



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, РОБОТОТЕХНІКИ ТА
КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-
ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ

«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ СВІТІ»

21 квітня 2026 р.
м. Харків

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний біотехнологічний університет
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Сумський державний університет
Національний університет цивільного захисту України
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Національний університет «Львівська політехніка»
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця
Національний університет "Чернігівський колегіум" імені Т.Г Шевченка
Одеський Державний Аграрний Університет
Миколаївський національний аграрний університет
Автономний університет Нижньої Каліфорнії (Мексика)
Військовий інститут імені Гейдара Алієва (Азербайджан)
Академія Сілезії (Республіка Польща)
Національний центр ядерних досліджень (Республіка Польща)

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

Міжнародної науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти і молодих учених

«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ СВІТІ»

21 квітня 2026 року

Харків
ДБТУ
2026

УДК 004.032(06.01)
ББК 32.973(2)
ITSBTU26

Редакційна колегія конференції

Михайлов В.М., д.т.н., проф., головний редактор;
Сорокін М.С., к.т.н., доц., заступник редактора;
Демченко К.В., к.т.н., доц., заступник редактора;
Тимчук С.О., д.т.н., доц.;
Сергієнко О.Ю., д.т.н., проф.;
Левтеров О.А., д.т.н., с.н.с., проф.;
Мірошник О.О., д.т.н., проф.;
Romaniuk S., д.т.н., доц. (Rzeczpospolita Polska);
Tyrsa V, PhD, prof. (United Mexican States);
Єфименко О.В., к.т.н., проф.;
Бекіров А.Ш., к.т.н., доц.;
Гринченко М.А., к.т.н., доц.;
Ставерська Т.О., к.е.н., доц.;
Петрова О.І., к. с.-г.н., доц.;
Шимчишин О.Й., к.т.н., доц.;
Плугіна Т.В., к.т.н., доц.;
Нечитайло Ю.А., к.т.н. доц.;
Колісник М.О., к.т.н., доц.;
Тютюник О.О., к.т.н., доц.;
Прядко Н.О., к.псих.н., доц.;
Наконечна О.А., к.т.н.;
Nestorenko O., PhD, доц. (Rzeczpospolita Polska);
Zakaryayev Zaur Neymat (Azerbaijan Republic);
Яковлева В.П., керівник відділу організації наукової роботи з науково-педагогічним персоналом та здобувачами освіти ДБТУ.

Друкується згідно Переліку міжнародних, всеукраїнських науково-практичних конференцій здобувачів вищої освіти і молодих учених Державного біотехнологічного університету у 2026 році та наказу в.о. ректора ДБТУ про проведення Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інформаційні технології в сучасному світі» (№ 01-01/104 від 01.04. 2026р.)

ITSBTU25 Інформаційні технології в сучасному світі [Електронний ресурс]: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 21 квітня 2026 р. / Державний біотехнологічний ун-т. – Харків, 2026. – 606 с. – Електронні текстові дані. Режим доступу: <https://biotechuniv.edu.ua/nauka/konferentsiyi/>

УДК 004.032(06.01)
ББК 32.973(2)

Наведено повідомлення про результати обговорення результатів досліджень, актуальних питань, викликів і трендів у світі інформаційних технологій; обміну інноваційними ідеями щодо розповсюдження наукового досвіду у сфері застосування інформаційних технологій в умовах євроінтеграції та глобальної цифрової трансформації.
Призначено для науково-педагогічних працівників, здобувачів освіти, науковців, фахівців з інформаційних технологій.
Видано в авторській редакції.

© Державний біотехнологічний
університет, 2026

Присвячено пам'яті першого завідувача кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Фурмана Іллі Олександровича



Ілля Олександрович Фурман народився 29 травня 1941 р. Попри те, що його дитинство та юність прийшлися на трагічні роки Другої Світової війни й важкі часи повоєнної відбудови, сільський хлопчик закінчив школу із срібною медаллю. Водночас у 1958 р. почав трудову діяльність і навчання на вечірньому відділенні факультету автоматики та приладобудування Харківського політехнічного інституту.

Фурман І. О. працював у об'єднанні «Турбоатом» (1958), Харківському політехнічному інституті (1964-1965), проєктному інституті «Південдіпрошахт» (1965-1970), у Всесоюзному науково-дослідному та проєктно-конструкторському інституті «ВНДІТелектромаш» (1970-1991).

Кандидатська (1976) і докторська (1989) дисертації були захищені в Інституті кібернетики Національної Академії наук України. У 1992 р. доктору технічних наук І. О. Фурману присвоєно вчене звання професора за спеціальністю «Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування».

З 1991 р. Ілля Олександрович працював професором кафедри кібернетики Харківського інституту механізації і електрифікації сільського господарства, а з 2000 р. – завідувачем кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Харківського державного технічного університету сільського господарства, яку вони заснували спільно з Тимчуком Сергієм Олександровичем.

Професор Фурман І. О. – автор понад 200 наукових праць (у тому числі: 8 монографій, 11 підручників та 5 навчальних посібників для ВНЗ з грифом Міністерства, 15 авторських свідоцтв СРСР та 20 патентів України на винаходи. У 2005, 2006, 2007 роках нагороджувався дипломами Академії наук вищої освіти України за кращий підручник. У 2000 р. І. О. Фурмана обрано членом науково-дослідної ради Американського біографічного інституту (ABI), у 2001 р. Іллю Олександровича обрано академіком Академії наук вищої освіти України.

25 жовтня 2022 р. видатний вчений пішов з життя, але він продовжує жити в нашій пам'яті, в наших серцях, у своїх учнях, які роблять вагомий внесок у розвиток науки.

**Вітальне слово в.о. ректора
Державного біотехнологічного університету,
доктора юридичних наук, професора
Москаленко Олени Вячеславівни**

Шановні колеги, вітаю Вас із початком Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених **«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ СВІТІ»**

Вже втретє Державний біотехнологічний університет стає центром тяжіння для наукової спільноти в межах щорічної конференції, присвяченої інформаційним технологіям. Символічно, що цей захід проводиться саме зараз, коли цифрова трансформація остаточно перейшла зі статусу «перспективного напрямку» в категорію фундаментальної основи існування людства. Ми щиро сподіваємося, що в епоху всеохопної дифузії ІТ у всі сфери суспільного життя, ця конференція стане традиційним майданчиком для формування стратегічних візій майбутнього.

Головна місія нашого наукового форуму полягає у:

- виявленні останніх тенденцій, інноваційних проривів та кращих світових практик у динамічному ІТ-секторі;
- створенні відкритого простору для обміну унікальним досвідом, знаннями та сміливими ідеями, що здатні трансформувати галузь;
- спільному пошуку ефективних рішень для подолання актуальних викликів – від кібербезпеки до етичних аспектів штучного інтелекту;
- налагодженні стійких партнерських зв'язків між закладами освіти, науковими центрами та представниками реального сектору економіки.

Сьогодні ми з особливою гордістю відзначаємо участь у конференції представників провідних вітчизняних та закордонних наукових шкіл. Географія учасників свідчить про високу довіру до нашого заходу: до обговорення долучилися провідні фахівці з академічних осередків Києва, Одеси, Миколаєва, Чернігова, Івано-Франківська, Запоріжжя, Луцька, Львова, Полтави, Мелітополя, Сум, Харкова та багатьох інших міст. Міжнародний статус події підтверджується участю зарубіжних колег із Азербайджану, Мексики, Польщі та інших держав, що відкриває нові горизонти для глобального наукового обміну.

Для здобувачів освіти та молодих вчених конференція є неоціненним інструментом апробації результатів досліджень та першим кроком у велику науку. Поширення передового досвіду та створення умов для міжнародної співпраці – це ті інвестиції в людський капітал, які забезпечать технологічне лідерство нашої країни в майбутньому.

Бажаю всім учасникам плідної роботи, конструктивних діалогів та натхнення! Нехай результати ваших досліджень стануть надійним підґрунтям для розвитку інформаційних технологій, а накопичений досвід сприятиме виведенню освітнього процесу на якісно новий, інтелектуально місткий рівень.



Історія створення Державного біотехнологічного університету



Державний біотехнологічний університет як заклад вищої освіти має насичені подіями, іменами та місцями історичні витоки. В основі його створення закладено багаторічні надбання чотирьох харківських вищих навчальних закладів – Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва, Харківської державної зооветеринарної академії та Харківського державного університету харчування та торгівлі.

Опираючись на Указ Президента України «Про вдосконалення вищої освіти в Україні» (від 3.07.2020 № 210/2020), в рамках дотримання «Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2021-2031 роки», на погодження з пропозицією МОН, 12 травня 2021 року Кабінет Міністрів України видав розпорядження № 431-р «Про утворення Державного біотехнологічного університету».

Міністерство освіти і науки України 18 червня 2021 року видало наказ № 689 «Про утворення **Державного біотехнологічного університету**».

Таким чином, було запущено процес реорганізації чотирьох вищих навчальних закладів м. Харкова в єдиний потужний університетський комплекс, метою якого є надання якісних освітніх послуг, збереження та примноження наукового потенціалу, а також нарощення інновацій у сфері аграрного, агротехнічного та продовольчого профілів.

УДК 004.8:004.78

ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ГАЛУЗЬ ВЕБ-РОЗРОБКИ ТА ПРОГНОЗИ НА МАЙБУТНЄ

Даниленко В.В., к.е.н., доц.
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, danylenko.14@btu.kharkov.ua

Анотація. У тезах досліджується вплив штучного інтелекту на сучасну галузь веб-розробки з урахуванням актуальних наукових публікацій. Систематизовано ключові вектори трансформації: автоматизація генерації та рецензування коду, персоналізація користувацького досвіду, інтеграція ШІ-систем кібербезпеки та еволюція технологічного стеку веб-застосунків. Виявлено спільні тенденції та невирішені проблеми, зафіксовані в досліджуваних джерелах, зокрема щодо стандартизації якості ШІ-коду, регуляторних ризиків та алгоритмічної упередженості. Сформульовано прогнози щодо трансформації ролі веб-розробника та ключових напрямів розвитку галузі в умовах подальшої інтелектуалізації технологічного середовища.

Ключові слова: штучний інтелект, веб-розробка, автоматизація, генерація коду, LLM, кібербезпека, персоналізація, прогнози розвитку ІТ

Цифрова трансформація, яка набула особливого прискорення у 2020-х роках, зумовила переосмислення підходів до розробки програмного забезпечення в цілому та веб-додатків зокрема. Штучний інтелект, ще кілька десятиліть тому – предмет суто теоретичних досліджень, нині є практичним інструментом, вбудованим у повсякденні процеси проектування, кодування, тестування та розгортання веб-систем. Трансформаційний вплив ШІ охоплює не лише технологічний вимір: він кардинально змінює організацію командної роботи, моделі взаємодії між розробником і замовником, а також вимоги до компетентностей фахівців галузі.

За даними численних аналітичних звітів, станом на 2025 рік понад 75% комерційних команд веб-розробки використовують принаймні один інструмент на основі ШІ у своєму робочому процесі. Такі рішення, як GitHub Copilot, Claude Code, Antigravity та Cursor, стали фактичним стандартом у середовищі front-end і back-end розробників. Водночас науковий аналіз довгострокових наслідків цієї інтеграції залишається актуальним дослідницьким завданням. Метою цих тез є узагальнення актуальних наукових досліджень щодо впливу ШІ на галузь веб-розробки та обґрунтування прогнозів її подальшого розвитку на основі виявлених тенденцій. Одним із найбільш практично значущих напрямів застосування ШІ у веб-розробці є автоматизація написання, доповнення та верифікації програмного коду. Систематичний огляд Wang (2025) охоплює широке коло інструментів: від спеціалізованих IDE-плагінів на основі LLM до повноцінних автономних агентів, здатних генерувати функціональні модулі за текстовим описом завдання [1]. Автор демонструє, що впровадження таких інструментів скорочує час виконання типових задач front-end розробки на 30–50%, суттєво знижує кількість синтаксичних помилок і прискорює процес code review завдяки автоматизованому аналізу якості коду.

Разом із тим дослідник фіксує принципові обмеження: моделі демонструють нестабільну якість при роботі зі складними архітектурними рішеннями, мають схильність до відтворення патернів із навчальних даних без урахування специфіки конкретного проєкту, а також можуть генерувати код із прихованими вразливостями безпеки. Це означає, що повна автономія ШІ-агентів у процесі розробки є скоріше довгостроковою перспективою, аніж реальністю сьогодення, а людський контроль залишається необхідною умовою отримання надійного програмного продукту.

Дослідження Mohammed et al. (2024) розширює аналітичну рамку, систематично порівнюючи різні класи методів машинного навчання, застосовуваних для автоматизованої генерації коду [2]. Автори розглядають рекурентні нейронні мережі (RNN), трансформерні архітектури, методи трансферного навчання та підходи на основі підкріпленого навчання, оцінюючи їх за критеріями точності, узагальнюваності та обчислювальної ефективності. Висновки дослідження вказують на беззаперечну перевагу трансформерних моделей (зокрема архітектур типу GPT і Codex) у завданнях веб-орієнтованого кодування, де важлива семантична узгодженість великих блоків коду.

Водночас Mohammed et al. (2024) акцентують увагу на тому, що жоден підхід не є достатнім у відриві від інших: найвищі показники якості досягаються шляхом ансамблювання методів і тонкого донавчання (fine-tuning) на доменно-специфічних наборах даних. Дослідники окреслюють три критичні відкриті проблеми: по-перше, відсутність стандартизованих бенчмарків для оцінки якості ШІ-генерованого веб-коду; по-друге, недостатня прозорість (explainability) моделей при генерації складних логічних конструкцій; по-третє, ризик закріплення застарілих або небезпечних патернів кодування, присутніх у навчальних корпусах. Подолання цих проблем є умовою промислового масштабування ШІ-інструментів.

Найширший концептуальний погляд на проблему пропонує дослідження Bharadiya et al. (2025), у якому простежується генеалогія трансформацій веб-технологій крізь призму ролі ШІ [3]. Якщо Web 1.0 являв собою статичний інформаційний простір, Web 2.0 ознаменувався появою інтерактивних і соціальних платформ, а Web 3.0 – семантичним вебом і децентралізацією, то Web 4.0 визначається авторами як інтелектуальна, іммерсивна екосистема, де ШІ є не надбудовою, а базовою архітектурною компонентою.

Дослідники виділяють чотири пріоритетні напрями впровадження ШІ у веб-середовищі. Перший – інтелектуальна персоналізація: системи рекомендацій, динамічна адаптація контенту та UI-компонентів на основі аналізу поведінки користувача в реальному часі. Другий – голосові та розмовні інтерфейси: інтеграція NLP-моделей у веб-застосунки дозволяє замінити традиційну навігацію діалоговою взаємодією, що особливо актуально для застосунків у сфері e-commerce та охорони здоров'я. Третій – ШІ-орієнтована кібербезпека: нейромережеві системи виявлення аномалій здатні в режимі реального часу ідентифікувати атаки типу XSS, SQL-ін'єкції та нульового дня значно ефективніше за класичні сигнатурні методи. Четвертий – автоматизоване тестування та QA: ШІ-агенти генерують тест-кейси,

симулюють поведінку користувачів і самостійно виявляють регресії, скорочуючи ручні витрати на тестування до мінімуму.

Важливим доповненням до технічного аналізу є увага авторів до нетехнічних ризиків: упередженість алгоритмів персоналізації може посилювати інформаційні бульбашки, а непрозорість ШІ-рішень у критичних застосунках (фінансових, медичних) породжує серйозні питання правової відповідальності та довіри користувачів. Ці виклики визначають необхідність паралельного розвитку регуляторної та технічної бази галузі. Синтез результатів трьох розглянутих досліджень дозволяє сформулювати систему обґрунтованих прогнозів, згрупованих за декількома вимірами.

У технологічному вимірі можна прогнозувати повсюдне поширення ШІ-асистованих середовищ розробки нового покоління, де генерація коду, автотестування, документування та розгортання будуть інтегровані в єдиний інтелектуальний конвеєр. Інструменти на основі LLM перестануть бути преміальними опціями і стануть базовими компонентами будь-якого промислового DevOps-процесу. Поряд із цим зросте попит на інструменти пояснюваного ШІ (XAI) у контексті веб-розробки – для верифікації рішень, прийнятих автоматично.

У кадровому вимірі відбудеться переосмислення ролі веб-розробника: акцент зміститься від написання рутинного коду до формулювання архітектурних рішень, оцінки якості ШІ-генерованих артефактів і управління інтелектуальними агентами. Попит на «класичних» junior-розробників, завдання яких легко автоматизуються, скоротиться, натомість зростатиме попит на фахівців із глибоким розумінням принципів роботи LLM, prompt engineering та ШІ-оркестрації. Освітні програми підготовки веб-розробників мають уже зараз адаптуватися до цього зсуву.

У регуляторному вимірі прогнозується поступове формування міжнародних стандартів верифікації та сертифікації ШІ-компонентів веб-застосунків, аналогічних існуючим стандартам інформаційної безпеки (ISO 27001, OWASP). Країни ЄС вже рухаються у цьому напрямі в рамках Акту про штучний інтелект (EU AI Act), вимоги якого безпосередньо стосуються розробників веб-систем, що використовують ШІ у функціях, які впливають на права користувачів [4].

Розглянуті дослідження в сукупності дозволяють зробити ширше спостереження. Галузь веб-розробки перебуває у стані структурного переходу, що принципово відрізняється від попередніх технологічних хвиль. Якщо впровадження фреймворків, хмарних платформ чи мобільних технологій переважно змінювало інструментальний арсенал розробника, то інтеграція ШІ ставить під сумнів саму природу інтелектуальної праці у програмній інженерії. Генерація коду, рецензування, тестування, прогнозування вразливостей – функції, що традиційно вимагали кваліфікованого людського судження, – поступово перетворюються на автоматизовані процеси, контроль над якими, однак, залишається за людиною.

Це протиріччя між автоматизацією виконання та збереженням людської відповідальності є, мабуть, центральним напруженням поточного етапу

розвитку галузі. З одного боку, емпіричні результати свідчать про суттєве скорочення часу виконання типових задач; з іншого – дослідники одностайно фіксують, що якість ШІ-генерованих рішень залишається нестабільною в умовах архітектурної складності, а прозорість прийнятих моделлю рішень – недостатньою для промислового застосування без нагляду фахівця. Іншими словами, ШІ демонструє високу ефективність саме там, де людська праця найбільш рутинна, але виявляє свої межі там, де вона найбільш цінна.

Показово, що аналізовані джерела, попри відмінності у методологічному фокусі, збігаються у визначенні ключового дефіциту: галузь не має усталених механізмів верифікації якості та безпеки ШІ-компонентів, порівнянних із тими, що існують для традиційного програмного забезпечення. Відсутність стандартизованих метрик оцінювання ШІ-генерованого коду та закріплення потенційно небезпечних патернів – це не ізольовані технічні проблеми, а симптоми одного системного явища: індустрія масштабує застосування технологій швидше, ніж виробляє інструменти контролю над їхніми наслідками.

Проведений аналіз засвідчує, що штучний інтелект є не допоміжним, а системоутворюючим чинником трансформації сучасної веб-розробки. Дослідження Wang (2025), Mohammed et al. (2024) та Bharadiya et al. (2025) одностайно фіксують перехід галузі до моделі Human-AI Collaboration, де ШІ бере на себе рутинні та аналітичні завдання, а людина зосереджується на архітектурних, етичних і стратегічних рішеннях. Ключовими невирішеними проблемами залишаються: відсутність галузевих стандартів якості ШІ-коду, нерегульованість алгоритмічних ризиків і прогалини в підготовці фахівців. Подальші наукові розвідки мають зосередитись на розробці верифікаційних методологій для ШІ-асистованої розробки, а також на дослідженні соціально-економічних наслідків автоматизації праці у веб-індустрії.

Список літератури

1. Wang Y. A Review of Research on AI-Assisted Code Generation and AI-Driven Code Review. *Academic Journal of Science and Technology*. 2025. Vol. 18, No. 2. P. 236–241.
2. Mohammed S. et al. A Comparative Review of AI Techniques for Automated Code Generation in Software Development: Advancements, Challenges, and Future Directions. *TEM Journal*. 2024. Vol. 13, Iss. 1. P. 726–739. DOI: 10.18421/TEM131-76.
3. Bharadiya J. P. et al. The Evolution of Web Development: The Role of AI in Shaping Future Web Technologies. *Discover Artificial Intelligence*. 2025. DOI: 10.1007/s44163-025-00567-4.
4. Даниленко В. В. Роль вебтехнологій у досягненні цілей сталого розвитку в туризмі. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку агропродовольчої сфери, індустрії гостинності та торгівлі: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Харків, 4 листопада 2025 р.). Харків: ДБТУ, 2025. С. 288–289.

UDC 004.931:004.896

MACHINE VISION SYSTEMS FOR GESTURE CONTROL OF ELECTRONIC DEVICES

Oleg Sergienko, Doctor of Technical Sciences, professor
Gregory Levterov, Bachelor's degree candidate
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine, werty.qwerty.2004@gmail.com

Abstract. The principles of operation, application, and development prospects of machine vision and gesture control systems that provide contactless human-machine interaction in industry, medicine, transport, everyday life, and other areas are described.

Keywords: machine vision, gesture control, autonomy

Machine vision systems are advanced, multi-component complexes of hardware and software that enable machines to perceive, analyze, and interpret visual information in a manner similar to human vision. These systems integrate high-tech cameras, sensors, computer vision algorithms, machine learning methods, and artificial intelligence tools to convert environmental imagery into digital data for subsequent processing and informed decision-making. The primary objective of such systems is to establish an autonomous, adaptive mechanism capable of accurately responding to dynamic environmental changes, identifying objects, evaluating their parameters, recognizing contexts, and initiating appropriate actions without human intervention. This opens new opportunities for automating complex processes in industry, medicine, transportation, agriculture, daily life, and security, thereby increasing the efficiency, accuracy, and responsiveness of control systems. Additionally, these solutions help reduce personnel costs, minimize human error, and ensure the continuous operation of technological workflows.

One of the leading application areas for machine vision is modern manufacturing. In particular, it facilitates automated quality control with high precision in fields such as mechanical engineering, electronics, and microelectronics. High-resolution cameras scan products in real time, while software algorithms compare the images to reference templates to identify potential defects—such as cracks, scratches, deformations, or inconsistencies in color, texture, and geometry. Upon detecting a discrepancy, the system can automatically remove the defective item from the production line, thereby reducing error rates and enhancing overall efficiency. In the automotive industry, machine vision is a foundational element for implementing autonomous driving and active safety systems, enabling the recognition of road signs, pedestrians, lane markings, and other vehicles to ensure timely threat response and optimal traffic management.

In medicine, machine vision has become indispensable for accurate diagnostics, patient monitoring, and robotic surgery. Deep neural networks analyze medical images—X-rays, MRIs, CT scans, and ultrasounds—to detect pathological conditions such as tumors, circulatory issues, or degenerative diseases. This provides clinicians with objective data for decision-making, enhances diagnostic accuracy, and

reduces the risk of human error. In agriculture, machine vision is used to monitor crop health, manage irrigation, assess fruit ripeness, and detect diseases or pests. It integrates with drones, satellite data, and precision farming technologies, enabling deep field analysis, targeted fertilizer application, and efficient resource management. In the security domain, machine vision supports video surveillance, facial recognition, license plate identification, and public area monitoring, enabling real-time threat detection and response.

The operation of such systems involves several key stages. Initially, visual data is captured using sensors, which may include standard RGB, infrared, depth, or multispectral cameras. The analog signal is then converted into digital form and processed using graphics processors or specialized chips. During the preprocessing stage, noise is filtered, brightness is normalized, and clarity and contrast are enhanced. Next, the system performs scene segmentation to isolate objects from the background. Object characteristics—such as shape, size, color, spatial location, and motion direction—are then analyzed. The final stage involves result interpretation and decision-making: classification, sorting, quality assessment, event response, or data transmission to a central control system. In systems with adaptive learning, models are automatically updated based on new data, allowing for effective performance under changing conditions.

A practical example is the use of machine vision in mobile device assembly, where cameras verify the correct positioning of components and detect microcracks or surface defects. Software compares these observations with predefined standards and, if necessary, triggers a response, ensuring prompt correction. This significantly reduces defect rates, lowers after-sales service costs, and enhances overall product quality. Such technologies have become standard in high-tech manufacturing, where even minimal deviations are unacceptable [1].

Another notable application is gesture control, which enables contactless interaction between humans and machines using machine vision. Typically, depth or infrared cameras track body posture, detect key points such as joints, hands, and fingers, and analyze motion dynamics. The system converts this input into digital commands to perform actions like powering devices, adjusting settings, controlling interfaces, or manipulating virtual objects. Depending on algorithm complexity, systems can recognize both simple gestures (e.g., palm movements or fist clenching) and complex motion sequences with specific pace, direction, and context. Advanced systems even account for individual user behavior, adapting interfaces to personal habits and movement styles [2].

