.О. Порівняльний аналіз вебдоступності сайтів закладів вищої освіти України та світу ……. 652
Кузнецов О.А., Сербовка О.П. Становлення козацької культури та її вплив на формування самосвідомості українського народу …….. 654
Кузьменко Є.О., Сторожинська Д.В. ШІ-наставник у кишені: як нові технології змінюють роль вчителя та учня …….. 665
Кулакова В.М., Солдатова В.Ю. Використання сервісу Diffit AI для навчання ……... 668
Куценко С.Ю. Цифрові ресурси в історичній освіті: створення навчального коміксу за допомогою сервісу Storyboard That …….. 670

Кучерук І.Є., Ткачук С.М. Особливості використання українського фольклору у процесі музичного виховання дітей старшого дошкільного віку ……. 676
Lysenko E.V., Kapustina A.S., Hukalenko D.V., Stereopolov A.E., Kravtsova A.I. Psychological state of students during physical activity 680
Lixiao Kang, Sladkykh I.A. Responsible use of generative ai in scientific research …….. 682
Лозинський Назарій, Смолінська О.Є. Якість взаємодії «викладач – студент» як чинник результативності навчання …….. 687
Мазур А.С., Габрусєв В.Ю. Цифровізація навчання вебпрограмування: від статичного підручника до цифрових дидактичних ресурсів в умовах впровадження старшої профільної школи НУШ …… 690
Марусов М.С. Штучний інтелект в освітньому просторі: виклики традиційній моделі та можливості модернізації навчання ……. 694
Масний А.А., Камінський Р.З. Особливості спілкування у військовій діяльності ……. 697
Просянюк А.Г., Щека І.М. Особливості виконання службових обов'язків військовослужбовцями-жінками ……. 699
Разінькова О.В., Єльников М.В. Качка як елемент міфологічної моделі світу в слов'янській чарівній казці …… 701
Rudenko A., Karmazina L. Stylistic features of dialogues in english-language cinematography ……. 706
Сембрат С.В., Камінський Р.З. Соціально-психологічні чинники формування лідерських компетенцій офіцера ……. 710
Солод І.М., Жеваго О.О. Про можливість застосування векторних баз даних для семантичного пошуку по робочих програмах дисциплін закладу вищої освіти …….. 713
Steriopolov A.E., Harlamov I.V., Lysenko E.V., Hukalenko D.V., Kravtsova A.I. Motivation of OSACEA students towards physical education classes …….. 714
Тарасюк Б.С., Аксьонова О.С. Штучний інтелект в освіті: погляд здобувача освіти Дніпровського фахового коледжу енергетичних та інформаційних технологій ……. 717
Тищенко О.Л. Формування креативного мислення студентів на заняттях з географії ……. 721
Ткач О.В. Ефективне студентське самоврядування - результат творчої співпраці педагога і студента ……. 726
Цховребов В.В., Лушня Н.В. Біоритми здобувачів освіти у період адаптації до навчання …….. 729
Чекмарьова Н.Г., Хаджинов В.А., Чернявська О.А. Фізична культура та спорт – найважливіший засіб всебічного і гармонійного розвитку особистості …….. 733

Шевчук М.М., Голев В.О., Сидоренко І.І. Застосування методу аналізу ієрархій до визначення рейтингу підручників серед джерел навчальної інформації при підготовці курсантів до занять з вищої математики …….. 738

Шумук Ю.В., Сачик А.С., Борисюк Л.В. Вірші Пауля Целана в перекладах Сергія Жадана: антивоєнна тематика …… 743

Щека І.М., Масний А.А. Особливості проходження військової служби різними категоріями військовослужбовців у мирний та воєнний час …….. 747

Щека І.М., Семиліт К.А. Підтримка сім'ї військовослужбовця як мотиваційний фактор військової служби в Україні ……. 749

Юній В.Б., Тягур В.М. Гра як засіб розвитку творчих здібностей дошкільників в умовах закладу дошкільної освіти …….. 751

Юхновська К.А., Юхновська Ю.О. Розвиток підприємництва в Україні в умовах воєнного стану: виклики та можливості трансформації бізнесу ……. 757

Yakusheva A.V., Dondov D.Yu., Shevchuk M.V., Steriopolov A.E., Kravtsova A.I. Students' sense of fear at the first lesson from judo ……. 760

Наукове видання

XVI Всеукраїнська конференція молодих вчених «Молоді вчені 2026 - від теорії до практики»

18 березня 2026 р., Дніпро, Україна

МАТЕРІАЛИ /статті, доповіді, тези доповідей, аналітичні матеріали/
Українською та англійською мовами

Відповідальні за випуск: Хохлова Т. С., Ступак Ю. О.
Укладачі: Хохлова Т. С., Ступак Ю. О.
Комп'ютерна верстка Ступак Ю. О.

Здано на складання 21.03.25. Підписано до публікації 30.03.26. Електронне видання
Обл-від.арк. 97,1. Умовн. друк. арк. 92.3.

Видавництво «Журфонд»
49001, Дніпро, вул. Старокозацька, 8.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
ДК № 684 від 21.11.2001 р.

Підготовлено до публікації:
ТОВ «Дніпровський освітній центр»
49000, Україна, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського, 1/2

Укладачі: Т.С. Хохлова, Ю.О. Ступак

М75 XVI Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «**Молоді вчені 2026 - від теорії до практики**»: Матеріали. Електронне видання. – Дніпро, Журфонд, 2026. – 777 с.

ISBN 978-617-8737-68-9

Збірник містить 214 доповідей у вигляді статей (доповідей, тез доповідей), які надійшли до Оргкомітету XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Молоді вчені 2026 - від теорії до практики» до 18 березня 2026 р. та прийняті до опублікування.

УДК 658.562.012.7