This technology has seen widespread adoption in consumer electronics, medicine, automotive systems, and augmented/virtual reality. For example, Microsoft's Kinect introduced controller-free gaming, translating player movements into in-game actions. Samsung televisions support gesture-based channel and volume control. AR/VR platforms like HoloLens and Meta Quest use hand tracking for immersive interaction with digital environments. In medical settings, surgeons can manipulate on-screen images without physical contact, preserving sterility. In everyday applications, gestures can turn on faucets or lights. In drone technology, such as with the DJI Spark, the Smart Capture feature enables gesture-based flight

and photo capture. Educational applications also benefit, allowing students with physical disabilities to interact with digital content without a keyboard or mouse.

From a technical perspective, gesture recognition systems operate through sequential detection, recognition, and interpretation of spatial positions and movement trajectories. The camera captures hand contours and identifies key point coordinates, which are then processed by trained models to determine the performed gesture. For instance, swiping left might signal a "back" action, while upward movement could increase volume, and a thumbs-up gesture may confirm an action. For effective interaction, algorithms must process information in real time with minimal latency and error. To achieve this, systems employ optimized neural networks and hardware acceleration, ensuring reliability even under challenging conditions such as low light, glare, or background noise. Recent advancements further incorporate contextual awareness, reducing false positives by interpreting gestures within their situational context.

The latest innovations in this field involve the integration of depth cameras and sensors that create real-time 3D spatial models. This enables precise distance estimation, object orientation, and dimensional analysis, enhancing system resilience to environmental variations. In high-end vehicles like BMW, gesture control manages multimedia functions without distracting the driver. Google smartphones use the Soli sensor, which detects microgestures via millimeter-wave radar. In professional environments such as operating rooms, research labs, and smart classrooms, this technology supports intuitive, hygienic, and safe human-machine interaction. When combined with augmented reality and Internet of Things ecosystems, gesture control systems evolve into intelligent, adaptive interfaces that adjust to user context and dynamically reconfigure behavior based on environmental or task-related changes.

In conclusion, the integration of machine vision and gesture control marks a significant advancement in human-machine interaction. These technologies enhance usability, safety, and personalization, paving the way for more flexible and intelligent control systems. In the near future, their adoption is expected to expand across transportation, healthcare, manufacturing, education, entertainment, and domestic settings. Interfaces are becoming increasingly aligned with natural human behavior, empowered by technological innovation. Future systems will likely incorporate emotional and facial expression recognition, opening new possibilities for the development of emotionally intelligent interfaces.

References

1. Methods for ensuring the accuracy of radiometric and optoelectronic navigation systems of flying robots in a developed infrastructure / Oleksandr Sotnikov et al. / Springer International Publishing. 2020. 537-577 p. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-22587-2_16
2. Sergiyenko Oleg Yu, Tyrsa Vera V. 3D optical machine vision sensors with intelligent data management for robotic swarm navigation improvement. IEEE Sensors Journal. 2020, 11262-11274 p. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9136728>

УДК 37.091.12:004

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРОФОРІЄНТАЦІЙНОЇ РОБОТИ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ: СУЧАСНІ ІНСТРУМЕНТИ ТА УПРАВЛІНСЬКІ ВИКЛИКИ

Самойленко О.В., к.п.н., доц.
Івашин Д.В., здобувач РВО магістр
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
м. Ніжин, Україна, samoilenko.ov@ndu.edu.ua

Анотація. У тезах розглянуто особливості цифровізації профорієнтаційної роботи в закладах освіти в умовах розвитку інформаційного суспільства. Проаналізовано можливості використання цифрових платформ і онлайн-сервісів для підтримки професійного самовизначення молоді, а також окреслено управлінські виклики, пов'язані з інтеграцією цифрових інструментів у профорієнтаційну діяльність. Наведено приклади сучасних цифрових сервісів і платформ, що використовуються в Україні та за кордоном.

Ключові слова: цифровізація освіти, цифрові платформи, профорієнтаційна робота, професійне самовизначення, освітній менеджмент, інформаційні технології

Однією з важливих проблем сучасної освіти залишається професійне самовизначення молоді в умовах динамічних змін ринку праці. Поява нових професій та швидке оновлення технологій зумовлюють необхідність модернізації традиційних підходів до профорієнтаційної роботи. У цьому контексті дедалі більшого значення набуває використання цифрових інструментів, що дозволяють розширити можливості інформування молоді про освітні та професійні траєкторії. У науковій літературі проблема професійної орієнтації розглядається в працях як зарубіжних, так і вітчизняних дослідників. Зокрема, Д. Супер (D. Super) розглядав професійне самовизначення як тривалий процес розвитку особистості, пов'язаний із формуванням професійної ідентичності [6]. У дослідженнях Дж. Голланда (J. Holland) обґрунтовано взаємозв'язок між типом особистості та професійним вибором, що стало основою для створення багатьох сучасних профорієнтаційних тестів [5].

В українській педагогічній науці проблеми професійної орієнтації молоді досліджували В. Кремень, О. Мельник, С. Гончаренко, які підкреслювали важливість системного підходу до організації профорієнтаційної діяльності та її інтеграції з освітньою політикою держави [4]. Упродовж останніх років профорієнтаційна робота дедалі активніше поєднується з використанням цифрових технологій. Онлайн-ресурси дозволяють здобувачам освіти отримувати актуальну інформацію про професії, освітні програми, вимоги ринку праці та можливості подальшого навчання. У практиці закладів освіти для цього застосовуються різні цифрові платформи та сервіси. Серед міжнародних інструментів варто відзначити платформу MyFuture (США), що надає інформацію про професії та освітні можливості, а також сервіс CareerExplorer, який використовує онлайн-тестування для визначення професійних інтересів користувачів. У європейській практиці широко використовується платформа EU Skills Panorama, що містить аналітичні дані про потреби ринку праці та перспективні професії.

В Україні поступово розвиваються цифрові інструменти профорієнтаційної підтримки молоді. Зокрема, платформа «Моя кар'єра» Державної служби зайнятості надає можливість пройти профорієнтаційне тестування та отримати рекомендації щодо вибору професії. Важливу роль у популяризації сучасних професій відіграє освітній проєкт «Дія.Освіта», який пропонує безкоштовні освітні серіали, симулятори

та онлайн-матеріали, спрямовані на ознайомлення з новими професіями та розвиток цифрових компетентностей [1]. Поряд із національними ресурсами використовуються й міжнародні цифрові платформи. Так, освітні сервіси Coursera та LinkedIn Learning надають доступ до курсів, пов'язаних із сучасними професійними напрямками та навичками, затребуваними на ринку праці. В Україні популярними є й онлайн-ресурси Work.ua та Robota.ua, які пропонують профорієнтаційні тести, аналітику щодо попиту на професії та інформацію про актуальні вакансії. Використання таких цифрових сервісів розширює можливості профорієнтаційної роботи, дозволяє молоді отримувати актуальну інформацію про професійні перспективи та сприяє більш усвідомленому вибору майбутньої професійної діяльності [2, с. 87-102.]. Використання цифрових платформ у профорієнтаційній діяльності розширює доступ до інформації та дозволяє персоналізувати процес професійного консультування. За допомогою онлайн-тестів, інтерактивних ресурсів і аналітичних інструментів можна визначати професійні інтереси молоді, аналізувати їхні схильності та пропонувати відповідні освітні траєкторії.

Разом з тим цифровізація профорієнтаційної роботи пов'язана з низкою управлінських викликів. До них належать необхідність забезпечення цифрової компетентності педагогічних працівників, інтеграція цифрових ресурсів у систему профорієнтаційної діяльності, а також координація взаємодії між закладами освіти, роботодавцями та державними інституціями. Крім того, важливим завданням залишається забезпечення достовірності інформації про професії та освітні можливості, що поширюється через цифрові ресурси [3, с. 12-19]. Отже, цифровізація профорієнтаційної роботи відкриває нові можливості для підтримки професійного самовизначення молоді. Використання цифрових платформ, онлайн-сервісів і інформаційних ресурсів сприяє підвищенню доступності профорієнтаційної інформації, розширює можливості індивідуального консультування та дозволяє більш ефективно враховувати потреби сучасного ринку праці. Водночас ефективність таких процесів значною мірою залежить від організаційних і управлінських умов впровадження цифрових інструментів у діяльність закладів освіти.

Список літератури

1. Дія. Освіта – проєкт, який дозволяє безкоштовно вивчати нові професії. *Район. Освіта*. URL: <https://osvita.rayon.in.ua/news/599901-diya-osvita-proekt-yakiy-dozvolyaebezkoshtovnovivchati-novi-profesii>.
2. Козирева О.В. Цифрова трансформація економіки: роль університетів у підготовці кадрів через співпрацю з бізнесом. *Економіка і прогнозування*, 2023, № 3, с. 87-102. URL: http://eip.org.ua/docs/EP_23_3_87_uk.pdf.
3. Назаренко І.В. Цифрова трансформація освіти: концептуальні засади. *Освітній дискурс*, 2020, № 2(30), с. 12-19. URL: <https://od.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/view/747>.
4. Професійна орієнтація: теорія і практика: науково-методичний посібник [для педагогічних працівників] / За ред. О.В. Мельника. Івано-Франківськ: «Тіповіт», 2011. Вип. № 2. 279 с. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/3806/>
5. Тест Голланда (Холланда) на визначення професійного типу особистості URL: https://www.eztests.xyz/tests/professional_holland/.
6. Super D.E. A Life-Span, Life-Space Approach to Career Development. *Journal of Vocational Behavior*, 16, 1980. p. 282-298. URL: [https://doi.org/10.1016/0001-8791\(80\)90056-1](https://doi.org/10.1016/0001-8791(80)90056-1).

УДК 378.091.12:004:51

ІТ-ІНСТРУМЕНТАРІЙ ВІДТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНИХ КОНЦЕПЦІЙ У ФАХОВІЙ ПІДГОТОВЦІ ВЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ

Горошко О. Л., здобувач РВО PhD
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
М.Ніжин, Україна, ggmail@ndu.edu.ua

Анотація. У статті обґрунтовано, що візуальна субкомпетентність є невід’ємним складником інформаційно-цифрової компетентності вчителя математики. Проаналізовано сучасні ІТ-інструменти (Mathigon Polypad, Wolfram Demonstrations Project, VR/AR-середовища), які дозволяють майбутньому педагогу переходити від абстрактного формалізму до наочних динамічних образів. На основі моделей TRACK та DigCompEdu показано, що ефективність цих інструментів визначається не технічними навичками, а педагогічною доцільністю їх застосування. Запропоновано зміщення акценту фахової підготовки з технічного опанування на дидактичний аналіз візуалізацій.

Ключові слова: візуальна субкомпетентність, інформаційно-цифрова компетентність, вчитель математики, візуалізація, DigCompEdu, TRACK, Mathigon

Сучасна математична освіта переживає глибоку трансформацію. Цифровізація змінила не лише технології навчання, а й саму логіку педагогічної діяльності, де учитель більше не є єдиним джерелом інформації, він стає посередником, допомагаючи донести абстрактні математичні поняття через наочні образи. Саме тут варто згадати про візуальну субкомпетентність – здатність педагога створювати, добирати та методично грамотно застосовувати візуальні засоби навчання. Згадану субкомпетентність доцільно розглядати в межах інформаційно-цифрової компетентності вчителя, реалізуючи її через цифрові інструменти, що потребує інтеграції технологічних, педагогічних і предметних знань [1; 2].

Проблема полягає в тому, що традиційні підходи до візуалізації (програмування графіків, створення анімацій) часто вимагають від педагога специфічних технічних знань. Дж. Свеллер називає це «стороннім когнітивним навантаженням» [13], учитель витрачає ресурси на опанування інструменту замість того, щоб зосередитися на дидактиці. Тому актуальним є пошук таких ІТ-засобів, які дозволяють «візуалізувати не програмуючи» – перетворювати абстракції на наочність із готових дидактичних блоків.

Проблематика цифрової компетентності педагога має потужну теоретичну базу. Європейська рамка DigCompEdu [9] визначає шість сфер цифрової компетентності освітян, серед яких ключовими для нашого дослідження є робота з цифровими ресурсами та сприяння розвитку компетентності учнів. Фундаментальним для розуміння ролі педагога є

дослідження, де розглядається згадана педагогічна компетентність як інтегративна якість особистості, що охоплює когнітивний, операційний та особистісний компоненти [4]. Саме цей підхід дозволяє розуміти візуальну субкомпетентність не як ізольований технічний навик, а як складову цілісної педагогічної майстерності.

Модель ТРАСК, розроблена П. Місра та М. Келером, пояснює, чому технологічні навички педагога ефективні лише тоді, коли вони інтегровані з педагогічними знаннями та глибоким розумінням предмета. Ця інтеграція особливо важлива для розуміння візуальної субкомпетентності як компонента інформаційно-цифрової компетентності [2; 5]. Адже сучасний учитель математики має не просто володіти інструментами візуалізації, а розуміти їхню дидактичну доцільність, знати коли візуалізація допоможе учню, а коли може стати відволікаючим фактором.

Систематичні огляди досліджень фіксують середньо-низький рівень цифрової компетентності вчителів, особливо у сфері навчання учнів [6; 7]. Водночас важливим є висновок дослідження Д. Морено та колег [9], де зазначається, що якість дидактичних матеріалів визначається не технічними навичками автора, а педагогічними аспектами їх створення. Це ще раз підтверджує центральну роль моделі ТРАСК.

Окремий напрям досліджень присвячений іммерсивним технологіям. Експерименти з VR/AR у математичній освіті [8; 11] доводять їхній потенціал для розвитку просторового мислення та підвищення мотивації. Дослідження обчислювального мислення (computational thinking) [12] показують, як програмування може стати інструментом розвитку абстрактного мислення, що безпосередньо пов'язано з візуалізацією.

Поняття «візуальна субкомпетентність» учителя математики доцільно розглядати в межах інформаційно-цифрової компетентності як інтегративну здатність застосовувати візуальні засоби для педагогічно доцільного представлення математичного змісту.

Така локалізація має кілька підстав. Сучасна візуалізація переважно реалізується через цифрові інструменти – від простих графічних редакторів до складних систем комп'ютерної математики. Візуальна субкомпетентність тісно пов'язана з інформаційною (пошук і добір візуальних ресурсів), комунікативною (представлення візуальних матеріалів) та етичною (дотримання авторських прав на зображення). Європейська рамка DigCompEdu [9] та Професійний стандарт вчителя (компетентності А2, А3, А23) прямо вказують на необхідність інтеграції цифрових засобів у педагогічну діяльність.

На основі теорії когнітивного навантаження [13] та моделі ТРАСК доцільно виокремити низку критеріїв добору ІТ-інструментарію візуалізації для фахової підготовки. До них належать: ергономічність (мінімізація технологічного бар'єра, що позбавляє педагога необхідності тривалого технічного навчання); дидактична гнучкість (адаптивність до різних математичних тем і рівнів складності); динамічна інтерактивність (можливість параметричного маніпулювання об'єктами, а не лише їх спостереження); та

когнітивна прозорість (властивість інструменту не генерувати стороннього навантаження і не затінювати власне математичну сутність концепту).

Застосування виділених критеріїв дозволяє переосмислити арсенал засобів комп'ютерної візуалізації математики. Якщо класичні системи динамічної математики часто вимагають від педагога тривалого опанування синтаксису, то сучасні хмарні та параметричні рішення пропонують принципово інший рівень ергономічності.

Розглянемо детальніше сучасний ІТ-інструментарій, функціонал якого базується на об'єктно-орієнтованому підході та повністю відповідає вимогам когнітивної прозорості.

1. Віртуальні математичні платформи

Mathigon Polypad [14] реалізує принципово новий підхід до візуалізації. Замість програмування педагог комбінує готові дидактичні примітиви (дроби-сектори, багатокутники, фрактали, алгебраїчні плитки) методом перетягування. Наприклад, для демонстрації теореми Піфагора можна «зібрати» квадрати на сторонах трикутника з однакових одиничних квадратиків, де учні побачать рівність площ. Педагог виступає не програмістом, а «дидактичним споживачем», конструює наочність із готових елементів, зосереджуючись на логіці пояснення.

2. Бази параметричних моделей

Wolfram Demonstrations Project надає тисячі інтерактивних моделей практично з усіх розділів математики. Завдання педагога не створювати модель з нуля, а знайти релевантну, адаптувати параметри та розробити методичний супровід, визначити які «повзунки» і чому змінювати, на що звернути увагу учнів, які запитання поставити. Це принципово змінює роль учителя від технічного виконавця до методиста, який курує взаємодію учня з моделлю.

3. Іммерсивні технології

Іммерсивні освітні середовища для візуалізації тіл обертання [11] дозволяють учням «заглянути всередину» геометричного тіла, обертати його, перетинати площинами. Це розвиває просторове мислення на якісно новому рівні, абстрактний об'єкт стає майже фізично відчутним. AR-платформи (CoSpaces Edu) [8] надають можливість учням самостійно кодувати рух 3D-об'єктів, практично засвоюючи поняття координат, кутів, векторів. Тут реалізується механізм «когнітивної візуалізації», де образ стає не ілюстрацією, а інструментом здобуття знання.

4. Інструменти обчислювального мислення

Інтеграція середовищ візуального блокового програмування (зокрема, Scratch) та апаратних мікроконтролерів (micro:bit) у фахову підготовку вчителя математики [12] відіграє ключову роль у формуванні розуміння процесів декомпозиції, абстрагування та алгоритміки. У контексті відтворення візуальних концепцій ці інструменти дозволяють майбутньому педагогу самостійно проєктувати динамічні математичні моделі (наприклад, генерування геометричних фракталів чи візуалізацію ймовірнісних процесів) за допомогою інтуїтивно зрозумілих конструкцій. Дидактична цінність такого підходу полягає у здатності подолати технологічний бар'єр, так званий «страх перед

кодом», студент на практиці переконується, що алгоритмізація може бути простою та логічною. Це створює мотиваційну основу для розвитку професійної «установки на зростання», трансформуючи майбутнього вчителя математики з пасивного споживача готових програмних рішень на розробника авторського дидактичного контенту.

Використання ІТ інструментарію у фаховій підготовці має змістити акцент із питання «Як це зробити?» на питання «Навіщо це робити?». Майбутній педагог має вчитися ставити запитання:

- Як саме ця візуалізація допоможе подолати когнітивний бар'єр учня?
- Чи не створює вона зайвого когнітивного навантаження?
- Чи можна перенести цей підхід на інший клас задач?
- Яку роль у цій візуалізації відіграє інтерактивність?

Такий підхід відповідає логіці ТРАСК [3; 9], де технологічні знання не існують окремо, а інтегруються з педагогічними та предметними для ухвалення обґрунтованих методичних рішень.

Візуальна субкомпетентність є невід'ємним компонентом інформаційно-цифрової компетентності сучасного вчителя математики. Її формування потребує не стільки технічного навчання, скільки розвитку здатності до критичного добору та педагогічно доцільного застосування інструментів візуалізації.

Сучасні ІТ-платформи (Mathigon Polypad, Wolfram Demonstrations, VR/AR-середовища) дозволяють знизити технічний бар'єр і зосередитися на дидактиці. Проте самі по собі вони не гарантують якості навчання, ефективність визначається тим, наскільки глибоко педагог розуміє математичну сутність візуалізованого об'єкта та психолого-педагогічні механізми його сприйняття учнями.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо в розробці методичних систем навчання, що інтегрують описаний інструментарій із конкретними темами шкільного курсу математики, а також в емпіричній перевірці їх ефективності.

Список літератури

1. Горошко, О. Л. (2025). Моделі візуалізації у викладанні математики. Наукові записки. Серія «Психолого-педагогічні науки» (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя), (2), 70–80. <https://doi.org/10.31654/2663-4902-2025-PP-2-70-80>.
2. Горошко, О. Л. (2025). Синергія візуальної та інформаційної компетентностей у професійній підготовці майбутнього вчителя математики. Наукові записки. Серія "Психолого-педагогічні науки" (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя), (4), 138–151. <https://doi.org/10.31654/2663-4902-2025-PP-4-138-151>.

3. Кіяновська Н. М. Еволюція розвитку цифрової компетентності викладачів математики в технічних університетах: сучасна рамка // *Educational Technology Quarterly*. 2025. № 1. С. 42–66. DOI: 10.55056/etq.858.
4. Лосєва Н. М. Педагогічна компетентність викладача // *Дидактика математики: проблеми та дослідження*. 2006. № 25. С. 209–213.
5. Лосєва, Н. М., & Горошко, О. Л. (2025). Педагогічна діяльність викладачів університетів у контексті формування та оцінювання візуальної субкомпетентності майбутніх учителів математики. *Наукові записки. Серія «Психолого-педагогічні науки» (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя)*, (1), 178–187. <https://doi.org/10.31654/2663-4902-2025-PP-1-178-187>.
6. Bayrak Karsli M., Kucuk S., Kilic R., Albayrak Unal O. Assessment of Digital Competencies of Teacher Educators with the DigCompEdu Framework // *International Journal of Curriculum and Instructional Studies*. 2023. Vol. 13, No. 1. P. 67–94. DOI: 10.31704/ijocis.2023.004.
7. Bertrand M. G., Sezer H. B., Namukasa I. K. Exploring AR and VR Tools in Mathematics Education Through Culturally Responsive Pedagogies // *Digital Experiences in Mathematics Education*. 2024. Vol. 10. P. 462–486.
8. Gadanidis G., Cendros R., Floyd L., Namukasa I. Computational Thinking in Mathematics Teacher Education // *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*. 2017. Vol. 17, No. 4. P. 458–477.
9. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu / European Commission, Joint Research Centre. Luxembourg: Publications Office, 2017. 95 p. DOI: 10.2760/159770.
10. Moreno D., Palacios A., Barreras A., Pascual V. An Assessment of the Impact of Teachers' Digital Competence on the Quality of Videos Developed for the Flipped Math Classroom // *Mathematics*. 2020. Vol. 8, No. 2. Art. 148. DOI: 10.3390/math8020148.
11. Pinter L., Siddiqui M. F. H. Enhancing Calculus Learning through Interactive VR and AR Technologies // *Multimodal Technologies and Interaction*. 2024. Vol. 8, No. 3. Art. 19.
12. Jeong J. S., González-Gómez D., Cañada-Cañada F., Gallego-Picó A. Integrating computational thinking into mathematics education through a digital story project // *Education and Information Technologies*. 2024. Vol. 29. P. 10201–10223.
13. Sweller J., van Merriënboer J. J. G., Paas F. Cognitive architecture and instructional design: 20 years later // *Educational Psychology Review*. 2019. Vol. 31, No. 2. P. 261–292.
14. Thurm D., Bozkurt G., Barzel B., Sacristán A. I., Ball L. A Review of Research on Professional Development for Teaching Mathematics with Digital Technology // *Handbook of Digital Resources in Mathematics Education*. Springer, 2024. P. 883–921. DOI: 10.1007/978-3-031-45667-1_49.

УДК 004.9:37.018.43:81

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ЗАНЯТТЯХ ФІЛОЛОГІЧНОГО СПРЯМУВАННЯ

Давидченко І.Д., к.п.н., доц..

Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»
Харківської обласної ради

Анотація. Сучасна освіта вимагає впровадження інноваційних підходів у організацію освітнього процесу, особливо у викладанні освітніх компонентів філологічного спрямування. Зростаюча значущість цифрових технологій відкриває нові можливості для модернізації змісту, форм і методів навчання. Метою цієї статті є аналіз потенціалу використання цифрових інструментів на заняттях філологічного спрямування для розвитку комунікативної, мовленнєвої, міжкультурної та цифрової компетенцій у сучасних здобувачів освіти.

Ключові слова: інформаційні технології, філологічна освіта, цифрова компетентність, мовленнєві навички, інноваційні методики

Інформаційні технології на заняттях філологічного спрямування, із нашого погляду, значно покращують якість навчання, використовуючи адаптивні платформи, електронні словники та мультимедійні ресурси. Вони сприяють персоналізації освітнього процесу, забезпечують доступ до актуальної інформації, збільшують інтерактивність і підвищують ефективність вивчення мов та літератури.

Інформаційно-комунікаційні технології – це комплекс методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, спрямованих на збір, обробку, зберігання, розповсюдження та використання інформації задля задоволення потреб її користувачів. Ці технології підтримують і забезпечують інформаційні процеси, такі як пошук, збір, передача, збереження та тиражування даних, а також сприяють спрощенню доступу до джерел інформації.

Існує багато визначень терміну «інформаційні технології». Наприклад, інформаційна технологія може розглядатися як система організованих інформаційних процесів із використанням обчислювальної техніки, яка забезпечує високу швидкість обробки даних, зручний пошук та розподіл інформації незалежно від її фізичного розташування. Інше визначення передбачає, що інформаційна технологія – це набір методів та інструментів, об'єднаних у єдиний ланцюг для підвищення надійності та оперативності інформаційних процесів і зменшення складності використання інформаційних ресурсів.

У сучасному освітньому середовищі, яке стрімко трансформується під впливом процесів цифровізації, застосування інноваційних технологій у навчанні освітніх компонентів філологічного спрямування набуває великого значення. Воно слугує не лише потужним інструментом для вдосконалення ефективності освітнього процесу, але й стає ключовим фактором у забезпеченні

високої якості професійної підготовки майбутніх фахівців гуманітарного профілю.

Цифрові навчальні засоби відкривають перед освітянами і здобувачами освіти безмежні можливості для формування динамічного, інтерактивного та адаптивного навчального середовища. У цьому середовищі здобувачі освіти можуть удосконалювати свої мовні компетенції, розвивати навички міжособистісної комунікації й аналітичного мислення в умовах цифрового контенту та нових інформаційних викликів. Водночас інтеграція цифрових технологій у систему філологічної освіти супроводжується низкою труднощів і викликів, кожен з яких потребує ретельного дослідження та стратегічного вирішення. Серед основних складнощів можна виокремити недостатній рівень методологічного забезпечення цієї сфери, обмеженість цифрової компетентності викладацького складу, відсутність системності у впровадженні новітніх ресурсів у освітній процес, а також значну нерівність у доступі до технічних інструментів серед здобувачів. Усе це створює потребу докорінного переосмислення традиційної моделі викладання філології.

Сьогодні необхідно переходити до більш адаптованих і технологічно насичених підходів, які здатні інтегрувати сучасні методики, інноваційні цифрові платформи та персоналізовані траєкторії навчання. Запровадження цифрових інструментів у процес мовної підготовки є не лише способом оновлення методичного арсеналу, а й глибокою трансформацією освітньої парадигми. У цій новій парадигмі ключовим стає формування знань через активну взаємодію студента з цифровим контентом, адаптованими до потреб технологічними середовищами та багатоплановою міжособистісною комунікацією. В результаті це забезпечує створення умов для повноцінного розвитку сучасного спеціаліста. На цьому тлі особливої актуальності набувають питання підвищення рівня цифрової грамотності серед здобувачів освіти. Також важливим стає розвиток критичного мислення і здатності до самостійного оволодіння новими знаннями та навичками. Одним із важливих акцентів є підтримка міждисциплінарного підходу, який передбачає поєднання різних галузей знань задля формування універсального набору компетенцій. Усе це дозволить забезпечити максимально якісне і сучасне навчання в умовах глобальної цифрової трансформації світового освітнього простору.

Питання цифровізації освітнього процесу в галузі філологічної науки набуває особливої важливості в умовах динамічних змін в освіті й зростання вимог до підготовки спеціалістів гуманітарного профілю. Отже, М. Денека, Н. Іваненко, та О. Сидоренко [3] досліджують цифровізацію викладання філологічних освітніх компонентів в Україні, наголошуючи на ключовому значенні цифрової грамотності викладачів, оновленні навчальних матеріалів та впровадженні інноваційних підходів для розвитку компетенцій студентів.

О. Алексєєва, Л. Плетеницька та Л. Ткаченко [1] розглядають роль цифрових технологій у формуванні професійних навичок майбутніх педагогів у контексті реформ Нової української школи, акцентуючи увагу на впливі інноваційних цифрових інструментів на їх професійну підготовку.

У роботі М. Надутенка, М. Надутенка та О. Семеног [4] розглянуто вплив інформаційно-комунікаційних технологій на якість та ефективність викладання філологічних дисциплін, а дослідження І Гончарука, О. Стоколос-Ворончук та І Холод, та [5] фокусується на трансформаціях гуманітарно-філологічної освіти в Україні в умовах діджиталізації освітнього процесу, підкреслюючи необхідність інтеграції сучасних технологій для підвищення кваліфікації майбутніх фахівців. Отже, інформаційні технології – це потужний інструмент, який може зробити філологічну освіту більш ефективною та цікавою. Але важливо пам'ятати, що технології – це лише засіб, а не мета. Головне – це розвиток критичного мислення, творчих здібностей та любові до мови та літератури.

Науково-педагогічні працівники філологічних освітніх компонентів активно використовують інформаційні технології на заняттях філологічного спрямування. Використовуючи інформаційні технології, здобувачі вчаться аналізувати інформацію, тексти, розвивають творчі здібності. Наприклад, здобувачі вищої освіти активно використовують програми для аналізу текстів, виявлення стилістичних особливостей та плагіату. За допомогою інформаційних технологій беруть активну участь в конференціях, онлайн-дискусіях та дебатах, де можуть навчитися аргументувати свою позицію та критично оцінювати аргументи опонентів [2], відкривають безмежні можливості для творчості. Здобувачі вищої освіти можуть вести власні блоги, де публікують вірші, оповідання, есе, а також створювати персональні веб-сайти чи онлайн-журнали для обміну думками й творчими ідеями.

Уважаємо, що процес створення мультимедійних проєктів є далеко не тільки способом передавання чи представлення інформації. Це також потужний інструмент для стимулювання творчого мислення, поєднання аналітики, інноваційності та технічних навичок. Згідно з дослідженнями, сучасні мультимедійні проєкти слугують одним із ключових засобів розвитку цифрової грамотності. Особливо це стосується майбутніх філологів, для яких така діяльність стає своєрідним майданчиком для освоєння численних цифрових інструментів і сучасних технологій. Реалізація мультимедійних проєктів вимагає від майбутніх фахівців уміння працювати з програмами для створення відео, аудіо та інтерактивних презентацій. Такий підхід не лише збагачує їхні знання про комп'ютерні технології, але й формує навички критичного осмислення матеріалу, що є необхідною компетенцією у професії філолога. Вдосконалення цифрової грамотності сприяє підготовці до вирішення креативних і комунікативних завдань, які неодмінно виникають у різних сферах сучасного життя. Таким чином, створення мультимедійних проєктів не просто розвиває технічні та культурні здібності, а й допомагає формувати всебічно розвиненого фахівця, готового до викликів інформаційного суспільства.

Створення мультимедійних проєктів – це не лише спосіб представити інформацію, а й інструмент для творчого мислення, для розвитку цифрової грамотності. Створення мультимедійних проєктів вимагає від студентів-філологів володіння різними цифровими інструментами та технологіями. Це дозволяє їм розвивати свою цифрову грамотність, яка є необхідною

компетенцією в сучасному світі. Наприклад, здобувачі вищої освіти можуть навчитися використовувати програми для створення відео, аудіо та презентацій. Це дозволяє розвивати критичне мислення, яке є необхідною компетенцією для філолога. Програмне забезпечення для аналізу текстів та мультимедійні технології займають важливе місце у створенні цифрових архівів, що сприяють збереженню культурної спадщини для майбутніх поколінь. Інформаційні технології надають широкі можливості для розвитку мовних і аналітичних навичок. Зокрема, вони дозволяють:

- збільшити словниковий запас: завдяки онлайн-словникам і текстовим корпусам можна відкривати нові слова й вирази, дізнаватися про їхнє значення та правильне вживання;
- поглибити знання граматики: інтерактивні вправи та освітні тексти допомагають засвоїти граматичні правила і навчитися успішно застосовувати їх у практиці;
- удосконалити навички аналізу текстів: інструменти для текстового аналізу дають змогу визначати ключові слова, аналізувати стиль і жанр тексту, а також розглядати його структуру і зміст;
- поліпшити навички письма: онлайн-редактори і програми для перевірки орфографії та пунктуації сприяють грамотному та стилістично правильному написанню текстів;
- розвинути усне мовлення: завдяки онлайн-курсам і програмам для вивчення мов можна працювати над вимовою та вдосконалювати свої навички спілкування.

Таким чином, сучасні технології відіграють ключову роль у підтримці освітнього процесу та збереженні культурних цінностей. Інтеграція інноваційних технологій у освітні компоненти філологічного спрямування є не лише засобом підвищення доступності, а й ключовим фактором у зміні всієї освітньої парадигми. Процес цифровізації філологічної освіти носить багатовимірний характер, охоплюючи оновлення освітнього інструментарію, переосмислення методичних підходів та зростання професійної компетентності викладацького складу. Використання сучасних цифрових платформ, мультимедійних ресурсів, мобільних додатків, а також технологій віртуальної і доповненої реальності дозволяє створювати гнучке освітнє середовище, яке спрямоване на розвиток мовних, комунікативних та аналітичних навичок здобувачів освіти. Продуктивність цього процесу значною мірою визначається рівнем цифрової грамотності педагогічних та науково-педагогічних працівників, їхньою здатністю інтегрувати технології в освітній процес відповідно до педагогічних завдань, а також методологічно виваженим підходом до розробки змісту освіти. Цифрове освітнє середовище надає широкі можливості для розвитку мовленнєвих, комунікативних і аналітичних навичок. Однак для ефективного використання цих інструментів необхідно дотримуватись певних методичних умов, які забезпечать досягнення навчальних цілей і підтримання високої якості освітнього процесу.

Однією з головних умов є цілеспрямоване педагогічне використання цифрових технологій. Інструменти мають відповідати змісту освітніх

компонентів, типу діяльності та рівню підготовки здобувачів освіти. Приміром, застосування цифрових ресурсів доречно на таких етапах, як актуалізація знань, закріплення матеріалу, практичне використання у формі тестів, творчих завдань чи обговорень. Водночас цифрові засоби не повинні використовуватись як самоціль. Іншою важливою умовою є інтеграція цифрових інструментів у структуру заняття. Це передбачає їх органічне поєднання з традиційними методами викладання. Наприклад, під час аналізу літературного твору можна комбінувати класичну текстову роботу (аналіз художніх засобів чи композиції) із сучасними цифровими підходами.

Третя важлива умова – стимулювання активної участі здобувачів освіти з використанням проєктного, проблемного або змішаного навчання. Цифрові інструменти мають не тільки передавати інформацію, а й заохочувати до пізнавальної діяльності, формування критичного мислення, розвитку навичок співпраці та самооцінки. Наприклад, виконання завдань із розробки власного блогу, створення цифрового портфоліо чи запису тематичних подкастів сприяє набуттю комплексних професійних умінь.

Разом із тим, обов'язковою умовою є цифрова грамотність як у викладачів, так і в здобувачів. Дослідження свідчать, що для повноцінного використання цифрових технологій у філологічній освіті потрібні додаткові навички, такі як основи програмування, створення цифрового контенту та опрацювання мультимедійних матеріалів. Загалом цифрові технології у філологічній освіті стають не лише інструментами передачі знань. Вони впроваджують нову освітню парадигму, де ключовими стають активність студентів, їхня взаємодія з середовищем і розвиток критичного мислення. Ефективне застосування цих технологій відкриває шлях до гнучкого, творчого і змістовного освітнього процесу відповідно до вимог сучасності.

Список літератури

1. Алексєєва О., Плетеницька Л., Ткаченко Л. Роль цифрових технологій у формуванні компетентностей майбутніх педагогів в умовах Нової української школи. Педагогічна академія: наукові записки. 2024. №7. С. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12592609>.
2. Биков В. Ю. Інформатизація освіти // Енциклопедія освіти України / Акад. пед. наук України. Головний ред. В. Г. Кремень. К.: Юрінком Інтер, 2008. С. 360 – 362.
3. Денека М., Іваненко Н., Сидоренко О. Цифровізація освітнього процесу в галузі філологічної науки (українські реалії). Академічні візії. 2023. № 18. С. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7813508>.
4. Надутенко М., Надутенко М., Семенов О. Застосування цифрового методу у викладанні філологічних дисциплін (на прикладі віртуальної лексикографічної лабораторії). Волинь філологічна: текст і контекст. 2022. Т. 34. С. 7-26.
5. Холод І., Гончарук В., Стоколос-Ворончук О. Розвиток філологічної освіти в Україні в умовах діджиталізації та цифровізації освітнього процесу. Академічні візії. 2023. № 17. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7774459>.

UDC 004.8:621.391

ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR IMPROVING SPECTRAL EFFICIENCY IN 6G NETWORKS

Zakaryayev Z.N¹.

Military Institute named after Heydar Aliyev
Baku, Azerbaijan, zekeryeyev.zaur1976@gmail.com

[ORCID ID 0009-0007-2764-9749](https://orcid.org/0009-0007-2764-9749)

Zakarya N.Z²., MSc in Advanced CS (AI)

University of Leeds

Leeds, UK

Abstract. Future sixth-generation wireless networks require significant improvements in spectral efficiency to support massive data traffic and ultra-low latency services. Artificial intelligence methods provide adaptive and intelligent solutions for resource allocation and signal processing. This study analyzes the role of AI-based techniques in improving spectral efficiency in emerging 6G communication systems.

Keywords: 6G networks, artificial intelligence, spectral efficiency, machine learning, wireless communications

The rapid development of digital technologies and the increasing demand for high-speed data transmission require the evolution of wireless communication systems. The sixth-generation (6G) wireless networks are expected to support extremely high data rates, ultra-low latency, and massive connectivity. One of the key challenges in these systems is improving spectral efficiency, which represents the efficient utilization of limited radio frequency spectrum resources [1].

Spectral efficiency plays a crucial role in modern wireless communication systems because the radio spectrum is a limited and expensive resource. In traditional wireless networks, spectrum management and resource allocation are typically performed using static or rule-based algorithms. However, such approaches often fail to adapt efficiently to rapidly changing channel conditions, user mobility, and network congestion. As a result, intelligent approaches are required to improve the overall performance of future communication networks [2].

Artificial Intelligence (AI) technologies have recently gained significant attention in wireless communications due to their ability to process large amounts of data and learn complex patterns. Machine Learning (ML) (Machine Learning) algorithms, particularly Deep Learning (DL) (Deep Learning), can be applied to various aspects of wireless communication systems, including channel estimation, interference management, adaptive modulation, and resource allocation [3].

In the context of 6G networks, AI-based techniques can dynamically analyze network conditions and optimize spectrum usage in real time. For example, reinforcement learning algorithms can be used to select optimal transmission parameters based on environmental conditions and network requirements. Such adaptive approaches allow communication systems to automatically adjust

transmission strategies, which leads to improved spectral efficiency and reduced interference [4].

Another important advantage of AI-based methods is their ability to perform predictive analysis. By analyzing historical network data, machine learning models can predict traffic patterns, channel conditions, and user behavior. This information can be used to proactively allocate spectrum resources and prevent network congestion. Consequently, predictive resource management improves both the reliability and efficiency of wireless communication systems [5].

Furthermore, AI-driven network optimization techniques can significantly enhance the performance of advanced communication technologies such as massive Multiple Input Multiple Output (MIMO), millimeter-wave communications, and intelligent reflecting surfaces. These technologies are expected to be fundamental components of future 6G systems. By integrating AI algorithms into these technologies, it becomes possible to achieve more efficient signal processing and spectrum utilization [2].

Despite the significant advantages of AI-based approaches, several challenges remain. These include the need for large training datasets, high computational complexity, and the integration of AI models into real-time communication systems. Therefore, future research should focus on developing lightweight and energy-efficient AI algorithms that can be effectively implemented in next-generation wireless networks.

Artificial intelligence methods play a crucial role in improving spectral efficiency in future 6G wireless networks. AI-based approaches enable intelligent resource allocation, adaptive transmission strategies, and predictive network management. These capabilities significantly enhance spectrum utilization and communication performance. Further research should focus on optimizing AI algorithms and integrating them into practical 6G network architectures.

References

1. Chen, M., Saad, W., Bennis, M., & Debbah, M. (2020). Artificial Intelligence for Wireless Networks: Opportunities and Challenges. *IEEE Communications Magazine*, 58(6), pp. 16–22.
2. Giordani, M., Polese, M., Mezzavilla, M., Rangan, S., & Zorzi, M. (2020). Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies. *IEEE Communications Magazine*, 58(3), pp. 55–61.
3. Jiang, W., Han, B., Habibi, M. A., & Schotten, H. D. (2021). The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2, pp. 334–366.
4. Letaief, K. B., Shi, Y., Lu, J., & Lu, J. (2022). Edge Artificial Intelligence for 6G: Vision, Enabling Technologies, and Applications. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 40(1), pp. 5–36.
5. Saad, W., Bennis, M., & Chen, M. (2019). A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems. *IEEE Network*, 34(3), pp. 134–142.

УДК 663.94.032.7

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА

Демченко К. В., к.т.н., доц., Панов А. О.
Труфанов А. С., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, panovanton1994@gmail.com

Анотація. В даній статті наведено результати розробки алгоритму автоматизованої системи керування процесом виробництва вершкового масла.

Ключові слова: Вершкове масло, жирність, пастеризатор-охолоджувач, автоматизація, промисловий контролер, датчики, програмування

Вершкове масло є концентратом молочного жиру, який цінується завдяки своїм біологічним і смаковим властивостям. Молочний жир має оптимально збалансований склад жирних кислот, багатий на жиророзчинні вітаміни, відзначається низькою температурою плавлення та добре засвоюється організмом[1, с. 16]. Смак, запах і термін зберігання масла безпосередньо залежать від якості використовуваних молока і вершків. Тому вибір інгредієнтів слід здійснювати максимально ретельно. Оскільки людські можливості обмежені і не дозволяють забезпечити стабільно високий рівень управління всіма аспектами технологічних процесів, важливим стає впровадження комплексної автоматизації [2, с. 154].

Технологічна схема лінії виробництва вершкового масла включає наступні кроки [3, с. 234]:

вершки, прийняті за допомогою насосів, спрямовуються до ємності для прийом;

потім вершки направляються на підігрів у пластинчастому теплообміннику;

вершки з окремих відділень поступають до ємності для проміжного зберігання, звідки їх передають на пастеризаційно-охолоджувальну установку, оснащену дозатором;

після пастеризації, дезодорації та охолодження вершки переміщуються у резервуар для подальшого зберігання;

завершивши фізичне дозрівання, вершки за допомогою гвинтового насоса прямують до масловиробника періодичної дії;

у процесі збивання вершків там утворюють масляне зерно розміром 3–5 мм, після чого зливають пахту, промивають зерно, виконують посолку сухою сіллю або розсолон і обробляють масло;

механічну обробку масла проводять для видалення залишкової вологи, формування масляного пласта і покращення консистенції;

масло додатково піддають гомогенізації у пристрої-пластифікаторі;

готове масло вивантажується у фасувальну машину для пакування в коробки.

Суть способу збивання полягає у перетворенні вершків на масляне зерно, яке потім піддається механічній обробці для отримання масла. Процес збивання вершків у масло здійснюється в обладнанні періодичної дії.

Процес охолодження та фізичного дозрівання вершків полягає у переведенні частини жиру (не менше 32-35%) у твердий стан. Під час охолодження вершків утворюються центри кристалізації, відбувається часткове затвердіння гліцеридів і створюються несприятливі умови для розвитку сторонньої мікрофлори. Для цього використовують два підходи: тривалий і прискорений режими підготовки вершків до збивання. У тривалому режимі вершки витримують від 5 до 20 годин при температурах, що відповідають фазі масової кристалізації гліцеридів молочного жиру. Застосовуються як одно-, так і багатоступінчасті методи охолодження.

В осінньо-зимовий період після пастеризації вершки спочатку охолоджують до 8°C, витримують при цій температурі протягом 2 годин, після чого нагрівають до 19°C і залишають на 5-7 годин. Далі вершки охолоджуються до 16°C і витримуються протягом 10-12 годин. У весняно-літній період гарячі вершки спершу охолоджують до 19-20°C і залишають для витримування на 6-8 годин. Після цього температура знижується до 15-16°C з витримкою 12-14 годин, а на завершення вершки охолоджують до 7-9°C, які є оптимальними для збивання, та витримують не менше ніж одну годину.

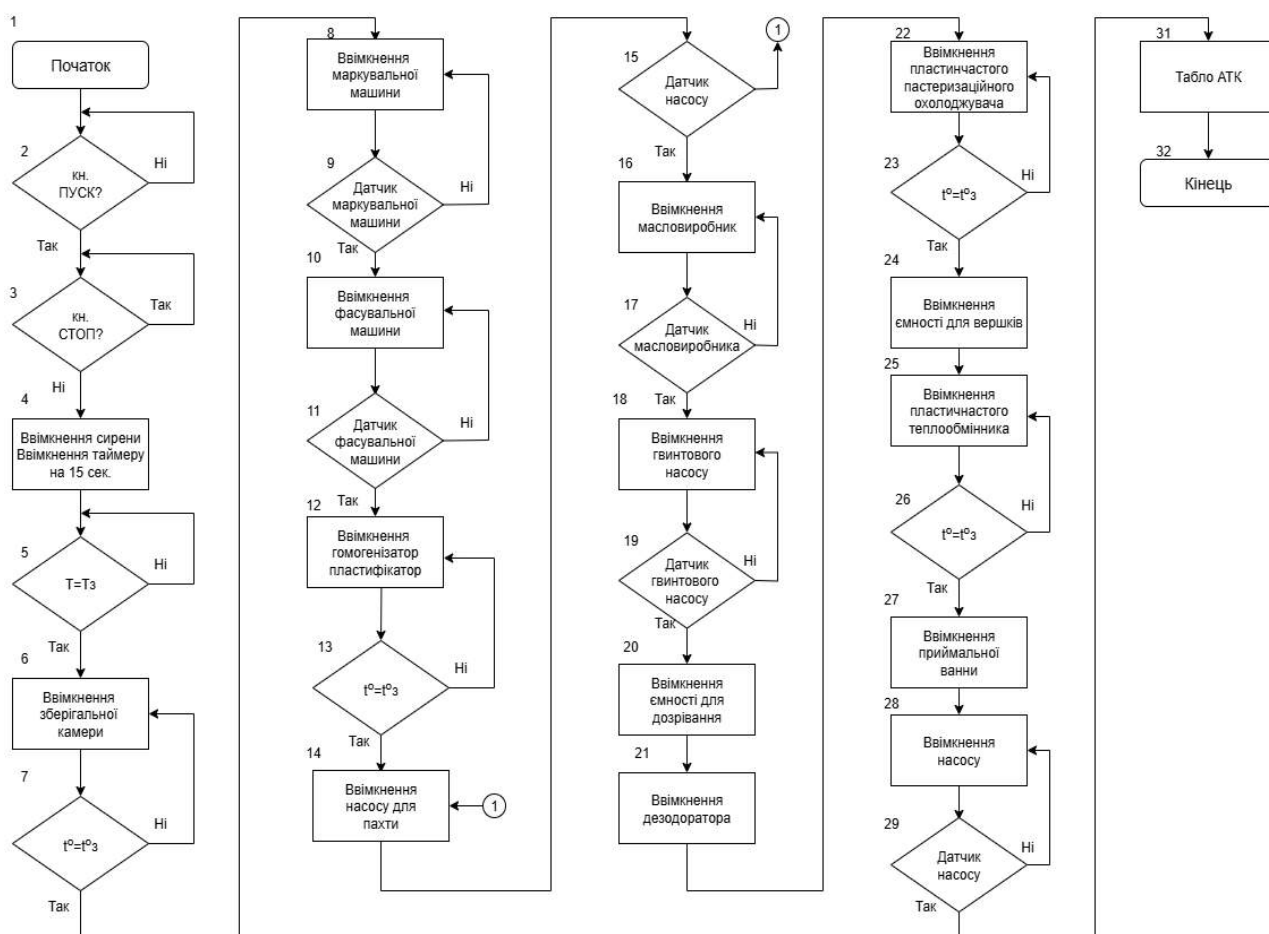


Рис.1. Алгоритмування технологічним процесом виробництва вершкового масла

Блок-схема алгоритму керування процесу виробництва вершкового масла представлена на рисунку 1 і має наступний опис до цього [4, с. 13].

При натисканні на кнопку ПУСК вмикається сирена та таймер роботи сирени на 15 секунд. Після роботи сирени відправляється сигнал на датчик цього таймера і при відповідності вимикається сирена і таймер, та вмикається зберігальна камера. При відповідності температури датчик відправляє сигнал на вмикання маркувальної машини, та аналогічно проводиться перевірка датчика на роботу маркувальної машини, після цього вмикається фасувальна машина.

Датчик фасувальної машини подає сигнал на вмикання гомогенізатора пластифікатора, потім при відповідності температури у гомогенізаторі вмикається насос для пахти. Датчик роботи насоса для пахти після перевірки на роботу і справності вмикається масловиробник. Датчик роботи масловиробника подає сигнал на вмикання гвинтового насосу.

Перевірка датчика гвинтового насосу на відповідну потужність вмикає подачу до ємності для дозування, електропривод дезодоратора та електропривод пластичнастого пастеризаційно-охолоджувальної установки. Відповідність показника температури до заданих значень на датчику температури у пастеризаторі охолоджувачі передає сигнал на вмикання подачі до ємності для вершків та електропривода пластинчастого теплообмінника. Після перевірки температури пластинчастого теплообмінника вмикається подача до приймальної ванни та електропривод насоса. Та при коректній роботі насоса вмикається табло роботи технологічного процесу на підприємстві.

Список літератури

1. Виробництво вершкового масла в масловиготовлювачах періодичної дії. Методичні вказівки для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» – Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2020 – 23 с.
2. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів: Навч. видання. – К.: Вища освіта, 2006 – 351 с.
3. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. посібник/ О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогащ, М.М. Сердюк. – К.: Вища освіта. 2006. – 479 с.
4. Мікропроцесорні керуючі пристрої: методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Мікропроцесорні керуючі пристрої» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти заочної форм навчання за освітньо-професійною програмою зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»; уклад. К. В. Демченко. Х.: ДБТУ, 2023. 18 с.

UDC 004.8:621.391

FORECASTING OF MODERN TELECOMMUNICATION NETWORKS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Iskanderov R.Z.¹, Imanov E.I.², Adiyev G.M.³

Military Institute named after Heydar Aliyev

Baku, Azerbaijan, ruslanisgndrov403@gmail.com¹

elmanimanov350@gmail.com², adiyevqabil@gmail.com³

Abstract. This article analyzes artificial intelligence methods used to improve the performance of mobile communications. Approaches to the application of artificial intelligence in mobile communications are briefly described, including both traditional methods and modern approaches, as well as their implementation in wireless communication systems. The considered methods include fuzzy logic, neural networks, reinforcement learning, and other artificial intelligence techniques applied in mobile communications. In addition, several fundamental and terminological issues are discussed, along with how emerging technologies can support not only fifth-generation (5G) networks but also future sixth-generation (6G) mobile networks in ensuring stable connectivity and delivering diverse services across a wide range of mobile devices and data environments.

Keywords: artificial intelligence, mobile network, forecasting, operator, technology

In recent years, artificial intelligence technologies have demonstrated significant success in analyzing and forecasting traffic in various telecommunication systems. Forecasting enables operators to anticipate the future behavior of the network, allowing them to take timely measures to improve service quality. It also facilitates informed decisions regarding the installation or upgrading of equipment. An overview and analysis of various time series forecasting models describing the behavior of telecommunication system traffic is presented using data collected from mobile devices via the Internet. The discussion covers several forecasting models, including:

- the exponential smoothing method,
- the linear regression method,
- the autoregressive integrated moving average (ARIMA) method,
- the support vector regression (SVR) method,
- the N-BEATS method, which uses fully connected neural network layers to forecast univariate time series.

The continuously increasing traffic in telecommunication networks confirms that society is moving toward a world governed by data, providing a natural stimulus for the development of communication networks. Current demands translate into numerous technical requirements that networks must meet. This necessitates that operators, technology providers, and service suppliers continuously incorporate innovative elements into network infrastructure and terminals. The gradual phase-out of older networks (e.g., 2G, 3G), particularly in growing markets, drives the transition to radio transmission technologies, thereby ensuring an increase in data traffic. The mobile communication industry must also transition from some traditional strategies to newer approaches, such as operating in shared spectrum

bands, enabling spectrum sharing among operators, deploying dense small-cell networks, supporting multiple local network operators, and leasing network segments as needed. Globally, traffic growth will be accommodated not only through mobile networks and the development of 5G but also via other technologies and network architectures [1].

Wi-Fi connections are continuously improving in terms of reliability and performance, particularly within buildings. At the same time, a significant portion of network traffic is still associated with indoor use cases and scenarios with limited mobility (e.g., at home, in offices, shopping centers, etc.). To address this demand, standards already support various levels of 5G/Wi-Fi convergence, although the practical implementation of technical solutions and their support at the terminal level has not yet reached widespread deployment.

Forecasting is a statistical method used to extract the most relevant information from large volumes of data and to anticipate future outcomes. It involves the collection and analysis of current and past events. With the growth of mobile network operators and Internet access, data traffic poses significant challenges, and the load on the network is continuously increasing. Accurate traffic forecasting at the main base station of a mobile network plays a crucial role in ensuring high service quality and in the management, planning, and modeling of telecommunication networks [2].

Currently, research on forecasting 5G traffic and the long-term development of 4G plays a crucial role in improving service quality. Accurate prediction of mobile data is useful for regional traffic forecasting, urban district planning, and selecting optimal locations for base stations. Therefore, analyzing and forecasting network traffic is essential to minimize network load, as these forecasts are used for network management and control.

In recent years, mobile network traffic forecasting has been carried out using deep learning and statistical learning concepts. Traffic forecasting in mobile networks can be divided into two categories: short-term and long-term. Short-term forecasts enable the operational management of the network and help ensure the required quality of service for users [3]. Long-term forecasting, on the other hand, allows for strategic planning of network development, the implementation of new technologies, and the assurance of network reliability.

One of the promising directions for addressing the tasks described above is the adaptation of artificial intelligence technologies for analyzing and forecasting 5G network traffic based on network data. Artificial intelligence technologies not only reduce manual intervention in network traffic management but also enable higher network performance, greater reliability, and more flexible systems by extracting new insights from networks and predicting user behavior based on traffic conditions. This, in turn, facilitates smarter decision-making with minimal human involvement.

Traffic analysis and forecasting play a crucial role in the management of modern telecommunication systems and networks. These processes make it possible to anticipate the required network resources, such as equipment and spectrum bandwidth, in advance. By accurately predicting traffic trends, network operators can allocate the necessary resources in a timely manner and maintain a high level of service quality [4].

Research on accurate traffic forecasting is primarily conducted in two directions: Model-based approach: this method uses various statistical and mathematical models to study the characteristics of traffic. These models help determine how traffic changes over time and space, as well as identify patterns of self-similarity or correlation.

Modern signal processing methods: this approach relies more on signal processing and data analysis techniques, aiding in the monitoring and prediction of traffic development.

The data were collected from mobile devices installed in Sweden's Cooperative Intelligent Transport System (C-ITS). The dataset consisted of records transmitted by buses to IoT data collection points, containing 44,844 rows across 40 categories. While many of these 40 categories were irrelevant for this study, the following key categories are highlighted:

- Index – unique transaction number;
- Timestamp – transaction start time (date and time);
- Transaction time – transaction duration (in seconds);
- Protocol – the protocol used (UDP, TCP, or HTTPS).

Traffic data are irregularly collected—sometimes many records occur within short intervals, while at other times no transactions are recorded. This results in an irregular time series. If no transactions occurred during an interval, the average is set to zero, though small positive values or interpolation from neighboring points may be used for forecasting purposes.

A comparative analysis of various training models yielded the following results: for the time series studied under the UDP protocol, the ARIMA model was the most suitable; for the TCP protocol, linear regression and the Theta model were preferred; and for the HTTPS protocol, linear regression, ARIMA, and N-BEATS models were selected. The quality of model training and forecasting varies significantly depending on the initial time series, as well as the quality and completeness of the collected data. Often, relatively simple methods-such as the basic seasonal model or linear regression-provide acceptable accuracy for short-term forecasts while operating significantly faster than more complex and precise models.

References

1. Abbasi, A.; Sarker, S., Ching, R.H. “Big Data Research in Information Systems: Toward an Inclusive Research Agenda.” *Journal of the Association for Information Systems*, 2016., pp. 31–42.
2. Qian, L.; Zhu, J.; Zhang, S. “Survey of Wireless Big Data.” *Journal of Communications and Information Networks*, 2017., pp. 46–53.
3. Rathore, M.M.; Ahmad, A.; Paul, A. “IoT-Based Smart City Development Using a Big Data Analytical Approach.” *IEEE International Conference on Automation*, 2016., pp. 86–92.
4. Nguyen, H.N.; Krishnakumari, P., Vu, H.L.; Van Lint, H. “Traffic Congestion Pattern Classification Using Multi-Class SVM.” *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, 2016., pp. 14–19.

УДК 631.396.6

СВІТЛОВИЙ БУДИЛЬНИК НА ОСНОВІ ESP8266 ДЛЯ ФІЗІОЛОГІЧНО КОМФОРТНОГО ПРОБУДЖЕННЯ

Карандашов А.В.¹, здобувач РВО бакалавр
Шимчишин О.Й.¹, к.т.н., доц.

¹Національний університет “Львівська політехніка”
Шимчишин М.О.², к.т.н., доц.

² Львівська філія ПВНЗ “Європейський університет”
м. Львів, Україна, olha.y.shymchyshyn@lpnu.ua

Анотація. У роботі розглянуто розроблення вбудованого пристрою – світлового будильника на мікроконтролері ESP8266 – для забезпечення фізіологічно комфортного пробудження шляхом імітації природного світанку.

Ключові слова: ESP8266, LED, ШІМ, RTC, IoT-пристрої

Якість сну безпосередньо впливає на когнітивні функції, психоемоційний стан та загальне здоров'я людини. Фізіологічно сон складається з 4–6 циклів (~90 хв кожен), що охоплюють фазу швидкого руху очей (REM) та стадії повільного сну (NREM: від N1 до N3). Найбільш критичним для організму є різке звукове пробудження під час стадії глибокого сну (N3). Це спричиняє раптове зростання артеріального тиску та виникнення феномену сонної інерції – стану когнітивного пригнічення та зниженої працездатності, що може тривати протягом перших годин після неспання [1]. Ефективною альтернативою звуковим стимулам є використання світлової імітації світанку. Поступове підвищення інтенсивності освітлення стимулює супрахіазматичне ядро гіпоталамуса, що призводить до природного пригнічення секреції мелатоніну та підготовки серцево-судинної системи до активності. Такий підхід забезпечує м'який перехід до неспання через стадії легкого сну, мінімізуючи ефект сонної інерції. Метою роботи є проектування та реалізація вбудованої IoT-системи керування LED-освітленням на базі мікроконтролера ESP8266, яка забезпечує фізіологічно коректне пробудження користувача шляхом відтворення динамічних світлових сценаріїв.

Розроблений пристрій складається з трьох функціональних вузлів: модуля реального часу (RTC DS3231), блоку керування (ESP8266) та джерела світла (LED-стрічка 5 В). Структурну схему пристрою наведено на рис. 1. Користувач задає бажаний час пробудження через веб-портал, який розгортається на ESP8266. За 30 хв до встановленого часу мікроконтролер активує LED-стрічку на мінімальній яскравості (0 %) та кожні 10 хв збільшує її до 33 %, 66 % і 100 % відповідно. Таким чином, організм отримує поступовий сигнал до пробудження ще в легкій стадії сну. Після натискання кнопки «Вимкнути» або через 30 хв після сигнального моменту світло плавно гасне. Точність ходу забезпечується щоденною синхронізацією з NTP-сервером через Wi-Fi. Конфігурація параметрів пробудження здійснюється користувачем через веб-інтерфейс, реалізований на базі вбудованого HTTP-сервера мікроконтролера.

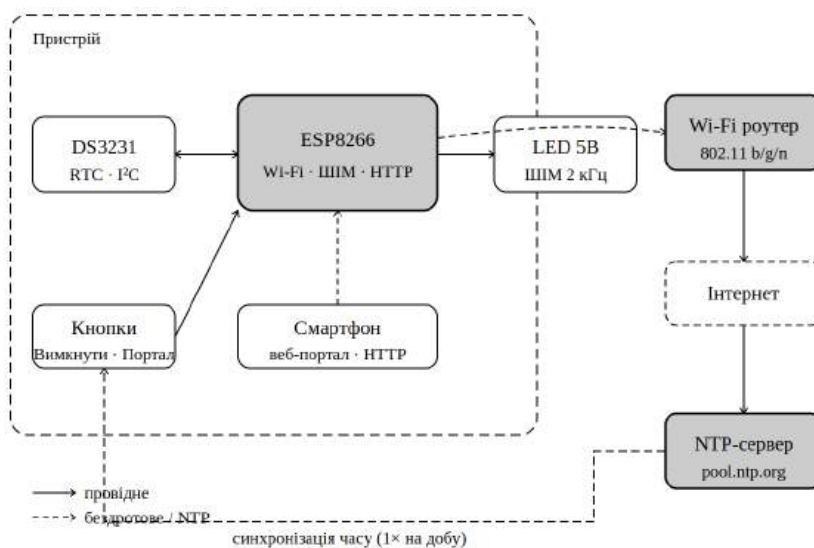


Рис. 1. Структурна схема світлового будильника

Такий алгоритм імітує природні світлові цикли, стимулюючи перехід організму до фази активності. Передбачено ручне вимкнення пристрою або автоматичне деактивування через 30 хв після завершення циклу. Часова синхронізація системи реалізована за протоколом NTP (Network Time Protocol) через бездротову мережу Wi-Fi, що нівелює похибку внутрішнього таймера. Регулювання яскравості LED-стрічки реалізоване методом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Відповідно до рекомендацій BOO3 та стандартів IEEE, частота ШІМ повинна перевищувати 1250 Гц, щоб уникнути шкідливого мерехтіння, яке може провокувати зорову втоми та мігрень [2]. ESP8266 підтримує апаратний ШІМ до 1 кГц, тому реалізовано програмний ШІМ на частоті 2 кГц засобами таймерів мікроконтролера. Скважність сигналу змінюється від 0 до 100 % за 8-бітною шкалою (0–255), що забезпечує 256 ступенів яскравості.

Розроблено функціональний прототип світлового будильника на базі мікроконтролера ESP8266. Пристрій реалізує алгоритм поступового наростання яскравості LED-освітлення, що відповідає фізіологічним механізмам природного пробудження. Застосування високочастотного ШІМ дозволяє уникнути видимого мерехтіння та знизити зорове навантаження. Завдяки синхронізації з NTP-сервером забезпечено високу точність ходу годинника, а вбудований веб-інтерфейс дозволяє здійснювати налаштування з будь-якого пристрою через браузер. Подальший розвиток проєкту передбачає впровадження резервного живлення, сенсора освітленості та акселерометра для реалізації функцій адаптивного відстеження фаз сну.

Список літератури

1. Patel A.K., Reddy V., Shumway K.R., Araujo J.F. Physiology, Sleep Stages // StatPearls. – Treasure Island: StatPearls Publishing, 2024.
2. Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks. Health Effects of Artificial Light // European Commission. – 2023.

УДК 663.94.032.7

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА РОЗЧИННОЇ КАВИ

Тимчук С. О, д.т.н., проф., Панов А. О.
Герасименко Д. Є., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, panovanton1994@gmail.com

Анотація. В даній статті наведено результати розробки алгоритму автоматизованої системи керування процесом виробництва розчинної кави.

Ключові слова: кава, обсмажувальний барабан, охолоджуюча чаша, автоматизація, промисловий контролер, датчики, програмування

Розчинна кава являє собою висушений до порошкоподібного стану екстракт із натуральної смаженої кави. Вона має приємний смак і аромат, хоча й менш виразний, ніж у свіжообсмажених зерен. Водночас її тонізуючий ефект відчутніший завдяки підвищеному вмісту кофеїну [1, с. 153].

Технологічний процес виробництва розчинної кави включає такі етапи:

- очищення кавових зерен;
- обсмажування та повторне очищення кавових зерен;
- подрібнення (гранулювання);
- приготування екстракту кави;
- сушіння отриманого екстракту;
- фасування та пакування кавового порошку.

Зерна сирі кави автоматичні ваги зважують у порціях по 20 кг. Далі пневмотранспортер низького тиску подає їх у зерновий сепаратор, де проводиться очищення зерен від сторонніх домішок, пилу та металевих включень. При цьому кожен вид і сорт кави обробляється окремо. Після очищення зерна за допомогою пневмотранспортера високого тиску через циклон-розвантажувач транспортують у бункер, обладнаний чотирма відділеннями для зберігання різних сортів та видів кави. З бункера зерна подаються на ваги, а потім надходять в обсмажувальний барабан. Процес обсмажування однієї порції кави об'ємом 240–300 кг триває від 13 до 18 хвилин за температури 180–215°C. Після обсмажування каву залишають у цьому ж барабані для зволоження, доводячи рівень вологості до 5–7% [2, с. 154].

Каву охолоджують у спеціальній охолоджувальній чаші 8, після чого через каменевідбірник та ваги вона пневмотранспортером високого тиску доставляється до циклону-осаджувача, де здійснюється розвантаження, і надходить до бункера, призначеного для зберігання обсмажених зерен. Далі ці зерна подаються до гранулятора, де їх подрібнюють, перетворюючи на крупку.

Подрібнення кавових зерен, або гранулювання, є надзвичайно важливим процесом. Оптимальний розмір частинок перемеленого зерна значною мірою визначається видом екстракційного обладнання. Зазвичай рекомендований розмір гранул становить від 1 до 2 мм.

Після аналізу системи автоматизованого керування технологічним процесом виробництва розчинної кави у попередньому розділі, проведено розробку блок-схеми алгоритму керування процесом виробництва розчинної кави, що наведено на рисунку 1 [3, с. 12].

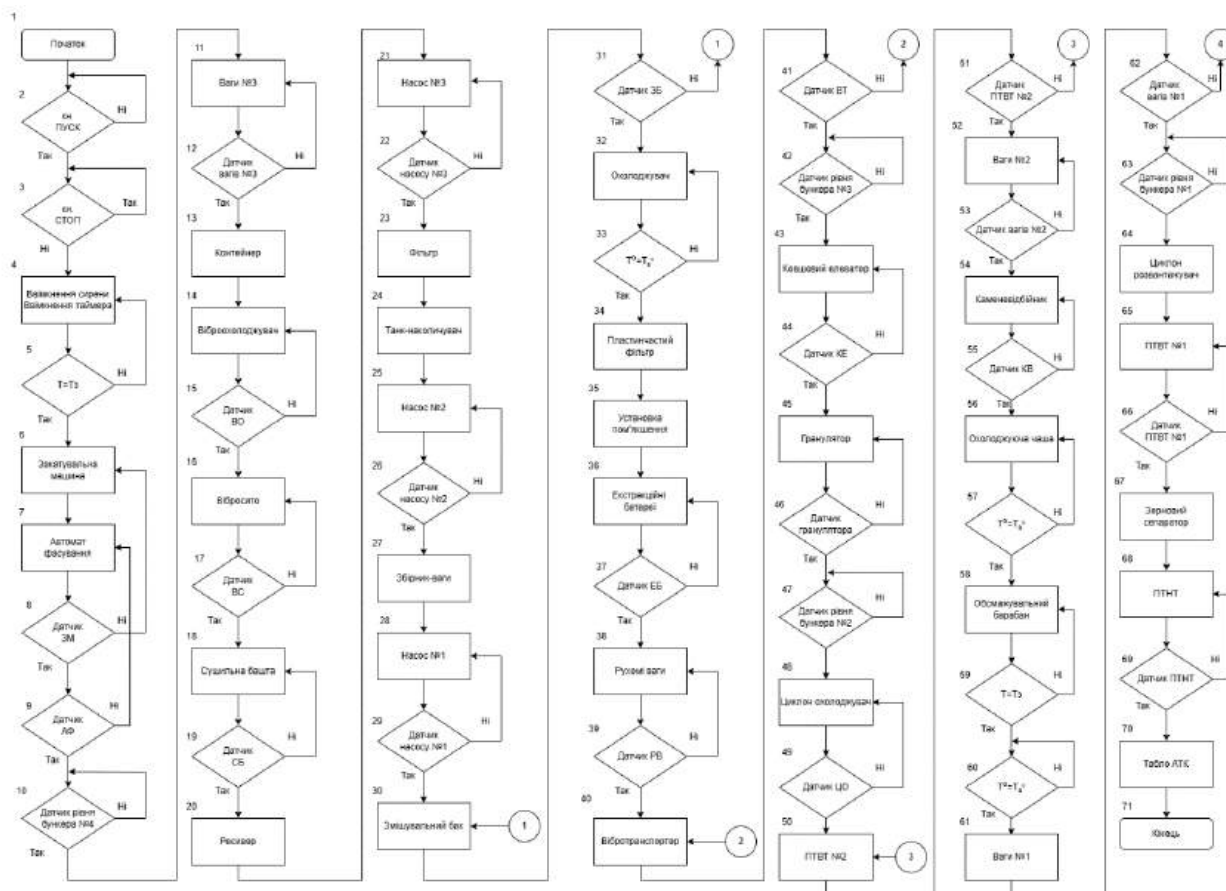


Рис.1. Блок-схема алгоритму керування процесом виробництва розчинної кави

Опис блок-схеми алгоритму керування процесом виробництва розчинної кави виглядає наступним, після запуску кнопки пуск (2) вмикається сирена роботи (4) та таймер сирени (4). Після відпрацювання заданої вставки часу таймера (5) вмикається сирена та вмикаються ЗМ (6) та АФ (7). Перевірка датчиків роботи закатувальної машини (8), автомату фасування (9) та датчика рівня у бункері №4 (10) вмикається подача суміші до вагів №3 (11). Датчик перевірки маси суміші (12) подає сигнал на вмикання контейнера (13) та електропривода віброохолоджувача (14).

Датчик температури віброохолоджувача (15) подає сигнал на вмикання електропривода вібросита (16). Перевірка роботи датчика вібросита (17) вмикає електропривод СБ (18). Датчик роботи електропривода сушильної башти (19) відправляє сигнал на вмикання приводів ресивера (20) та насосу №3 (21). Після перевірки датчика роботи насосу №3 (22) вмикається фільтр (23), танк-накопичувач (24) та електропривод насосу №2 (25). Датчик роботи насосу №2 (26) на відповідність заданій потужності, вмикається електропривод збірника-вагів (27) та електропривод насосу №1 (28). Так само відбувається перевірка датчика насосу №1 (29) на роботу в заданих потужностях подає сигнал на

вмикання ЗМ (30). Датчик роботи зрівняльного бака (31) передає сигнал на вмикання електропривода охолоджувача (32). Та після датчика температури охолоджувача (33) відповідає заданим показникам відправляє сигнал на вмикання електропривода пластинчастого фільтра (34), електропривода установки пом'якшення (35) та електропривода екстракційної батареї (36). Датчик ЕБ (37) подає сигнал на вмикання електропривода РВ (38). Спрацювання датчика рухомих вагів (39) вмикає електропривод вібротранспортера (40).

Датчик перевірки роботи електропривода вібротранспортера (41) та датчик верхнього рівня у бункері №3 (42) відправляє сигнал на вмикання електропривода КЕ (43). Перевірка датчика на вмикання ковшового елеватора (44) вмикає електропривод гранулятора (45). Датчик перевірки гранулятора (46) та датчик рівня у бункері №2 (47) відправляють сигнал на вмикання ЦО (48). Датчик циклона охолоджувача (49) вмикають електропривод пневмотранспортера високого тиску №2 (50). Датчик ПТВТ №2 (51) після перевірки на роботу електропривода, відправляє сигнал на вмикання привода вагів №2 (52). Сигнал на перевірку датчика вагів №2 (53) відправляє сигнал на вмикання електропривода каменевідбійника (54).

Датчик відбійника (55) на спрацювання передає сигнал на ввімкнення охолоджувальної чаши (56). Коли датчик температури охолоджувача (57) відповідає заданим показникам охолодження, то відправляється сигнал на вмикання електропривода обсмажувального барабану (58). Датчик температури обсмажувального барабану (59) відповідає заданим показникам та датчик таймера на час обсмаження (60), то вмикається електропривод вагів №1 (61). Коли показники на датчику вагів №1 (62) відповідають заданій масі суміші та датчик рівня бункера №1 (63) спрацював, то вмикається привод циклона розвантажувача (64) та привод пневмотранспортера верхнього рівня №2 (65). Датчик перевірки на задану роботу ПТВТ (66) відправляє сигнал на ввімкнення електроприводів зернового сепаратора (67) та ПТНТ (68). Датчик перевірки на задану роботу пневмотранспортера низького тиску (69) подає сигнал на вмикання індикатора роботи системи виробництва (70).

Список літератури

1. Баля Л. В. Комплексна оцінка якості кавових напоїв розчинних / Л.В. Баля / Товарознавчий віс-ник: зб. наук. праць. Луцьк: Луцький НТУ, 2015. Вип. 8. С. 152-156.
2. Гуторов О. І., Лебединська О. І., Прозорова Н. В. Логістика: навч. посібник. Харків: Міськдрук, 2011. 322 с.
3. Мікропроцесорні керуючі пристрої: методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Мікропроцесорні керуючі пристрої» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти заочної форм навчання за освітньо-професійною програмою зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»; уклад. К. В. Демченко. Х.: ДБТУ, 2023. 18 с.

UDC 004.056:005.334

CYBERSECURITY RISK MANAGEMENT IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES: A COMPREHENSIVE REVIEW OF PRACTICES AND ALIGNMENT WITH THE NIST CYBERSECURITY FRAMEWORK

Zakarya Nihat Zaur, BSc in Computer Engineering
Azerbaijan Technical University
Baku, Azerbaijan, nihatzakarya@gmail.com

Abstract. Small-to-medium-sized enterprises (SMEs) represent a significant share of national economies worldwide. Despite their importance, many SMEs struggle to implement effective cybersecurity measures, which increases their exposure to cyber threats. Although SMEs account for a large proportion of businesses, cybersecurity research has not always provided balanced attention to their specific needs. This study reviews recent research on SME cybersecurity and examines how existing practices align with the National Institute of Standards and Technology (NIST) Cybersecurity Framework (CSF). The paper highlights the growing importance of cybersecurity in the digital era and the unique challenges faced by SMEs, including financial and reputational risks resulting from cyber incidents. It analyzes different cybersecurity risk management approaches and frameworks, assessing their suitability and effectiveness for SMEs. The findings indicate that most research and practical efforts focus mainly on the identifying and protecting functions of the NIST CSF, while limited attention is given to detect, respond, and recover activities. SMEs might not have appropriate information on responding to such occurrences if research in these areas is pathetic. In future studies in SMEs, there needs to be an excellent equilibrium in cyber security. Scholars ought to use firm, proven mathematical methods to improve and test their work, yet governments and academia are urged to invest in providing researchers with incentives to broaden their research horizons.

Keywords: cybersecurity risk management, cybersecurity Framework, risk assessment, cyber resilience, information security governance

Cyber threats target SMEs, regardless of their size, number of workers, or yearly turnover. Cyber attackers are more concerned with attractive rewards than the size of the corporate sector, making SMEs the main target of cyber threats. Several financial and nonfinancial losses have occurred due to developing challenges, including information security and cyber hazards. In this line, it is believed that SMEs confront comparable levels of cyber security problems to those their larger competitors face. Unlike large organizations, these enterprises often struggle due to a lack of awareness, expertise and resources; this also applies to implementing security generally even in face of new regulations such as EU's General Data Protection Regulation [1]. In other words, cybersecurity risks are expanding constantly, and managing those risks must be a continuous process. This is true regardless of whether an organization is just beginning to confront its cybersecurity challenges or whether it has been active for many years with a sophisticated, well-resourced cybersecurity team [2]. SMEs have become the new primary target for cybercrimes.

They are among the least resilient and least advanced countries regarding cyber security risk. SME businesses conduct thorough cyber-risk assessments and can encounter several internal challenges [16]. Small Information Technology (IT) teams, insufficient security budgets and differences between IT and business leadership

teams over cyber security risk management are factors worth considering when developing cyber-risk strategies [5]. In a globalized and digitized world, medium-sized IT enterprises face new challenges to remain competitive. The IT industry is critical for various sectors and it is a crucial driver for many others. SMEs in the IT industry focus on niche industries, which can disadvantage them in global competition [11]. Their products contain proprietary data formats and security gaps, which can slow digital transformation. This is true for German and European Union national market situations for IT SMEs. In contrast, the IT-based SMEs in the US focus on rapid standardization and platform thinking [14]. The most effective solution to address SMEs' data processing and decision-making demands is Collaborative Business Intelligence (CBI) or Business Intelligence (BI) in the cloud. The term "cloud-based BI" (CBI) refers to the data used by BI systems and the components of BI systems that are supplied as services. BI technology supports organizational decision-making in CBI, which refers to integrating two primary cloud computing architectures. Like traditional BIs, CBIs can offer management quality information based on analyzing significant internal and external data required in decision-making [15]. Risk management is necessary for small and medium-sized enterprises (SMEs). The diagnostic level is essential because, through recognizing dangers, preventive measures can be developed. Lack of enterprise risk management can have adverse effects, including difficulty paying debts, a lack of job orders, poor financial indicators, tense interactions between management and staff.

The NISTs CSF has been utilized in Benz and Chatterjee's methodology for SMEs to gauge their cyber security risk and resilience. The process included a 35-question online survey. Using the five NIST framework categories to recognize, safeguard, observe, answer and come back, information technology directors ought to assess their maturity in each [8]. It discusses whether to manage cyber security risks, how it works and what it means for practitioners. Alahmari and Duncan explore the role of cyber security risk management in SMEs, focusing on recent evidence. The authors aim to understand the current situation, reveal the management's role in addressing cyber security risks and recommend lines of inquiry. The review employs a tried-and-true methodology, beginning with a keyword search and fitness evaluation.

Sukumar used a "Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)" approach to evaluate the security hazards in SMEs. Twenty-eight cyber-related threats are included in the report under the following five headings, protection, and dependence on others, staff members, strategy and legal [6]. To create a risk assessor process, a comprehensive approach, the "Best– Worst Method" (BWM) and "Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis" (SWARA), were combined. It contributed to the body of literature on cyber risk control by outlining a fresh approach for managing cyber security risk for e-tailing SMEs. Van Haastrecht claimed that SMEs are less equipped to handle threats because they possess cyber protection resources. Motivation to improve cyber security is low, as there is no necessary knowledge and awareness. A threat-based approach to determine security hazards should be provided to help SMEs handle cybersecurity risks. The strategy inspires users to act by elevating their perceptions of autonomy, competence and relatedness. The method's ability to

convert SME data into prioritized, enforceable suggestions that satisfy the expectations stipulated by Self-Determination Theory (SDT) has been demonstrated through an actual-world application.

SMEs are vulnerable to the same hazards as large organizations since cyber threats do not differentiate between different sizes of enterprises. Most of the time, more prominent entities have the personnel and financial resources to implement controls. However, they have an excellent attack surface due to increased employee and device counts. Larger organizations employ devoted cyber security personnel with the necessary levels of education. SMEs make smaller investments in internet safeguarding, but when it comes to the costs associated with effective cyber-attacks, they bear a higher proportional burden than big enterprises. However, SMEs could profit from their stature, speed and more flexible IT setups [13]. Even though cyber risk has become a higher priority for larger organizations over the past few years, industry studies revealed that many firms cannot explain the method, although having the necessary staffing and funds to take action on cyber risk. Cybersecurity concerns for small firms must be regarded as a standard security problem. In Australia, where small enterprises govern a sizable amount of the industry and business, cyber-attacks on companies could harm buyers confidence in online shopping and the economy [1].

Cybersecurity Risk Assessments for SME. Due to their distinctive structural features, such as industry, place of residence and cybersecurity skills, SMEs deal with significant risks related to cybersecurity. The European Digital SME Network divides SMEs into four categories: entrepreneurs, online fitness instructors, SMEs with an excellent digital technology foundation and others. Although cybersecurity risk assessment techniques have been customized to meet the demands of SMEs, these methodologies call for a dedicated user with some level of cybersecurity experience. These techniques work for digital enablers and SMEs with a digital foundation. They will only work for startups and SMEs that rely on digital technology if they need more cybersecurity understanding and drive to make enhancements [1].

Evaluation of the Risk of Cybersecurity. From a managerial perspective, SMEs' Cybersecurity Risk Control (CRC) needs more attention. They are challenges, conduct, procedure, perception and decision-making. According to this study, SMEs must pay more attention to cybersecurity in the decision-making process than other sectors because of the significance of its role in Cybersecurity Risk Control Investment (CRCI). Most experts agree that cyber- attacks pose the most significant risk to businesses, but decision-makers in SMEs continue to think their organizations are not at risk. Therefore, SMEs must prioritize understanding the possible effects of cybersecurity threats. Information Risk Management (IRM) decisions are the owners' and managers' responsibility, underscoring how vital their function is in minimizing the gravity of the effects of digital assault. Decision-makers, executive managers, decide on the enterprise's information security strategies. For instance, chief executive officers of SMEs are involved in decisions on implementing cybersecurity [17]. Decision-makers in the SME sector can make better choices as their awareness of cybersecurity grows. Even with a bounty of previous investigations on CRC, qualitative studies have focused on CRCI making decisions in SMEs. The few published journals make a mathematical approach to the best option for such an

exploratory case. Therefore, the absence of such a descriptive analysis that looked at curiosity hurdles to CRCI in SMEs can be viewed as a vacuum that the current study will aim to fill [20].

We keep talking about recent cyber-attacks on SMEs. Best practices for managing cyber security risk are outlined in cyber security frameworks. These frameworks standardize service delivery, create a single language internally as well as externally and increase efficiency. Various methodologies are used in the cybersecurity risk handling practices for SMEs survey.

Current cyber attacks. Because SMEs are thought to be inherently more vulnerable, Eling discovered that they are becoming more and more targeted by cyber-attacks. Cybercriminals with less education and previous criminal activity target SMEs because they are simple targets. SMEs are responsible for this careless security since they planned computerization protection under the assumption that data and networks had been protected [7]. The attacks are pervasive and affect every firm, regardless of size, industry, or sector. However, businesses involved in finance and health care are the most targeted internationally. The most common types of cyber-attacks that SMEs encountered were supply chain attacks for e-commerce, web-based attacks, social engineering (such as phishing), computer hacking (such as credentials that are extracted, data theft), malware (such as ransomware) and misuse (such as malicious insiders). The hacking and attempts at social engineering were the most typical kinds of attacks experienced by SME respondents (see Figure 1 and Table 1 below).

According to several analysts, IoT and mobile devices are the most prone to invade the SME environment and provide access to the network to attackers. Unsecured online electronics can be converted into firearms to launch sophisticated attacks on additional companies. In particular, devices can be forced into Botnets, where they must wait for Instruction to join distributed denial of service (DDoS) activities that are undertaken online. 70% of recent worldwide hacks were the work of outside actors or attackers who were not firm employees. Intrusion or obtaining unauthorized access was involved in over half of all incidents. The vast majority (86%) of these hacks had financial motivations. However, there are a number of additional reasons why cyber events and data breaches occur, such as amusement, ideology, resentment, espionage, state-sponsored activity and human mistakes. Insider attacks are occurring in 16% of SMEs. For instance, the district of the regional colleges in Maricopa County experienced a data breach in 2011 when some of the students' information databases were made available for purchase on the phantom web. Investigations established that an employee was responsible for the problem but did not establish whether the data leak was deliberate or unintentional. A total of 11% of data breaches reported to the Australian authorities were the result of hostile insiders or rogue personnel "Office of the Australian Information Commissioner" (OAIC).

Cyber Security Framework. The core of the literature is NIST's CSF; it was created to enhance the protection of crucial infrastructure companies in the USA. It is an offered structure created by combining regulations, legislation and rules that are already in place with government and business sector suggestions. The framework

offers businesses a policy framework for monitoring and improving their capacity to stop, recognize and react to cyber-attacks. The framework has proven to be extendable and helpful for multiple businesses, despite being first intended for critical infrastructure enterprises. By implementing the plan of action, businesses can better manage technology-related risks and maximize the return on their security spend. NIST offers established language that simplifies ignorance about the language of treaties and other policies [16]. Figure 2 represents the SME internet security in NIST and CSF functions the security research in NIST and CSF functions and its categories are:

1. Identifying: Property awareness, risk evaluation, administration and compliance with the law, obligations, risk administration, risk management in the logistics network, working alongside exterior partners and hiring.
2. Protect: Client control of access and identification security, education and formation, data security includes methods and procedures for information protection, encryption, repair, patch, change management and protective technology.
3. Detect: Security ongoing surveillance, anomalies, the detection procedure for security incidents and events (SIEM).
4. Respond: Prepare an answer. Management of data, impact analysis and forensics, disaster planning, catastrophe control, experiences acquired and ongoing improvement.
5. Recover: Improvements, communications, business continuity management (BCP), disaster recovery (DRP).

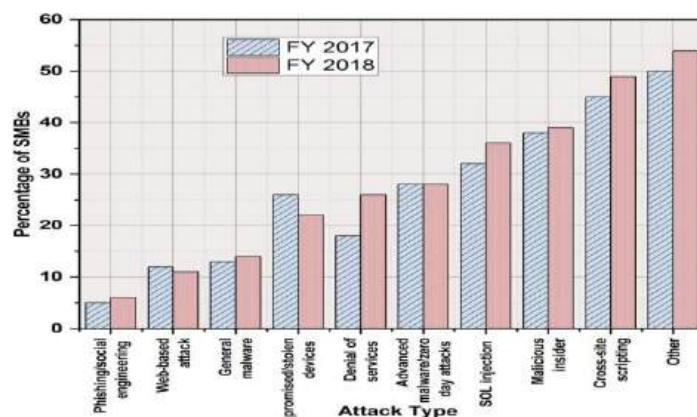


Figure 1. Varieties of attacks that SMEs have suffered. The most widespread attack is social engineering, which has been rising for the past few years

For SMEs, NIST developed a condensed version of the CSF that includes ten recommended practices and addresses systems, networks, personnel, recovery from crises, disaster preparation and security of operations. The CSF Core Functions- GOVERN, IDENTIFY, PROTECT, DETECT, RESPOND, and RECOVER-organize cybersecurity outcomes at their highest level [2].

Govern (GV). The organization's cybersecurity risk management strategy, expectations, and policy are established, communicated, and monitored. The GOVERN Function provides outcomes to inform what an organization may do to achieve and prioritize the outcomes of the other five Functions in the context of its

mission and stakeholder expectations. Governance activities are critical for incorporating cybersecurity into an organization's broader enterprise risk management (ERM) strategy. GOVERN addresses an understanding of organizational context; the establishment of cybersecurity strategy and cybersecurity supply chain risk management; roles, responsibilities, and authorities; policy; and the oversight of cybersecurity strategy [2].

Table 1. Different assault that SMEs had been faced to. The practice of social engineering has become the most persistent attack throughout the course of the last few years.

Attack Type	Percentage of SMB	
	FY 2017	FY 2018
Phishing/social engineering	5	6
Web-based attack	12	11
General malware	13	14
Compromised/stolen devices	26	22
Denial of services	18	26
Advanced malware/zero day attacks	28	28
SOL injection	32	36
Malicious insider	38	39
Cross-site scripting	45	49
Other	50	54

Identifying (ID). The organization's current cybersecurity risks are understood. Understanding the organization's assets (e.g., data, hardware, software, systems, facilities, services, people), suppliers, and related cybersecurity risks enables an organization to prioritize its efforts consistent with its risk management strategy and the mission needs identified under GOVERN. This Function also includes the identification of improvement opportunities for the organization's policies, plans, processes, procedures, and practices that support cybersecurity risk management to inform efforts under all six Functions [2].

Protect (PR). The Safeguards to manage the organization's cybersecurity risks are used. Once assets and risks are identified and prioritized, PROTECT supports the ability to secure those assets to prevent or lower the likelihood and impact of adverse cybersecurity events, as well as to increase the likelihood and impact of taking advantage of opportunities. Outcomes covered by this Function include identity management, authentication, and access control; awareness and training; data security; platform security (i.e., securing the hardware, software, and services of physical and virtual platforms); and the resilience of technology infrastructure [2].

Detect (DE). Possible cybersecurity attacks and compromises are found and analyzed. DETECT enables the timely discovery and analysis of anomalies, indicators of compromise, and other potentially adverse events that may indicate that cybersecurity attacks and incidents are occurring. This Function supports successful incident response and recovery activities [2].

Respond (RS). Actions regarding a detected cybersecurity incident are taken. RESPOND supports the ability to contain the effects of cybersecurity incidents.

Outcomes within this Function cover incident management, analysis, mitigation, reporting, and communication [2].

Recover (RC). Assets and operations affected by a cybersecurity incident are restored. RECOVER supports the timely restoration of normal operations to reduce the effects of cybersecurity incidents and enable appropriate communication during recovery efforts [2].

Data Collection Methods. According to the study's analysis of the data-gathering techniques employed by Feng, research reviews (43%), quizzes (25%) and discussions (17%) were the most popular. A combination of approaches was used for 7% of the research, with surveys and experiments receiving the least attention.

Interviews utilize talking on the phone with the participant and the person conducting the research. A systematic process for studying or evaluating printed and electronic written materials, as well as earlier research conducted by others, is known as an analysis of literature. They are evaluating the gathered facts without formulating inquiries. A questionnaire is a written list of inquiries used to learn details about specific people rather than spot trends. The subsequent examination of statistical evaluation is a list of demands distributed to broad specimens. Gathering, averaging and analyzing the responses to specific questions is a part of surveys. In an experiment, variables are changed and the results of those changes are recorded. They were combining the collected data using various data-gathering techniques. Figure 3 and Table 3 show the findings that indicate the primary strategy that SME cyber security researchers used for data collection is a literature review of the various data collection techniques.

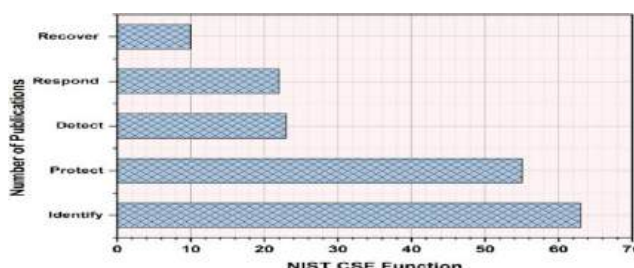


Figure 2. The primary area of study for SME internet security in NIST CSF functions

Table 2. Lists the key NIST CSF functions for SME internet security research

Number of Publications	NIST CSF Function
Identify	63
Protect	55
Detect	23
Respond	22
Recover	10

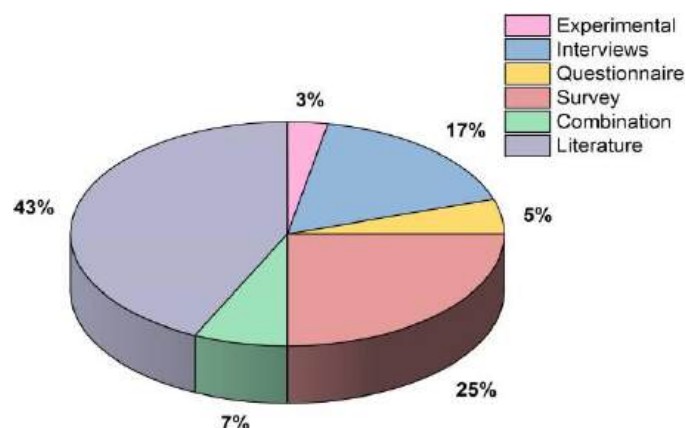


Figure 3. Data collection techniques. Reveals indicate that the primary strategy SME cyber security researchers use for data collecting is literature reviews

Table 3. Data collecting is literature reviews

Data Collection Method	Percentage
Experimental	3
Interviews	17
Questionnaire	5
Survey	25
Combination	7
Literature	43

Research on cybersecurity for SMEs mainly relies on qualitative methods such as case studies, surveys and practical exercises rather than strong empirical analysis. This creates limitations in understanding how effective different cybersecurity risk management practices truly are. At the same time, cyber-attacks such as ransomware have become more complex and continue to target SMEs. Some researchers recommend combining proactive and reactive approaches, while others focus mainly on technological controls. However, effective cybersecurity for SMEs requires more than technical protection alone. SMEs must be able to prevent attacks, respond properly when incidents occur and resume normal operations afterward. A structured information security system is often considered a practical and cost-effective starting point. Experts also suggest that SMEs should develop clear recovery plans and assign responsibilities, especially when working with vendors or cloud-based SaaS providers.

References

1. Bada M, Nurse JR (2019). Developing cybersecurity education and awareness programs for small and medium-sized enterprises (SMEs). Information & Computer Security.
2. The NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0, pp. 4-10
3. Alahmari A, Duncan B (2020). Cyber security risk management in small and medium-sized enterprises: A systematic review of recent evidence. In 2020 international conference on cyber situational awareness, data analytics and assessment (CyberSA) pp. 1–5). IEEE. DOI: 10.1109/CyberSA49311.2020.9139638

4. Benz, M., & Chatterjee, D. (2020). A cyber security evaluation tool for SMEs. *Business Horizons*.
5. Boletsis C, Halvorsrud R, Pickering JB, Phillips SC, and Surridge M (2021). Cyber security for SMEs: Introducing the Human Element into Socio-technical Cyber Security Risk Assessment. (pp. 266-274).
6. C. T. Berry & R. L. Berry (2018). "An initial assessment of small business risk management approaches for cyber security threats", vol. 8, pp. 1–10.
7. Chidukwani A, Zander S, Koutsakis P (2022). A survey on the cyber security of small-to-medium businesses: challenges, research focus and recommendations.
8. Dvorsky J, Belas J, Gavurova B, Brabenec T (2021) Business risk management in the context of small and medium-sized enterprises.
9. Eling M, McShane M, Nguyen T, (2021) Cyber risk management: History and future research directions. *Risk Management and Insurance*.
10. Feng Y, Duives D, Daamen W, Hoogendoorn S, (2021) Data collection methods for studying pedestrian behaviour: A systematic review. *Building and Environment*.
11. G. Lloyd (2020) "The business benefits of cyber security for SMEs" vol. 2020, pp. 14-17.
12. Suryotrisongko H, Musashi Y, (2019) "Review of cybersecurity research topics, taxonomy and challenges: Interdisciplinary perspective" in *Proc. IEEE 12th Conf*, pp. 162–167.
13. Heidt M, Gerlach JP, Buxmann P, (2019). Investigating the security divide between SME and large companies: How SME characteristics influence organizational IT security investments.
14. Johannsen A, Kant D, Creutzburg R, (2020) Measuring IT security, compliance and data governance within small and medium-sized IT enterprises.
15. Moyo M, Looock M. (2019) An Analysis of Small and Medium-Sized Enterprises' Perceptions of Security Evaluation in Cloud Business Intelligence. In *International Conference on Cyber Warfare and Security* (pp. 554-XIII).
16. Opitz EL (2018) Cybersecurity for the board of directors of small and midsized businesses.
17. Pugnetti C, Casián C, (2021) Cyber risks and swiss smes: an investigation of employee attitudes and behavioral vulnerabilities.
18. Sukumar A, Mahdiraji HA, Jafari-Sadeghi V, (2023) Cyber risk assessment in small and medium-sized enterprises: A multilevel decision-making approach for small e-tailors. *Risk Analysis*.
19. Van Haastrecht M, Sarhan I, Shojaifar A, Baumgartner L, Mallouli W, Spruit M (2021) A threat-based cyber security risk assessment approach addressing SME needs. In *Proceedings of the 16th International Conference on Availability, Reliability and Security* (pp. 1-12).
20. Yigit Ozkan B, van Lingen S, Spruit M (2021) The cybersecurity focus area maturity (CYSFAM) model. *Journal of Cybersecurity and Privacy*.

УДК 004.78

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО СТЕКУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА NO-CODE ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБЗАСТОСУНКІВ

Тимчук С.О., д.т.н., доц.
Панченко С.Є., здобувач РВО магістр
Сумський державний університет
м. Суми, Україна, s.tymchuk@itp.sumdu.edu.ua

Анотація. У даній роботі виконано аналіз підходів до формування технологічних стеків, тенденцій розвитку ринку low-code / no-code рішень та факторів їх впровадження; запропоновано модель представлення вимог проєкту у вигляді структурованого профілю; сформовано каталог технологій, який охоплює традиційні фреймворки, backend-as-a-service платформи та low-code / no-code рішення; розроблено критерій ранжування технологій під конкретний проєкт; розроблено прототип інформаційно-аналітичної системи рекомендації технологій; надано рекомендації щодо використання розробки у стартапах, B2B-компаніях та фріланс-розробниками.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, веброзробка, стек технологій, low-code / no-code рішення, оптимізація

Ринок розроблення інформаційних систем швидко змінюється під впливом тенденцій цифровізації та потреби в оперативному створенні програмних продуктів.

Зростання популярності low-code/no-code платформ відкриває можливість суттєвого скорочення часу розроблення, але водночас ускладнює процес вибору технологічного стеку. Традиційні моделі вибору технологій не враховують специфічних характеристик LC/NC-платформ, таких як vendor lock-in, обмеження на масштабованість, різні рівні кастомізації чи залежність від інфраструктури вендора. Це створює проблему відсутності єдиного формалізованого підходу до порівняння традиційних фреймворків, BaaS/MBaaS-платформ та LC/NC-рішень.

Тому розроблення інформаційно-аналітичної системи, що дозволяє обґрунтовано рекомендувати технологічний стек, є актуальним і затребуваним завданням. Метою роботи є розроблення підходу та прототипу інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень щодо вибору технологічного стеку для створення вебзастосунків із урахуванням можливостей low-code / no-code платформ.

У межах дослідження виконано аналіз підходів до формування технологічних стеків, тенденцій розвитку ринку low-code / no-code рішень та факторів їх впровадження. Запропоновано модель представлення вимог проєкту у вигляді структурованого профілю, що включає тип системи, очікувану кількість користувачів, вимоги до безпеки, бюджет, строки розроблення, потребу в інтеграціях та рівень масштабованості. На основі аналізу функціональних можливостей сучасних інструментів сформовано каталог технологій, який охоплює традиційні фреймворки, backend-as-a-service платформи та low-code / no-code рішення.

Створена математична модель оцінювання технологій у спільному векторному просторі з урахуванням вагових критеріїв, критичних обмежень та спеціальних атрибутів LC/NC-платформ дозволяє побудувати систему, що забезпечує обґрунтований та пояснюваний вибір технологічного стеку для конкретного проєкту вебзастосунку.

Інтегральна оцінка відповідності технології вимогам проєкту визначається за формулою:

$$Score(t_j) = \sum_{i=1}^k w_i \cdot c_{ij} - Penalty_j,$$

де w_i – вагові коефіцієнти критеріїв,

c_{ij} – оцінка технології,

$Penalty_j$ – штраф за невідповідність критичним обмеженням.

Це дозволяє ранжувати альтернативні стеки за критеріями швидкості розроблення, гнучкості та масштабованості, рівня безпеки, вартості впровадження та ступеня залежності від постачальника технології. Додатково передбачено використання інтелектуального програмного агента для формування пояснюваних рекомендацій щодо вибору стеку.

Наукова новизна полягає у вдосконаленні підходу до вибору технологічного стеку шляхом урахування low-code / no-code платформ як окремого класу технологічних рішень у межах багатокритеріальної моделі. Запропоновано формалізоване представлення вимог у вигляді профілю проєкту, що забезпечує кількісне порівняння альтернативних стеків з урахуванням штрафних функцій і можливістю пояснення результатів.

Подальшого розвитку набув підхід до пояснюваної рекомендації технологій із використанням інтелектуального агента.

Результати дослідження можуть бути використані у стартапах, B2B-компаніях та фріланс-розробниками для обґрунтованого вибору стеку технологій з урахуванням бізнес-вимог, бюджету, термінів і потреб в інтеграціях. На основі розробленої математичної моделі створено прототип інформаційно-аналітичної системи, яка може стати складовою внутрішніх інструментів технічних команд або бути інтегрована у процеси планування ІТ-проєктів.

Практичним результатом є прототип інформаційно-аналітичної системи рекомендації технологій. Використання формалізованих моделей підтримки прийняття рішень підвищує ефективність вибору технологій і зменшує ризики впровадження інформаційних систем.

Отримані результати свідчать, що використання формалізованих моделей підтримки прийняття рішень підвищує ефективність вибору технологічного стеку, зменшує ризики впровадження інформаційних систем та сприяє раціональному використанню ресурсів під час розроблення вебзастосунків.

УДК 004.92

РЕАЛІЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРИ ШЕЙДЕРНО-ОРІЄНТОВАНОЇ БІБЛІОТЕКИ КОРИСТУВАЦЬКОГО ІНТЕРФЕЙСУ

Бовчалюк С. Я., к.т.н., доц.
Музикін А. М., здобувач РВО магістр
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна, stanislav.bovchaliuk@nure.ua

Анотація. У статті розглянуто підходи до побудови бібліотек користувацького інтерфейсу, з домінування CPU-орієнтованих моделей формування графічного представлення. Показано обмеження цих підходів у системах із підвищеними вимогами до продуктивності та масштабованості, обґрунтовано доцільність переходу до шейдерно-орієнтованого підходу, що передбачає перенесення основних операцій рендерингу на графічний процесор. Метою роботи є розробка архітектурної моделі кросплатформеної шейдерно-орієнтованої бібліотеки UI, що базується на поділі системи на платформонезалежне ядро, шар абстракції операційного середовища та модуль GPU-рендерингу, що забезпечує підтримку складних візуальних ефектів та адаптивного масштабування при зниженні навантаження на CPU.

Ключові слова: шейдерно-орієнтована архітектура, бібліотека користувацького інтерфейсу, кросплатформеність, програмований графічний конвеєр, GPU-рендеринг, абстракція платформи, система віджетів, вбудовані системи, оптимізація рендерингу

Більшість поширених бібліотек користувацького інтерфейсу реалізують CPU-орієнтований підхід до рендерингу, коли побудова примітивів, растеризація та частина композиції виконуються на центральному процесорі з подальшим передаванням результатів до GPU. За наявності складних ефектів (маскування, розмиття, градієнти, анімації) та великих сцен такий підхід призводить до зростання навантаження на CPU, збільшення затримок кадру та надлишкового трафіку CPU-GPU, що ускладнює забезпечення стабільної продуктивності, особливо на вбудованих платформах. Альтернативою є шейдерно-орієнтований (GPU-first) підхід, у якому формування візуального представлення віджетів та композиція сцени реалізуються засобами програмованого графічного конвеєра, а для CPU залишається підготовка команд рендерингу та даних мінімального обсягу.

Однак практичне застосування GPU-first підходу стримується відсутністю формалізованої архітектури бібліотеки, яка одночасно задає структуру рендерингової системи (черги, пакетування, керування ресурсами, шейдерна підсистема) та забезпечує кросплатформеність через абстракцію віконного середовища, контексту та введення без модифікації ядра.

Метою дослідження є розробка архітектурної моделі шейдерно-орієнтованої бібліотеки користувацького інтерфейсу з підтримкою кросплатформеності, що передбачає структурну декомпозицію системи на платформонезалежне ядро, шар абстракції операційного середовища та шейдерно-орієнтований модуль рендерингу, з подальшою практичною реалізацією запропонованої моделі.

Вихідною передумовою виконання роботи є необхідність побудови

бібліотеки користувацького інтерфейсу, в якій рендерингова підсистема та бібліотека віджетів має бути спроектованою як узгоджена, модульна й кросплатформена система, здатна працювати на різних графічних стекових конфігураціях без зміни ядра. На основі аналізу архітектурних підходів retained-mode UI із графом сцени (scene graph) у Qt Quick [1] та багатоплатформної моделі Flutter із розділенням рівнів побудови інтерфейсу й подальшого рендерингу (widget/rendering/engine) [2] сформульовано ключові вимоги до структури бібліотеки:

- наявність стабільного деревоподібного подання UI (widget tree) з формалізованими етапами layout та побудови рендерпредставлення;
- наявність підсистеми рендерингу, що перетворює UI-подання у впорядковану чергу команд з можливістю сортування та пакетування;
- наявність керування ресурсами (текстури, атласи, буфери) та шейдерної підсистеми з механізмами кешування.

Додатково, з урахуванням GPU-first підходу WebRender, де формування та передача списку команд (display list) відокремлюється від їх виконання і композиції на GPU [3], у постановці задачі фіксується вимога мінімізувати залежність візуалізації від CPU-растеризації, зменшити обсяг обміну CPU-GPU та забезпечити передбачувану продуктивність за рахунок перенесення композиції й ефектів у програмований шейдерний конвеєр.

У традиційній CPU-орієнтованій моделі рендерингу графічного інтерфейсу значна частина операцій формування зображення виконується на центральному процесорі: віджети проходять етапи побудови геометрії та “paint/raster”, після чого сформований растровий результат передається до GPU переважно як текстурні дані для подальшої композиції, що призводить до зростання обчислювального навантаження на CPU та збільшення трафіку CPU-GPU при ускладненні сцени й застосуванні ефектів.

Натомість GPU-first підхід переносить формування візуального результату до програмованого конвеєру шейдерів, а роль CPU зводиться до підготовки впорядкованої черги команд рендерингу та передачі даних мінімального обсягу (вершинні буфери, параметри шейдерів, інстансдані), що створює передумови для пакетування, зменшення перемикачів стану та стабілізації часу кадру. Зазначені відмінності узагальнено у вигляді рис. 1а.

Як приклади retained-mode систем, у яких GPU використовується як основний виконавчий ресурс при збереженні деревоподібного представлення інтерфейсу, розглядаються scene graph у Qt Quick [1] та tree-based pipeline у Flutter із чітким розділенням рівнів побудови й відображення [2]. Приклад реалізації GPU-first підходу із явним представленням сцени у вигляді списку команд та перенесенням композиції у спеціалізований GPU-конвеєр показано в [3], яка демонструє системний розрив із CPU-растеризаційною парадигмою на користь командної моделі рендерингу.

Рендерингова система бібліотеки UI розглядається як сукупність взаємопов'язаних підсистем, що забезпечують перетворення високорівневого опису інтерфейсу у послідовність GPU-операцій із контрольованою вартістю кадру: (а) фронтенд, який виконує збір сцени з дерева віджетів, обчислення

трансформацій, областей відсікання (clip) та інших параметрів візуалізації; (б) черга команд (render queue), що здійснює впорядкування за порядком накладання та матеріалами, пакетування (batching) і мінімізацію перемикань стану; (в) керування ресурсами, включно з текстурами, атласами, буферами та політиками їх життєвого циклу; (г) шейдерна підсистема, яка відповідає за компіляцію, кешування, підбір варіантів та узгодження параметрів (uniform/instance data); (д) бекенд-абстракція, що ізолює ядро від конкретного графічного API (наприклад, OpenGL ES або Vulkan) і уніфікує створення контексту, буферів і команд; (е) рівень виконання на GPU, який включає кодування команд, багатопрохідний рендеринг через FBO (за потреби), постобробку та вивід у swapchain/present.

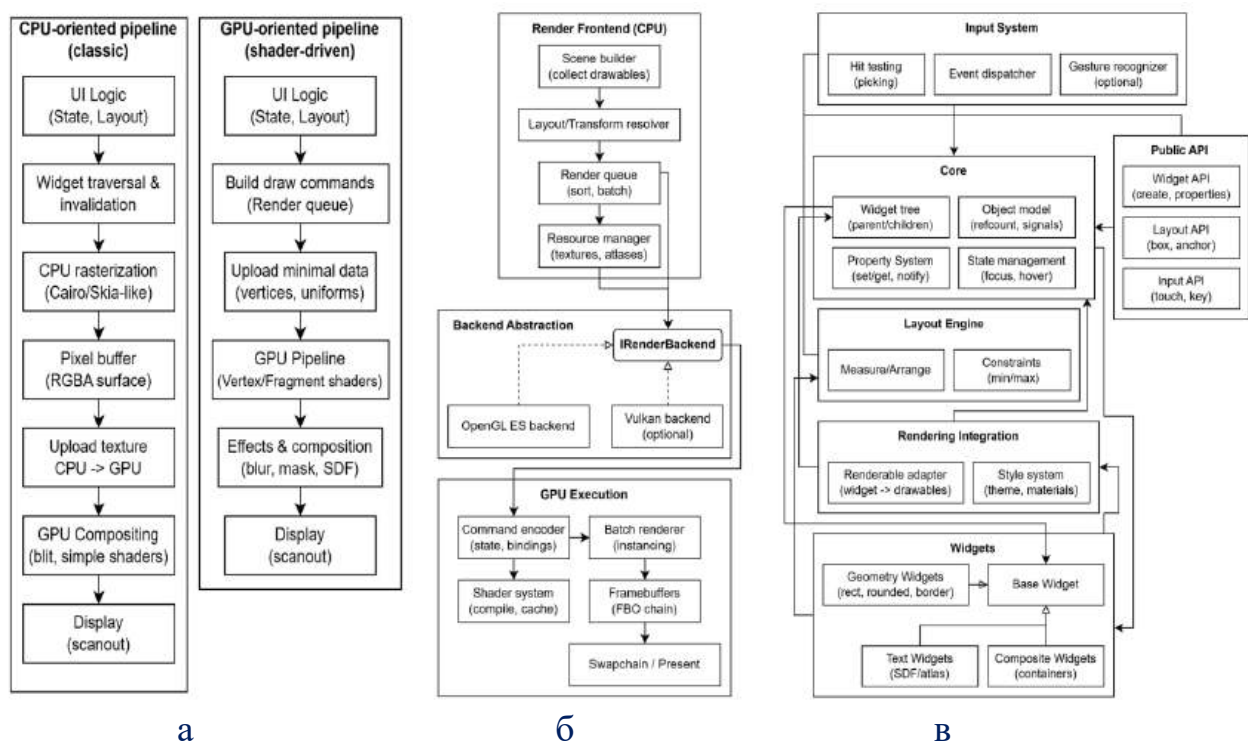


Рис. 1. Узагальнені відмінності CPU та GPU рендерингу (а), узагальнена взаємодія компонентів рендерингу (б), узагальнена структура бібліотеки віджетів та її зв'язок з рендерингом (в)

Узагальнена взаємодія цих компонентів наведена на рис. 1б і узгоджується з практиками scene graph renderer та оптимізаціями рендерера Qt Quick [1], шаровою організацією контуру відображення у Flutter (зокрема виділенням рендерингового рівня як окремої відповідальності) [2], а також командною моделлю GPU-first у WebRender, де сцена подається у вигляді списку команд із подальшим виконанням на стороні GPU-орієнтованого конвеєра [3]. При цьому застосування пакетування, мінімізації state changes та багатопрохідних схем рендерингу відповідає загальним принципам оптимізації реального часу у графічних системах. Додатково в межах цієї моделі доцільно виділити дві службові ланки, що безпосередньо впливають на детермінізм і продуктивність: підсистему синхронізації кадру (узгодження CPU-підготовки з

GPU-виконанням, керування “in-flight” ресурсами, fence/semaphore-механізми) та підсистему інвалідації/кешування, що обмежує обсяг регенерації даних лише зміненими піддеревами UI. Практично це означає, що фронтенд формує не лише геометрію, а й компактні описи рендервузлів із ключами сортування (layer/z-order, матеріал, тип проходу), після чого черга команд виконує стабільне групування й готує пакети до кодування у командні буфери бекенду.

Керування ресурсами при цьому розглядається як політика життєвого циклу та повторного використання (re-use) буферів/атласів між кадрами, що мінімізує алокації й зменшує фрагментацію пам'яті, а шейдерна підсистема – як механізм параметризованих варіантів (наприклад, через compile-time defines або pipeline variants), який дозволяє уніфікувати “матеріали” віджетів і тим самим підвищувати ефективність батчингу. Нарешті, бекенд-абстракція задає мінімальний контракт (створення/оновлення буферів, кодування команд, опис проходів і цілей рендерингу), що забезпечує переносимість між графічними API без розмиття відповідальностей ядра та без витоку платформних деталей у бібліотеку віджетів.

Ключовою відмінністю шейдерно-орієнтованого підходу є те, що базові візуальні елементи інтерфейсу описуються не як попередньо растеризовані поверхні, а як параметризовані примітиви, обчислення яких виконується безпосередньо у фрагментних/вершинних шейдерах. До таких елементів належать геометричні примітиви (прямокутники, заокруглені кути), процедурні заповнення (градієнти), операції композиції (маскування, кліпінг), постобробка (розмиття) та анімаційні деформації, що природно виражаються через параметри шейдера й не вимагають CPU-растеризації для кожної зміни стану.

Узагальнені підходи до реалізації векторних примітивів та їх антиаліасингу на GPU розглядаються у GPU Gems (розділ про rendering vector art on the GPU), що надає методичну основу для побудови “матеріалів” UI як набору шейдерних програм і параметрів [4].

Окрему роль у інтерфейсних системах відіграє текст, для якого критичними є масштабованість і якість згладжування; ефективним GPU-орієнтованим рішенням є використання distance field представлення гліфів, яке дозволяє виконувати масштабування та частину ефектів у шейдері з мінімальним обсягом даних, що підтверджено роботою Valve щодо alpha-tested magnification та SDF-підходу.

У контексті узагальненої моделі Render System (рис. 1б) це означає, що “рендер-представлення” віджета зводиться до вибору шейдерної програми (матеріалу) та формування компактного набору параметрів (uniform/instance data), а ефективність батчингу безпосередньо визначається тим, наскільки багато елементів інтерфейсу можуть використовувати однакові шейдери та узгоджені формати даних.

Архітектура бібліотеки віджетів формалізується як retained-mode модель, у якій базовий віджет визначає єдиний контракт життєвого циклу та взаємодії з системою: зберігання стану, ієрархічне включення до дерева (зв'язки parent/children), керування властивостями (properties) з механізмами сповіщення про зміни, інвалідацію (mark dirty) та подальше відновлення узгодженості через

проходи layout і рендер-підготовки.

Ключовими етапами є:

- layout – як двофазний процес measure/arrange, що формує геометрію та обмеження;
- input – як потік подій із диспетчеризацією, фокусом та hit testing;
- render integration через адаптер “віджет-renderable/draw commands”, який перетворює структурне подання UI у компактне рендер-подання (матеріал/шейдер + параметри + геометрія) для Render System.

Такий розподіл відповідальностей корелює з підходом Flutter, де чітко відокремлено рівні widgets/rendering/engine і підкреслено роль render tree у виконанні layout/painting/hit testing [2], а також із моделлю Qt Qt Quick, у якій scene graph виступає проміжним представленням між UI-описом і виконанням рендерингу [1].

Для контрасту моделей доцільно коротко зафіксувати, що immediate-mode підхід (на прикладі Dear ImGui) переносить акцент з довгоживучого дерева віджетів на генерацію command lists/vertex buffers “на кадр” із зовнішнім бекендом рендерингу, це підкреслює принципову відмінність у точках оптимізації та інтеграції з рендеринговою системою. Узагальнена структура бібліотеки віджетів і її зв’язок з рендерингом наведені на рис. 1в.

Практична реалізація зазначеної інтеграції потребує введення чітких правил переходу від високорівневих властивостей віджета до GPU-параметрів: кожен віджет має мати визначений набір “рендер-атрибутів” (геометрія, трансформація, кліп, стиль, стан), що після нормалізації упаковуються у стандартизовані структури для передачі в шейдери.

Для обмеження каскадних перерахунків доцільно розділяти інвалідацію на щонайменше два типи: layout-dirty і render-dirty, що дозволяє уникати повторного measure/arrange при зміні лише візуальних параметрів та навпаки виконувати перерахунок геометрії без перебудови шейдерних даних там, де це не потрібно. Крім того, адаптер “віджет-draw commands” має забезпечувати узгоджений порядок накладання, вкладені кліпи та підтримку окремих рендер-проходів (наприклад, для ефектів або тексту), не порушуючи інкапсуляцію віджетів і не вводячи залежностей UI-рівня від конкретного графічного API.

Перевірка працездатності запропонованої архітектури виконується шляхом відтворення типових для UI навантажень у контрольованих сценаріях, а у якості кількісних критеріїв ефективності фіксуються: FPS та розподіл часу кадру (frametime), завантаження CPU, кількість draw calls, кількість перемикачів графічного стану (state changes), обсяг даних CPU-GPU за кадр, а також використання пам’яті текстур/атласів і буферів.

Практична релевантність GPU-орієнтованого рендерингу UI-примітивів підтверджується існуванням спеціалізованих бібліотек на кшталт NanoVG, що позиціонується як антиаліасингова 2D-векторна бібліотека поверх OpenGL, орієнтована на масштабовані інтерфейси та візуалізації. Додатково, інтеграція NanoVG як апаратно-прискореного бекенду в LVGL демонструє застосовність такого підходу саме для embedded-контексту, оскільки GPU-виконання використовується для стандартних віджетів та графічних примітивів (зокрема

антиаліасингового рендерингу контурів і композиції з трансформаціями).

Для зіставлення результатів з усталеними архітектурними підходами доцільно інтерпретувати отримані метрики у термінах оптимізацій retained-mode рендерерів (батчинг і утримання геометрії на GPU) та командної моделі GPU-first, де список команд передається на GPU-процес для побудови сцени та рендерингу.

Розроблено архітектуру шейдерно-орієнтованої бібліотеки користувацького інтерфейсу з підтримкою кросплатформеності, у межах якої узгоджено три ключові складові: CPU-GPU конвеєр побудови кадру, структуру системи рендерингу та архітектуру бібліотеки віджетів. Запропонована модель усуває характерні обмеження CPU-орієнтованих підходів, зокрема надлишкову CPU-растеризацію та збільшений трафік CPU-GPU.

Сформовано узагальнену модель Render System, що включає фронтенд формування рендерподання, чергу команд із сортуванням і пакетуванням, керування ресурсами, шейдерну підсистему, бекенд-абстракцію графічного API та рівень виконання на GPU з підтримкою багатопрохідного рендерингу. Це зменшує кількість draw calls, мінімізує перемикання стану та стабілізує час кадру за рахунок батчингу й уніфікації “матеріалів” віджетів.

Формалізовано архітектуру бібліотеки віджетів як retained-mode систему з деревом віджетів, життєвим циклом, механізмами властивостей та інвалідації, layout-процесом measure/arrange і підсистемою введення з hit testing, а також визначено адаптер “віджет-renderable/draw commands”, що забезпечує детерміновану інтеграцію UI-рівня з Render System без прямої залежності від платформи виконання.

Запропоновано підхід до практичної валідації архітектури за сценаріями, типовими для реальних UI-навантажень, та визначено набір метрик ефективності, що дозволяє кількісно оцінювати переваги GPU-first реалізації у порівнянні з CPU-орієнтованими моделями.

Список літератури

1. The Qt Company. (n.d.). Qt Quick Scene Graph. Qt Documentation. URL: <https://doc.qt.io/qt-6/qtquick-visualcanvas-scenegraph.html>.
2. Flutter Team. (2025, Dec 8). Flutter architectural overview. Flutter documentation. <https://docs.flutter.dev/resources/architectural-overview>.
3. Nical (Mozilla Gfx Team). (2018, Nov 29). WebRender newsletter #32. Mozilla Gfx Team Blog. URL: <https://mozillagfx.wordpress.com/2018/11/29/webrender-newsletter-32/>.
4. Loop, C., & Blinn, J. (2007). Rendering Vector Art on the GPU. In H. Nguyen (Ed.), GPU Gems 3. NVIDIA Developer (online edition). URL: <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems3/part-iv-image-effects/chapter-25-rendering-vector-art-gpu>.

УДК 373.31:004

ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

Лєдок М.В., викладач

Іващенко О.В., здобувач РВО бакалавр

Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»

Харківської обласної ради

м. Харків, Україна, marinaledok1987@hgpakh.ukr.education

Анотація. У тезах розглянуто актуальність впровадження інтерактивних цифрових інструментів в освітній процес у контексті цифровізації суспільства. Обґрунтовано їх значення для підвищення ефективності навчання інформатики, активізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти та формування інформаційно-цифрової компетентності. Проаналізовано можливості використання сучасних онлайн-сервісів на різних етапах уроку.

Ключові слова: освітній процес, інтерактивні засоби, цифрові інструменти, інформаційно-цифрова компетентність, онлайн-сервіси

Сучасний розвиток інформаційного суспільства супроводжується стрімким упровадженням цифрових технологій у різні сфери діяльності людини, що, у свою чергу, зумовлює трансформацію освітнього середовища. Освіта дедалі більше орієнтується на використання інноваційних підходів, спрямованих на формування ключових компетентностей здобувачів освіти, серед яких провідне місце займає інформаційно-цифрова компетентність. У цьому контексті особливої актуальності набуває впровадження інтерактивних цифрових інструментів в освітній процес, зокрема під час викладання інформатики.

Навчання інформатики має значний потенціал для формування у здобувачів освіти навичок роботи з інформацією, розвитку алгоритмічного мислення, здатності до аналізу та розв'язання практичних завдань. Водночас традиційні методи навчання не завжди забезпечують належний рівень залученості здобувачів до освітнього процесу. Саме тому виникає потреба у використанні інтерактивних підходів, які передбачають активну взаємодію між педагогом і здобувачами освіти, а також між самими здобувачами.

Інтерактивне навчання розглядається як організація освітнього процесу, що базується на постійній взаємодії його учасників, сприяє розвитку комунікативних умінь, критичного мислення та самостійності [1, с. 87]. Важливою складовою такого навчання є використання інтерактивних цифрових інструментів, які дозволяють реалізувати принципи діяльнісного підходу, індивідуалізації та диференціації навчання.

До інтерактивних цифрових інструментів належать різноманітні онлайн-сервіси та платформи, які забезпечують активну участь учнів у навчальному процесі, створюють умови для співпраці, обміну ідеями та отримання миттєвого зворотного зв'язку. Їх використання сприяє підвищенню ефективності навчання, оскільки дозволяє поєднувати теоретичні знання з практичною діяльністю [2].

Аналіз сучасних інтерактивних інструментів свідчить про їх значний дидактичний потенціал. Зокрема, сервіси для створення онлайн-вікторин і тестів Kahoot!, Quizizz та Wordwall дозволяють організувати оперативний контроль знань здобувачів освіти, зробити процес оцінювання більш об'єктивним і цікавим. Використання таких інструментів сприяє підвищенню мотивації учнів, оскільки навчання набуває ігрового характеру (рис. 1).



Рис. 1. Приклад використання Wordwall під час заняття

Наприклад, під час вивчення теми «Історія розвитку інформаційних технологій» доцільним є використання інтерактивних вікторин на тему «Винаходи, що змінили світ інформаційних технологій». Здобувачам пропонується відповісти на запитання щодо ключових відкриттів і винаходів у галузі ІТ, що сприяє узагальненню та систематизації знань (рис. 2). Така діяльність активізує пізнавальний інтерес, розвиває швидкість мислення та вміння приймати рішення.

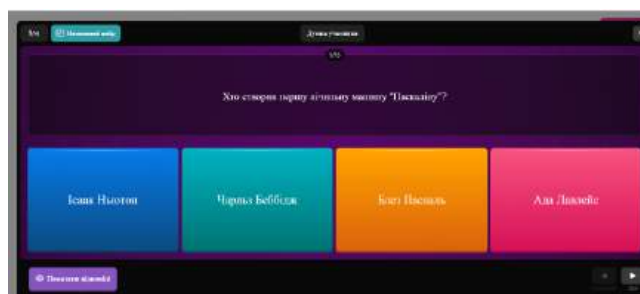


Рис. 2. Фрагмент інтерактивної вікторини, створений засобами сервісу Quizizz

Ефективним є також використання сервісів для організації спільної діяльності, зокрема інтерактивної дошки Padlet. Вона дозволяє учням працювати колективно, обмінюватися результатами досліджень, презентувати власні ідеї. Під час вивчення теми «Моделювання» учні можуть виконувати завдання з пошуку інформації та розміщувати результати на спільній віртуальній дошці, структуруючи матеріал у вигляді схем, таблиць, зображень чи коротких повідомлень (рис. 3). Такий підхід сприяє розвитку комунікативних навичок, уміння працювати в команді та критично оцінювати інформацію.

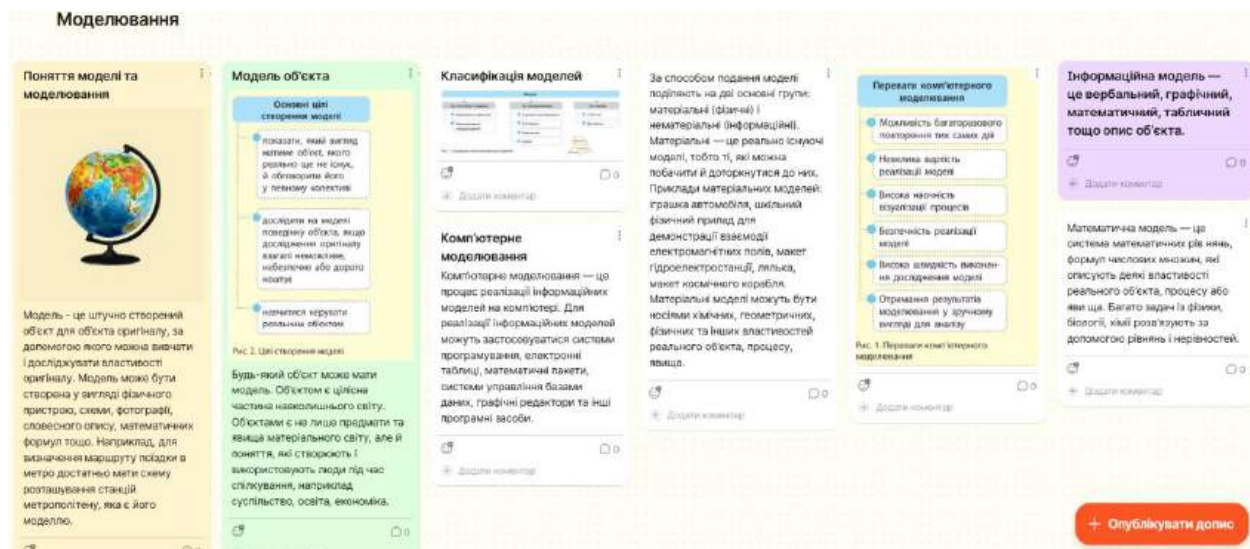


Рис. 3. Приклад використання Padlet під час заняття

Важливу роль у навчанні інформатики відіграють інструменти для візуалізації та структурування інформації. Наприклад, сервіс для створення інтелект-карт Bubl.us дозволяє учням систематизувати знання, встановлювати логічні зв'язки між поняттями та краще розуміти навчальний матеріал. Така діяльність сприяє розвитку логічного та асоціативного мислення, умінь аналізувати й узагальнювати інформацію, а також формує навички самостійної та групової роботи (рис. 4).

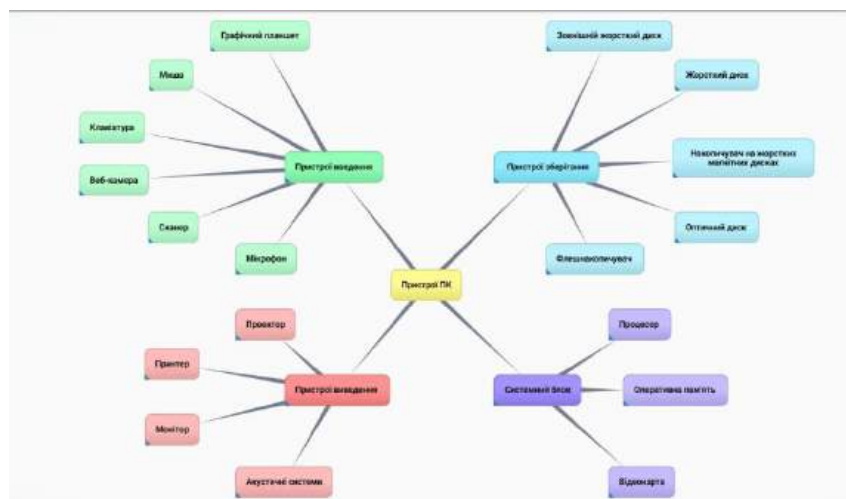


Рис. 4. Приклад використання сервісу Bubl.us

Доповненням до організації навчальної діяльності є використання сервісів візуалізації текстової інформації, зокрема WordArt. Учні можуть створювати хмари слів, які відображають ключові поняття теми, що вивчається. Наприклад, під час опрацювання теми «Кібербезпека» учням пропонується визначити основні поняття та представити їх у вигляді хмари слів (рис. 5). Це сприяє кращому запам'ятовуванню матеріалу, розвитку асоціативного мислення та творчих здібностей.

UDC 681.5

CONCEPT FOR IMPLEMENTING A FUTURE-ORIENTED PROGRAMMING LANGUAGE FOR PARALLEL-ACTION CONTROL DEVICES

Stanislav Bovchaliuk, PhD, Associate Professor
Maksym Kiyashko, student
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine, stanislav.bovchaliuk@nure.ua

Abstract. The paper substantiates the necessity of advancing the language and technological support of PLCIT. It introduces a concept of a new programming language – the Technological Visual Programming Language, designed in accordance with the principles of the modular architecture of the PA MLCA. It establishes that the structure of program descriptions must directly depend on the configuration of the controller's functional blocks. It is demonstrated that control programs should be organized as interconnected tabular representations covering transition addresses, subroutines, and internal variables. The integration of the proposed language with technological visual programming is also justified. The obtained results provide a foundation for further development of PLCIT.

Keywords: Parallel Logical Control Information Technology, logical control automata of parallel-action, CPLD controller of parallel-action, structure of LCA PA, module logic control automaton, ЯПІК-М programming language, TVPL programming language

Over the past twenty years, numerous scientific works by various authors have been devoted to the development of control systems for technological equipment based on parallel logical control information technology (PLCIT). However, as shown, for example, in [1], this equipment or these technological processes predominantly pertain to Critical Application Objects or Systems (CAO/CAS), which significantly limits the scope and prospects for the application of PLCIT. At the same time, it has been repeatedly noted that this technology is characterized by a number of features that positively distinguish it from classical sequential control systems based, for example, on Programmable Logic Controllers (PLCs) [1-3]. Among the most important features or advantages, the following two should be noted: the independence of the number of controlled inputs and controlled outputs from the controller's speed, and the possibility of implementing Technological Visual Programming (TVP technology) for the automated creation of control programs by non-specialists in the field of programming using simplified languages.

The first advantage mentioned stems from the de-sign features of Parallel-Action Logic Control Automata (LCA PA), which serve as the technical basis for constructing PLCIT. The main difference between automata of this type and classical sequential-action automata is the ability to simultaneously (in a single cycle of discrete automata time) process a virtually unlimited number of controlled inputs and generate control commands for a virtually unlimited number of actuators. Meanwhile, the second advantage “allows for a significant reduction in the number of errors in the program code, accelerates the process of its creation, and avoids misunderstandings between the process engineer (technologist) and the programmer” [3,

4]. Thus, the improvement of PLCIT elements and their adaptation to modern requirements would allow expanding its scope of application not only to technological objects of the CAO/CAS but also to real-time clock systems or even control systems for large-scale industrial equipment.

Analysis of recent studies and publications. In [5], the authors provide a retrospective review of the components of the PLCIT, outline its areas of application, and present examples of industrial prototypes and complete equipment control systems developed on its basis. It was in this work that the understanding actually crystallized that the technology had entered a phase of stagnation because, as shown in [2]: “analysis of the models and structures of parallel-action programmable control machines indicates their ‘inflexibility’, ‘closed-endedness’, or, in fact, implementation using the concept of ‘hard logic.’” During the eight years that have passed since these publications, several attempts were made to give new impetus to parallel control technology based on parallel-action (PA) CPLD controllers by introducing fuzzy logic inference and user-programmable timers [2]. These and a number of other works also provide a rationale for the ability of PA CPLD controllers to perform arithmetic operations based on a residue class system and the implementation of embedded counters.

An analysis of the structures of the LCA PA shows that introducing additional functions into the classical parallel-action automaton [4] significantly complicates its internal structure, causing it to lose its inherent simplicity and the “transparency” of its functional description. It also becomes clear that the approach used lacks the necessary flexibility and versatility. As a result, the concept of a “modular architecture” for parallel-action control devices was formulated, which eliminates the aforementioned shortcomings. Thus, the “Modular Logical Parallel-Action Control Automaton” (MLPACA or PA MLCA) [6] can be considered the latest known structure of parallel-action control automata.

It should also be noted that virtually all scientific publications in recent years concerning PLCIT have focused on the development and refinement of the architecture of parallel-action control logic units, while virtually no attention has been paid to the technology of their programming. A description of the programming language for ЯПІК-М parallel-action control structures is provided in [7, 8], and the foundational material offering a detailed characterization of TVP technology for programming parallel-action control devices is [3]. It is this material that can serve as a starting point for the implementation of technological visual programming of PA CPLD controllers based on the PA MLCA.

The purpose of this paper is to implement a programming language concept for control devices with a parallel architecture within the framework of visual programming technology. In doing so, the programming language and technology take into account the characteristics of the “modular architecture” of the LCA PA and provide the flexibility typical of this implementation approach.

Before proceeding directly to the implementation of an enhanced language for the PA MLCA, it is necessary to determine exactly what changes need to be made to the ЯПІК-М language and what the reasons for these changes are. To do this, let us examine the architecture of the classic PA CPLD controller [1] (Fig. 1a) and com-

It should be noted that in the ЯПЛК-М programming language, Table 1 (addresses of transitions) specifies the starting addresses of the control and emergency subroutines, i.e., it describes the procedure for generating the “A” signal in the corresponding structure (Fig. 1a), while table entry 2 (technological and emergency subroutines) describes the procedure for generating the “+1” signal. Analysis of a fragment of an industrial robot control program written in the ЯПЛК-М language (Figs. 2, 3) allows us to draw several very important conclusions regarding the design of an improved programming language for control devices based on the PA MLCA:

– Table entry 2 includes the conditions for jumping to the next line of the current subroutine (i.e., effectively the conditions for generating the “+1” signal) and represents a complete set of possible subroutines; however, the initiator of such a jump within the PA LCA structure can only be a single Comparison Circuit (CC) block via the “E” equivalence signal (Fig. 1), which it generates.

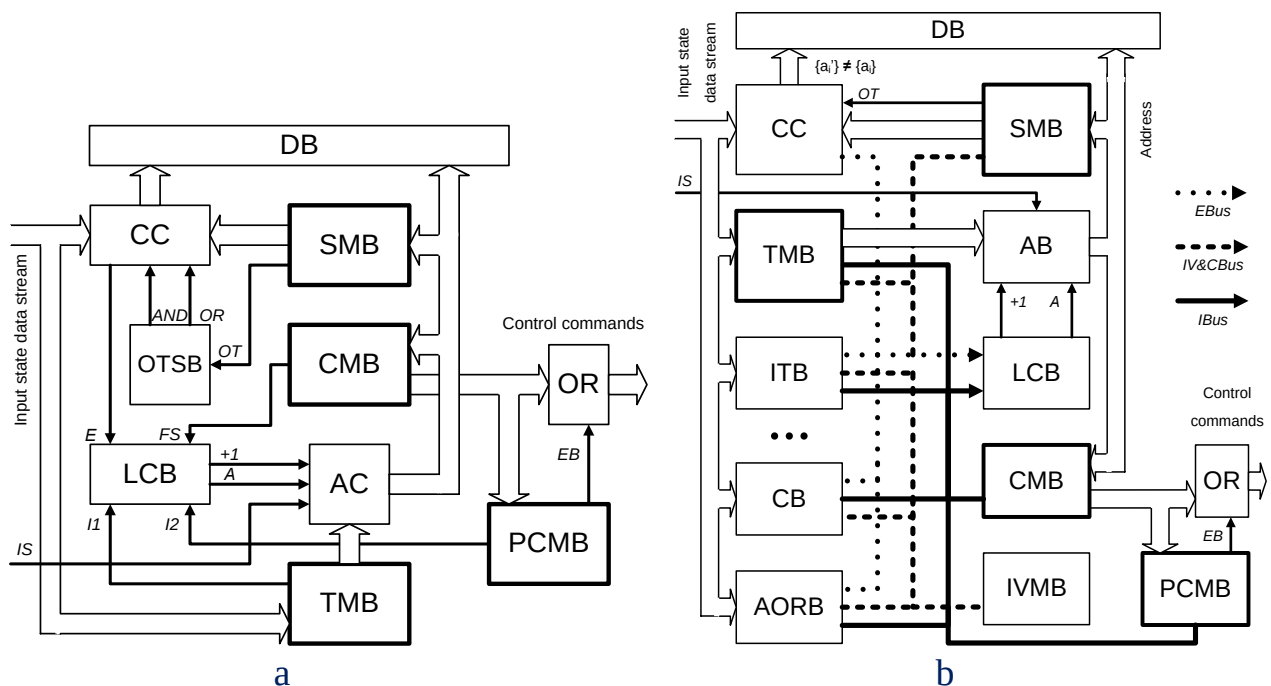


Fig. 1. The structure of a parallel-action CPLD controller (a), structure of the PA MLCA (b)

Найменування комбінацій станів датчиків і команд керування, що визначають початкові адреси технологічних і аварійних підпрограм, а також заборонені комбінації керуючих сигналів	Стани датчиків (стохастичних входів)																		Команди керування												Ознака забороненої комбінації ПР2
	Режим "Автоматика"																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	i	1	2	3	4	5	6	...	h			
Підпрограма 1: перевантаження з Р1-1 (SQ11)	10	10		10																							0	7	0		
Підпрограма 2: перевантаження з Р1-1 (SQ11)	10	10				10																					0	18	0		
Підпрограма 3: перевантаження з Р1-1 (SQ11)	10	10					10													11							0	29	0		
Підпрограма 4: перевантаження з Р1-2 (SQ12)	10		10	10																							0	40	0		
Підпрограма 5: перевантаження з Р1-2 (SQ12)	10		10		10																						0	51	0		
Підпрограма 6: перевантаження з Р1-2 (SQ12)	10		10			10															11						0	62	0		
Підпрограма 7: повернення ПР у вихідне положення з Р1-1	10						10																				0	1	0		
Підпрограма 8: повернення ПР у вихідне положення з Р1-2	10							10																			0	1	0		
Підпрограма 9: повернення ПР у вихідне положення із Зав2-1	10								10																		0	3	0		
Підпрограма 10: повернення ПР у вихідне положення із Зав2-2	10									10																	0	3	0		
Підпрограма 11: повернення ПР у вихідне положення із Зав2-3	10										10																0	3	0		
Аварійна ситуація 1: схват унісу, ПР рухається вправо	10												10	10													1	73	0		
Аварійна ситуація 2: схват унісу, ПР рухається вліво	10													10		10											1	73	0		
Аварійна ситуація 3: зустрічний рух ПР і ПРn-1	10													10	10												1	73	0		
Аварійна ситуація 4: зустрічний рух ПР і ПРn-1	10														10	10											1	73	0		
Аварійна ситуація 5: аварійна зупинка обладнання	01	10																									1	73	0		
Заборонена комбінація 1: одночасна видача команд на вмикання приводу ПР вправо і вліво																			10	10							0		1		
Заборонена комбінація 2: одночасна видача команд на вмикання приводу підняття і опускання схвату																				10	10						0		1		
Заборонена комбінація 3: одночасна видача команд на вмикання стискання і розтискання схвату																						10	10				0		1		

Fig. 2. The ЯПЛК-M language program (Table entry 1)

Найменування технологічних операцій або груп операцій (мікроциклів) і аварійних підпрограм		Адреса	Тип логічної операції TO	Стани датчиків (детермінованих входів)																Команди керування									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	...	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	m
Повернення ПР у вихідне положення	Початкове встановлення	0	&																										
	Вмикання приводу підняття схвату	1	&																										
	Стоп підняття. Вмик. приводу вправо	2	&																										
	Стоп приводу вправо. Вихідне полож. КП	3	&																										
	Вмикання приводу підняття схвату	4	&																										
	Стоп підняття. Вмик. приводу вліво	5	&																										
Перевантаження з Р1-1 на Зав2-1	Стоп приводу вліво. Вихідне полож. КП	6	&																										
	Вмикання приводу підняття схвату	7	&	01																									
	Стоп підняття. Вмик. ПР вліво. Заборона руху ПРn-1 вправо	8	&			10																							
	Стоп приводу ПР вліво. Розтискання схвату	9	&																										
	Вмикання приводу опускання схвату	10	&																										
	Стоп опускання. Зтискання схвату	11	&																										
	Підняття схвату	12	&		01																								
	Стоп підняття. Вмик. ПР вправо. Заборона ПРn-1 вліво	13	&				10																						
	Вмикання приводу ПР вправо. Опускання схвату	14	&																										
	Стоп опускання. Розтискання схвату	15	&																										
Перевантаження з Р1-1 на Зав2-2	Стоп розтискання. Підняття схвату	16	&																										
	Тупиковий стан. КП	17	&																										
	Вмикання приводу підняття схвату	18	&	01																									
	Стоп підняття. Вмик. ПР вліво. Заборона руху ПРn-1 вправо	19	&			10																							
	Стоп приводу ПР вліво. Розтискання схвату	20	&																										
	Вмикання приводу опускання схвату	21	&																										
	Стоп опускання. Зтискання схвату	22	&																										
	Підняття схвату	23	&		01																								
	Стоп підняття. Вмик. ПР вправо. Заборона ПРn-1 вліво	24	&				10																						
	Вмикання приводу ПР вправо. Опускання схвату	25	&																										
Перевантаження з Р1-1 на Зав2-3	Стоп опускання. Розтискання схвату	26	&																										
	Стоп розтискання. Підняття схвату	27	&																										
	Тупиковий стан. КП	28	&																										
	Вмикання приводу підняття схвату	29	&	01																									
	Стоп підняття. Вмик. ПР вліво. Заборона руху ПРn-1 вправо	30	&			10																							
	Стоп приводу ПР вліво. Розтискання схвату	31	&																										
	Вмикання приводу опускання схвату	32	&																										
	Стоп опускання. Зтискання схвату	33	&																										
	Підняття схвату	34	&		01																								
	Стоп підняття. Вмик. ПР вправо. Заборона ПРn-1 вліво	35	&				10																						
	Вмикання приводу ПР вправо. Опускання схвату	36	&																										
	Стоп опускання. Розтискання схвату	37	&																										
	Стоп розтискання. Підняття схвату	38	&																										

Fig. 3. The fragment in ЯПЛК-M language (Table entry 2)

Thus, given that the NSSB in the structure of the PA MLCA also determine the generation of the “A” and “+1” signals, it is possible, by analogy with [7], to formulate the basic principles regarding the concept of implementing a programming language for devices based on modular parallel-action control automata. Thus, the control program consists of a set of formalized (tabular) records created according to specific rules:

- a set of tabular records defining the transition addresses to subroutines of any type: emergency, prohibited, execution of the operating cycle, timer operations, etc. (Transition Address Tables – TAT). The number of such tabular records is determined solely by the current structure of the PA MLCA, i.e., the number of NSSB blocks;
- a set of tabular records describing a set of sub-programs of any type, in accordance with the variants of the transition address tables (Subprogram Aggregation Tables – SAT);
- a set of tables for describing internal variables (Internal Variables Tables – IVT).

This study focuses solely on the fundamental or architectural aspects of the language’s implementation, without delving into the specifics of table entries or the organization of their interrelationships. However, it is already evident at this stage that, unlike the basic programming languages for parallel-action control structures such as ЯПЛК or ЯПЛК-М, the programming language for control devices based on the PA MLCA, which is proposed to be named TVPL (Technological Visual Programming Language), is focused exclusively on the implementation of automated programming using computer tools within the framework of TVP programming technology. This assertion follows from the fact that the programming languages of parallel-action industrial controllers ЯПЛК or ЯПЛК-М are, in fact, an adapted technological flowchart of equipment operation – a convenient and understandable tool for a specialist in the relevant field (technologist) [4]. Programs in these languages consisted of one (ЯПЛК) or two tables (ЯПЛК-М), and thus could be presented or filled out even in paper form, or using non-specialized computer tools. In fact, in the past, when creating programs in the ЯПЛК language, paper media were indeed used. However, developing a process control program in the TVPL language requires filling out a fairly large number of interrelated tabular records (theoretically, this number is unlimited, but in practice there are at least three), and using a non-specialized environment would be inconvenient or even unacceptable – that is, it would negate the fundamental advantage of the proposed language and technology: simplicity and the ability for non-programming specialists to work with them.

Conclusions. As a result of the research, a concept for implementing a programming language for parallel control devices based on the PA MLCA – Technological Visual Programming Language was proposed. The language fully meets the requirements for its application within the framework of technological visual programming for PLCIT. The program for controlling technological equipment in the TVPL language is a set of interconnected table entries: Transition Address Tables (TAT); Subprogram Aggregation Tables (SAT), Internal Variables Tables

(IVT). Thus, a concept and approaches to building a complex of hardware and software for CPLD controller of parallel-action based on the PA MLCA were formed and implemented within the framework of the current understanding and state of Parallel Logical Control Information Technology.

References

1. Bovchaliuk S., Piskarov O., Radchenko S., Slabukho. D. (2023) Vyznachennya napryamkiv rozvytku keruyuchykh prystroyiv z paralel'noyu arkhitekturoyu na bazi PLIS [Determining the development directions of control devices with parallel architecture based on CPLD]. Control, navigation and communication systems. Academic journal. Poltava: PNTU, vol. 1(71), pp. 69–72. (in Ukrainian). DOI: 10.26906/SUNZ.2023.1.069
2. Bovchaliuk S., Garaschenko Ya., B., Kolomoiets' V. (2024) Rozvytok modeli ta struktury keruyuchykh prystroyiv z paralel'noyu arkhitekturoyu [Development of a model and structure of control devices with parallel architecture] Control, navigation and communication systems. Academic journal. Poltava: PNTU, vol. 2(76), pp. 64–66. (in Ukrainian). DOI: 10.26906/SUNZ.2024.2.064
3. Ilya Furman, Stanislav Bovchaliuk, Alexander Allashev, Aleksey Piskarev (2017) Development and study of technological visual programming of logic control problems Eastern-European Journal of Enterprise technologies, vol. 6/2 (90), pp. 23–31. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.118833
4. Bovchaliuk S. (2008) Models, methods and information technology tools for parallel logical control of railway automation objects: dissertation... candidate of technical sciences: 05.13.06. Kharkiv, 203 p.
5. Bovchaliuk S., Furman I., Malinovsky V. (2016) Rozvytok arkhitektury PLK paralel'noyi diyi: vid abstraktnoyi modeli paralel'noho avtomata do inzhenernoyi realizatsiyi bezpechnoho PLIS-kontrolera [Development of parallel PLC architecture: from an abstract model of a parallel automaton to an engineering implementation of a safe CPLD-controller] Energy and computer-integrated technologies in the agricultural sector, vol. №. 2 (5), pp. 62–66. (in Ukrainian).
6. Bovchaliuk S., Bovchaliuk N., Drozd O. (2025) Kontseptsiya «modul'noyi arkhitektury» keruyuchykh prystroyiv paralel'noyi diyi [The concept of «modular architecture» of parallel control devices]. Control, navigation and communication systems. Academic journal, Poltava: PNTU, vol. 2(80), pp. 47–53. (in Ukrainian). DOI: DOI:10.26906/SUNZ.2025.2.47-53
7. Bovchaliuk S. (2007) Kontseptsiya rozrobky tekhnolohichnoyi movydlia prohramuvannya PLIS-kontroleriv paralel'noyi diyi [Concept of developing a technological language for programming parallel CPLD-controllers]. Problems of energy supply and energy saving in the agro-industrial complex of Ukraine: Bulletin of the Petro Vasylenko KhNTUSG, issue 57 vol. 2, pp. 133–138. (in Ukrainian).
8. Bovchaliuk S., Furman I. (2007) Metodolohiya pobudovy, syntaksys i semantyka movy prohramuvannya PLIS-kontroleriv paralel'noyi diyi [Construction methodology, syntax and semantics of the programming language of parallel CPLD-controllers]. Information and control systems in railway transport, vol. 4 (66), pp. 38–44. (in Ukrainian).

УДК 657:004.056

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ОБЛІКУ В УМОВАХ РОЗВИТКУ FinTech

Лобода Н.О., к.е.н., доц.
Гнатів І., здобувач РВО бакалавр,
Львівський національний університет ім. І. Франка
м. Львів, Україна, IVAN.HNATIV@lnu.edu.ua

Анотація. У роботі досліджено сутність і ключові напрями цифрової трансформації бухгалтерського обліку в умовах розвитку фінансових технологій (FinTech). Розкрито вплив автоматизації, хмарних сервісів, штучного інтелекту та аналітики даних на організацію облікових процесів, аудиту й оподаткування. Обґрунтовано переваги впровадження цифрових рішень, зокрема підвищення ефективності, точності та прозорості фінансової інформації, а також окреслено основні ризики, пов'язані з кібербезпекою та адаптацією персоналу. Особливу увагу приділено трансформації ролі бухгалтера в умовах цифровізації та необхідності формування нових професійних компетентностей. Визначено перспективи подальшого розвитку цифрового обліку в контексті інтеграції інноваційних технологій у фінансову діяльність підприємств.

Ключові слова: оподаткування, облік, цифрова трансформація, FinTech, автоматизація, хмарні технології, аудит, фінансова звітність

У сучасних умовах розвитку глобальної економіки цифровізація стала одним із ключових факторів трансформації всіх сфер господарської діяльності [1, с. 275-276]. Особливе значення ці процеси мають у фінансовій сфері, де впровадження інноваційних технологій істотно змінює підходи до ведення бухгалтерського обліку, аудиту та оподаткування. Розвиток FinTech як сукупності фінансових технологій сприяє підвищенню ефективності облікових процесів, їх автоматизації та прозорості, що, у свою чергу, формує нові вимоги до професійних компетентностей фахівців у галузі обліку і аудиту [2].

Сутність цифрової трансформації обліку полягає у переході від традиційних методів обробки фінансової інформації до використання сучасних інформаційних систем, цифрових платформ і автоматизованих рішень. Якщо раніше бухгалтерський облік базувався переважно на ручній обробці даних і паперових носіях, то сьогодні основні процеси здійснюються в електронному середовищі. Це дозволяє значно скоротити час на обробку інформації, зменшити ймовірність помилок та забезпечити оперативний доступ до даних.

Вплив FinTech на розвиток бухгалтерського обліку проявляється насамперед у впровадженні автоматизованих систем, які забезпечують обробку великих обсягів інформації в режимі реального часу. Завдяки цьому підприємства отримують можливість оперативно формувати фінансову звітність, здійснювати аналіз фінансового стану та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Крім того, використання цифрових технологій дозволяє інтегрувати облікові системи з банківськими сервісами, що значно спрощує процеси обліку фінансових операцій.

Автоматизація облікових процесів є одним із ключових напрямів цифрової трансформації. Сучасні програмні продукти дозволяють автоматично здійснювати облік господарських операцій, формувати первинні документи, вести реєстри обліку та складати фінансову звітність [3, с. 337]. Це не лише підвищує продуктивність праці бухгалтерів, але й зменшує ризик людського фактору. У результаті роль бухгалтера поступово трансформується від виконавця рутинних операцій до аналітика та консультанта.

Хмарні технології в обліку відкривають нові можливості для організації облікових процесів [4, с. 13]. Використання хмарних сервісів дозволяє забезпечити доступ до фінансової інформації з будь-якої точки світу, що є особливо актуальним в умовах глобалізації та дистанційної роботи. Крім того, такі рішення забезпечують високий рівень безпеки даних, їх резервне копіювання та захист від несанкціонованого доступу. Хмарні технології також сприяють зниженню витрат на обслуговування ІТ-інфраструктури підприємства.

Цифровізація оподаткування також є важливою складовою FinTech. Впровадження електронної звітності, автоматизованих систем адміністрування податків та онлайн-сервісів для платників податків значно спрощує взаємодію бізнесу з державними органами [5]. Це сприяє підвищенню рівня податкової дисципліни, зменшенню витрат часу на подання звітності та мінімізації корупційних ризиків. Крім того, цифрові технології дозволяють здійснювати ефективний контроль за сплатою податків і запобігати ухиленню від оподаткування. Переваги цифрової трансформації обліку полягають у підвищенні ефективності, точності та прозорості фінансової інформації. Використання сучасних технологій дозволяє зменшити витрати на ведення обліку, прискорити обробку даних і забезпечити оперативне отримання аналітичної інформації. Крім того, цифровізація сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств, оскільки дозволяє швидко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі.

Водночас існують певні ризики та виклики, пов'язані з цифровою трансформацією. Одним із основних є питання безпеки даних, оскільки зростання обсягів цифрової інформації підвищує ризик кіберзагроз. Також важливим є питання захисту персональних даних та конфіденційної інформації. Крім того, впровадження нових технологій потребує значних інвестицій і відповідного рівня підготовки персоналу. Не всі підприємства готові до швидкої адаптації до цифрових змін, що може стримувати розвиток FinTech у певних секторах економіки.

Трансформація ролі бухгалтера в умовах цифровізації є одним із ключових аспектів сучасних змін [6, с. 18]. Традиційні функції бухгалтера поступово відходять на другий план, поступаючись місцем аналітичній та консультативній діяльності. Сучасний фахівець повинен володіти не лише знаннями у сфері обліку та оподаткування, але й мати навички роботи з інформаційними системами, аналізу даних та розуміння цифрових технологій. Це зумовлює необхідність постійного підвищення кваліфікації та адаптації до нових умов.

Перспективи розвитку цифрового обліку пов'язані з подальшим впровадженням інноваційних технологій, таких як блокчейн, штучний інтелект, машинне навчання та автоматизовані системи прийняття рішень. Зокрема, технологія блокчейн може забезпечити високий рівень прозорості та надійності фінансових операцій, що є важливим для обліку та аудиту.

У майбутньому можна очікувати ще більшої інтеграції облікових систем з іншими цифровими платформами, що сприятиме створенню єдиного інформаційного простору [7, с. 75-76].

Отже, цифрова трансформація обліку в умовах розвитку FinTech є об'єктивним і незворотним процесом, який визначає сучасні тенденції розвитку фінансової сфери. Вона відкриває нові можливості для підвищення ефективності облікових процесів, покращення якості фінансової інформації та забезпечення прозорості бізнесу. Водночас успішна реалізація цифрової трансформації потребує врахування ризиків, інвестицій у технології та підготовки висококваліфікованих фахівців. У цих умовах саме поєднання професійних знань і цифрових компетентностей стає запорукою ефективної діяльності у сфері обліку, аудиту та оподаткування.

Список літератури

1. Chabaniuk, O., Holovachko, V., Loboda, N., Lytvynenko, N., & Novoseletska, A. (2026). Improving the accounting and analytical support model for the formation and digitalization of enterprise reporting. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, Vol. 1(66), pp. 266-278. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptop.1.66.2026.5139>
2. Bondaruk, T., Medynska, T., Nikonenko, U., Melnychuk, I., Loboda, N. (2023). Fiscal policy as a guarantee of sustainable development under military conditions. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 18. No. 4. pp. 1097-1102. DOI: <https://doi.org/10.18280/ijstdp.180412>
3. Лобода Н.О., Чабанюк О.М., Кольба Р.М. Діджиталізація як функція облікової діяльності: коронакриза як контекст. *Сучасні виклики сталого розвитку бізнесу: тези виступів Міжнар. наук. конф. (5-6 листопада 2020 р.)*. Житомир: Житомирська політехніка, 2020. С. 337-338. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/337.pdf>
4. Чабанюк О.М., Лобода Н.О., Кузьмінська К.І. Бухгалтерський облік та прикладні програмні рішення. BAS: бухгалтерія: навч. посібник. К.: видавництво "АЛЕРТА", 2024. 234 с.
5. Medynska, T., Loboda, N., Nohinova, N., Oliynyk, N., Borutska, Y. (2024). Optimization of ecological taxation: Role in the formation of environmental protection budgets. *International Journal of Environmental Impacts*, Vol. 7. No. 1. pp. 17-23. DOI: <https://doi.org/10.18280/ijei.070102>
6. Лобода Н. О., Чабанюк О. М. Бухгалтерський облік: у схемах і таблицях: навч. посібник. 2-ге вид. К.: видавництво "АЛЕРТА", 2024. 217 с.
7. Костишина М. Т., Киричук У. М., Лобода Н. О., Демко М. Я. Організація обліку: навч. посібник. Львів: Вид-во ЛДФА, 2011. 192 с.

УДК 663.94.032.7

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБНОГО КВАСУ

Тимчук С. О, д.т.н., проф., Панов А. О.
Орловський В. І., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, panovanton1994@gmail.com

Анотація. В даній статті наведено результати розробки алгоритму автоматизованої системи керування процесом виробництва хлібного квасу.

Ключові слова: Дріжджі, хлібний квас, здріжджування, бродіння, напівфабрикати

Квас – це охолоджувальний напій з приємним ароматом житнього хліба і гармонійним кисло-солодким смаком, насичений діоксидом вуглецю. Завдяки своєму низькому вмісту алкоголю він належить до категорії безалкогольних напоїв, які чудово втамовують спрагу, освіжають та додають енергії [1, с. 14].

Склад 100 г квасу включає: 93,4 г води, 0,2 г білків, 5,0 г вуглеводів, 0,2 г золи, 0,3 г органічних кислот (у перерахунку на лимонну) і 0,6 г спирту. Калорійність хлібного квасу становить 250 ккал (1050 кДж) на літр.

Квас поділяється на дві основні категорії: хлібний квас бродіння та газований квас. Перший отримується природним процесом бродіння, а другий – шляхом купажування. Понад 90% усього виробництва припадає на хлібні кваси бродіння, серед яких найбільш поширені хлібний і окрошечний. До газованих квасів належать продукти, виготовлені на основі концентрату квасного суслу (ККС), з додаванням смакових і ароматичних речовин або специфічних концентратів [2, с.45].

Хлібний квас бродіння повинен містити СР (сухі речовини) у межах 5,4-5,8%, тоді як для окрошечного ці показники варіюються від 3 до 3,2%. Кислотність квасу має бути 2-4 см³ на 1н NaOH/100 см³. Напій має характерний непрозорий коричневий колір із незначним осадом дріжджів.

Для виготовлення квасу використовують житній і ячмінний солод, борошно, квасні хлібці або концентрат квасного суслу. У процесі купажування додають цукровий сироп, а для деяких сортів – концентрати яблучного чи виноградного соку, а також інші смакові та ароматичні речовини.

Концентрат квасного суслу представляє собою густу масу темно-коричневого кольору з кисло-солодким смаком і ароматом житнього хліба. В його складі до 70% сухих речовин з кислотністю 16-40 мл на 1н NaOH на 100 г продукту [3, с. 342].

Деякі види квасу збагачують настоями трав, цитрусових або хрону. Також широко використовуються спиртові настої м'яти та полину. Для регулювання кислотності додають молочну, лимонну чи оцтову кислоти.

Процес виробництва хлібного квасу базується на анаеробних процесах незавершеного спиртового та молочнокислого бродіння. Під час бродіння теплота відводиться через теплообмінники при підтриманні температури

Перевірка датчика електропривода ФМ подає сигнал на вмикання привода керамічного свічкового фільтра, та так само після перевірки на роботу КСФ вмикається пісковий фільтр. Датчик перевірки роботи ПФ подає сигнал на вмикання проміжного збірника, після чого наступна перевірка роботи ПЗ вмикає привод апарату молокоочисних бактерій. Таким самим чином перевірка датчика на роботу АМБ вмикає привод апарату перекачування бактерій та після перевірки датчика АПБ вмикається апарат для дріжджів. Після відповідної роботи АД вмикається електропривод апарату зброджування. Перевірка датчика роботи привода АЗ подає сигнал на вмикання і подачу до фільтра. Датчик фільтра при відповідності подає сигнал на вмикання привода сироповаренного казана та подальшою подачею сировини у бункер №2. Датчик верхнього рівня бункера №2 при спрацювання вмикає подачу сировини через електропривод норії. Датчик роботи норії при спрацюванні подається сигнал на вмикання та пересування до вагів, де при відповідності маси вмикається електропривод автотранспортувача та бактерицидних ламп. Датчик роботи БЛ при відповідній роботі заданих показників подає сигнал на роботу теплообмінника та вмикає електропривод насосу №2. Датчик насосу №2 при відповідних показниках роботи та швидкості передає сигнал на вмикання привода автоцистерни. Датчик на відповідну роботу автоцистерни подає сигнал на вмикання електроприводів мірника та збірника. Датчики мірника та збірника при відповідній роботі до заданих показників подають сигнал на вмикання електропривода насосу №1, який в свою чергу при відповідності заданим параметрам та швидкості передає сировину до бункера №1. Датчик верхнього рівня у бункері №1 при відповідності подає сигнал на вмикання табло роботи «АТК».

Список літератури

1. Гладишева О., Стеценко Н. Використання дигідрокверцетину при виробництві квасу оздоровчого призначення. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: матеріали 85 Ювілейної міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій, 11–12 квітня 2019 р. К.: НУХТ, 2019. Ч. 1. С. 55.
2. Донг Н. Ф., Олійник С. І., Прибильський В. Л. Можливість використання рисової сировини для приготування аглютонових напоїв. Хранение и переработка зерна. 2016. №3(200). С. 44-47.
3. Іванова Т. М. Функціональні та спеціальні харчові продукти як основа підтримання здоров'я населення України. Здоров'я, харчування довголіття: науково-практична конференція, 16-17 травня 2016 р., м. Київ. 2016. Т. 25, №2, С. 342-344.
4. Мікропроцесорні керуючі пристрої: методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Мікропроцесорні керуючі пристрої» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти заочної форм навчання за освітньо-професійною програмою зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»; уклад. К. В. Демченко. Х.: ДБТУ, 2023. 18 с.

УДК 378.046.4:331.5.024.5

ІНТЕГРАЦІЯ ОСВІТИ ТА РИНКУ ПРАЦІ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІКИ: ГЛОБАЛЬНІ ТRENДИ ТА УКРАЇНСЬКИЙ КОНТЕКСТ

Васильченко Л.В., к.п.н., доц.,
Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти,
м. Запоріжжя, Україна, liliwasil@gmail.com

Анотація. У роботі проаналізовано сучасні тенденції інтеграції системи освіти та ринку праці в умовах глобальної трансформації економіки, зумовленої цифровізацією та впровадженням штучного інтелекту. Досліджено зміну структури попиту на навички, де особлива увага приділяється поєднанню технологічних компетенцій із когнітивними та соціально-емоційними навичками. Висвітлено специфіку українського контексту, зокрема фізичний дефіцит трудових ресурсів в умовах війни та необхідність підготовки кадрів для енергетики, будівництва й оборонного сектора. Обґрунтовано перехід від моделі «освіта для однієї професії» до концепції безперервного навчання протягом життя (lifelong learning) та модернізації профорієнтації як стратегічного інструменту державної політики.

Ключові слова: ринок праці, трансформація освіти, цифровізація, профорієнтація, дуальна освіта, професійна мобільність

Підготовка кадрів для ринку праці є однією з базових функцій сучасних освітніх систем і водночас ключовим чинником соціально-економічного розвитку держави. Відповідність змісту освітніх програм актуальним і прогнозованим потребам економіки визначає не лише ефективність професійної підготовки, але й рівень зайнятості випускників, інноваційний потенціал суспільства та конкурентоспроможність національної економіки в глобальному середовищі. В умовах прискореної цифровізації, автоматизації та поширення технологій штучного інтелекту ця проблема набуває системного характеру і потребує не фрагментарних змін, а комплексної трансформації освітньої політики.

Згідно з доповіддю Всесвітнього економічного форуму «Future of Jobs 2025», близько 39% ключових професійних компетенцій зазнають трансформації у період 2025–2030 років, що свідчить про суттєве прискорення процесів «старіння» навичок. У цих умовах професійна підготовка перестає бути завершеним етапом і трансформується у безперервний процес оновлення компетентностей протягом усього життя [2, 3].

Аналіз змісту доповіді дозволяє виокремити дуальну структуру попиту на навички. З одного боку, стрімко зростає значущість технологічних компетенцій, пов'язаних із використанням штучного інтелекту, аналізом великих даних, кібербезпекою та цифровими платформами. З іншого боку, не меншої ваги набувають когнітивні та соціально-емоційні навички – аналітичне і критичне мислення, креативність, здатність до командної роботи, лідерство та психологічна стійкість. Така структура попиту свідчить про те, що автоматизація не витісняє людину з економічних процесів, а змінює характер її

участі, зміщуючи акцент із виконання рутинних операцій на вирішення складних, нестандартних завдань.

Водночас доповідь фіксує суттєвий дисбаланс між потребою у перенавчанні (за оцінками, до 59% робочої сили) та реальним доступом до відповідних освітніх можливостей. Це створює ризики формування структурної нерівності, коли одна частина працівників інтегрується у нову економіку знань, тоді як інша опиняється на периферії ринку праці [2].

У цьому контексті «OECD Skills Outlook 2025» доповнює зазначені тенденції, акцентуючи увагу на глибинних соціально-економічних детермінантах розвитку навичок [1]. Дослідження демонструє, що рівень сформованості базових компетенцій – грамотності, математичної грамотності та здатності до розв’язання проблем – безпосередньо залежить від соціального походження, освітнього рівня батьків, гендерних і міграційних факторів. Ці відмінності не лише зберігаються у дорослому віці, але й трансформуються у нерівний доступ до якісної зайнятості та професійного розвитку.

Суттєвою є також проблема невідповідності навичок: у середньому в країнах ОЕСР близько чверті працівників виконують роботу, яка не відповідає їх рівню підготовки [1]. При цьому дедалі більшого значення набуває феномен недовикористання навичок, коли наявний людський капітал не реалізується через інституційні обмеження, недосконалість організації праці або неефективні механізми взаємодії між освітою і ринком праці.

Український контекст надає цим викликам додаткової складності. Наслідки повномасштабної війни, внутрішня та зовнішня міграція, демографічні втрати і потреби повоєнної відбудови формують специфічну конфігурацію ринку праці. У 2025 році ключовим викликом стає не лише невідповідність навичок, а й фізичний дефіцит трудових ресурсів. Це зумовлює зростання попиту на фахівців технічного профілю, зокрема у сферах енергетики, будівництва, інфраструктурної відбудови та оборонно-промислового комплексу.

Водночас зберігається структурний дисбаланс у системі освіти, де значна частка випускників припадає на гуманітарні спеціальності, що не відповідає актуальним потребам економіки. У відповідь держава реалізує політику переорієнтації державного замовлення, стимулюючи розвиток інженерних, медичних і реабілітаційних напрямів підготовки, а також посилюючи роль професійно-технічної освіти [4, 5].

Узагальнення глобальних і національних тенденцій дозволяє окреслити ключові виклики для системи освіти:

- прискорене старіння навичок та необхідність їх постійного оновлення;
- зростання ролі інтегрованих (технологічних і соціально-емоційних) компетенцій;
- відтворення соціальної нерівності у доступі до якісної освіти;
- розрив між формальними кваліфікаціями та реальними потребами ринку праці;
- перехід до моделі безперервного навчання протягом життя.

Реакцією на ці виклики є трансформація освітніх політик у кількох взаємопов'язаних напрямках. По-перше, відбувається модернізація професійної освіти через розвиток дуальних форм навчання, розширення партнерства з роботодавцями та інтеграцію навчання на робочому місці. По-друге, активізується впровадження цифрових технологій і штучного інтелекту в освітній процес, що змінює як зміст, так і методи навчання. По-третє, формується інфраструктура освіти дорослих, яка включає мікрокваліфікації, короткострокові програми перепідготовки та механізми визнання результатів неформального навчання. По-четверте, суттєво трансформується система профорієнтації [8, 9].

У другій половині 2020-х років профорієнтація виходить за межі традиційного підходу, орієнтованого на індивідуальне самовизначення, і перетворюється на стратегічний інструмент державної політики, спрямований на узгодження освітніх траєкторій із довгостроковими потребами економіки. Вона інтегрується у зміст освіти, починаючи з базової школи, та передбачає формування в учнів здатності до свідомого професійного вибору в умовах невизначеності.

Важливим елементом сучасної профорієнтації є розвиток життєстійкості (resilience), адаптивності та готовності до професійної мобільності, що відповідає глобальним трендам розвитку соціально-емоційних компетенцій [5].

Реформування професійної освіти в Україні передбачає розширення автономії закладів, залучення роботодавців до формування змісту освітніх програм, а також впровадження гнучких освітніх форматів, зокрема короткострокових програм перепідготовки тривалістю 3–6 місяців [5, 6]. Це дозволяє забезпечити оперативну реакцію системи освіти на динамічні зміни ринку праці.

У межах концепції Нової української школи впроваджується профільна середня освіта (10–12 класи), яка створює умови для диференціації освітніх траєкторій (академічна або професійна) та підвищує ефективність профорієнтаційної роботи [6, 8].

Таким чином, сучасна трансформація ринку праці зумовлює необхідність переходу від моделі «освіта для однієї професії» до моделі «освіта для здатності до професійної мобільності», що вимагає системних змін у змісті, організації та управлінні освітою.

Отже, можна зробити такі висновки:

1. Сучасний ринок праці характеризується прискореним старінням навичок і зростанням попиту на їх інтегровані комбінації (технологічні, когнітивні та соціально-емоційні), що зумовлює необхідність переходу до моделі безперервного навчання протягом життя.

2. Ключовим викликом стає не лише невідповідність навичок, але й поглиблення структурної нерівності доступу до їх розвитку, що потребує розбудови інклюзивних систем освіти дорослих і нових механізмів освітньої мобільності.

3. Український контекст трансформації ринку праці відрізняється домінуванням дефіциту трудових ресурсів, що вимагає переорієнтації освітньої

політики на підготовку кадрів для секторів відбудови економіки та посилення ролі професійно-технічної освіти.

4. Профорієнтація трансформується у системоутворюючий елемент освітньої політики, який забезпечує узгодження індивідуальних освітніх траєкторій із прогнозованими потребами ринку праці.

5. Ефективна відповідь системи освіти на сучасні виклики можлива за умови інтеграції дуальної освіти, цифрових технологій, гнучких форматів навчання та розвитку соціально-емоційних компетенцій як основи професійної адаптивності.

Список лтератури

1. OECD. *OECD Skills Outlook 2025* [Електронний ресурс]. – Paris: OECD Publishing, 2025. – Режим доступу: https://www.oecd.org/en/publications/2025/12/oecd-skills-outlook-2025_ac37c7d4.html.
2. World Economic Forum. *Future of Jobs Report 2025* [Електронний ресурс]. – Geneva: World Economic Forum, 2025. – Режим доступу: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf.
3. Worlddidac. *China's Vocational Skills Upgrade 2025–2027: What It Means for Education, Industry, and Global Cooperation* [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: <https://worlddidac.org/news/chinas-vocational-skills-upgrade-2025-2027-what-it-means-for-education-industry-and-global-cooperation/>.
4. Державна служба зайнятості. Аналітична та статистична інформація про стан ринку праці України в умовах воєнного стану та тенденції 2025–2026 років [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dcz.gov.ua/analitika/statystyka>.
5. Інститут освітньої аналітики. Освіта України в умовах воєнного стану: виклики, подолання освітніх втрат та стратегії відновлення: інформ.-аналіт. зб. [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: <https://iea.gov.ua/>.
6. Міністерство освіти і науки України. Візія майбутнього української освіти: розвиток людського капіталу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/viziyah-majbutnogo-ukrayinskoyi-osviti>.
7. Про затвердження професійного стандарту на групу професій «Викладачі закладів вищої освіти»: наказ Міністерства економіки України від 23 берез. 2021 р. № 610. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://me.gov.ua/>.
8. Про схвалення Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки: розпорядження Кабінету Міністрів України від 23 лют. 2022 р. № 286-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80>.

УДК 664.22

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА КАРТОПЛЯНОГО КРОХМАЛЮ

Піскачова І.В., к.т.н., доц., Панов А.О.
Короткова А.І., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, panovanton1994@gmail.com

Анотація. В даній статті наведено результати розробки алгоритму автоматизованої системи керування процесом виробництва картопляного крохмалю, де наведено ланцюг послідовного включення з попереднім запитом на датчики.

Ключові слова: Картопля, крохмаль, гідроциклон, автоматизація, промисловий контролер, датчики, програмування

Картоплю доставляють на виробництво за допомогою гідравлічного транспортера, який частково відокремлює легкі домішки, пісок і землю. Після цього картопля проходить етап миття в комбінованих мийних машинах, тривалість якого становить від 10 до 14 хвилин [1, с. 45].

Для подрібнення картоплі використовуються терочні машини, робота яких базується на стиранні бульб поверхнею з дрібнозубчастими пилками. Процес здійснюється у два етапи: спершу із зубцями висотою 1,5–1,7 мм, а потім при повторному подрібненні – із зубцями висотою 1,0 мм.

Після подрібнення картопля перетворюється на кашкоподібну масу, яка містить розірвані клітинні стінки, крохмальні зерна і картопляний сік. Основним завданням технології є швидке відділення соку з маси, мінімізуючи його контакт із крохмалем. Взаємодія соку з крохмалем спричиняє негативні наслідки, такі як потемніння крохмалю через окислення тирозину, зниження в'язкості клейстеру, утворення піни, слизу та інших відхилень [2, с. 16].

Далі сік відокремлюють на осадових центрифугах, а отриману кашку направляють на ситові апарати або гідроциклонні установки. Тут видаляють та промивають крупну і дрібну мезгу, а також очищують і осаджують крохмаль. Отримана крохмальна суспензія має концентрацію 12–14%, невелику кількість залишкової мезги (4–8%), водорозчинних речовин (0,1–0,5%) і розведений картопляний сік. Для додаткової очистки суспензію піддають двоступеневому рафінуванню, після чого її концентрація знижується до 7–9%. Очищена маса надходить на піногасник і піскові гідроциклони перед етапами зневоднення та сушіння.

Виробництво крохмалю з картоплі – один із найдавніших методів переробки цієї культури. Виділення крохмалю з тканини бульб ґрунтується на фізичних властивостях крохмалю: його густина приблизно в 1,6 раза перевищує густину води, а також він не розчиняється в рідині. Це дозволяє крохмальним зернам осідати під час промивання та відстоювання подрібненої тканини бульб у воді.

Завдання технологічного процесу полягає у досягненні максимально

чистого крохмалю з повним використанням сухих компонентів картоплі. Для ефективного виробництва використовують сорти картоплі з високим вмістом крохмалю, а також пошкоджені бульби столових сортів.

Процес отримання крохмалю включає етапи: зберігання та підготовка сировини до переробки, подрібнення, відокремлення картопляного соку, видалення мезги, очищення крохмалю та утилізація побічних продуктів. Метод передбачає миття бульб, їх подрібнення, виділення крахмального молочка через сита, осадження або центрифугування, промивання і сушіння готового продукту. За використання методу осадження вологість отриманого крохмалю становить 50%, а при застосуванні центрифуг – 40%. Для тривалого зберігання продукт сушать при температурі 60 °С до вологості 18–20%, після чого фасують у подвійну упаковку – матерчатий внутрішній мішок і багат шаровий паперовий або плівковий зовнішній.

Зберігають готовий крохмаль у добре провітрюваних складах.

Блок-схема алгоритму керування процесу виробництва картопляного крохмалю представлена на рисунку 1 і має наступний опис до цього [3, с. 13].

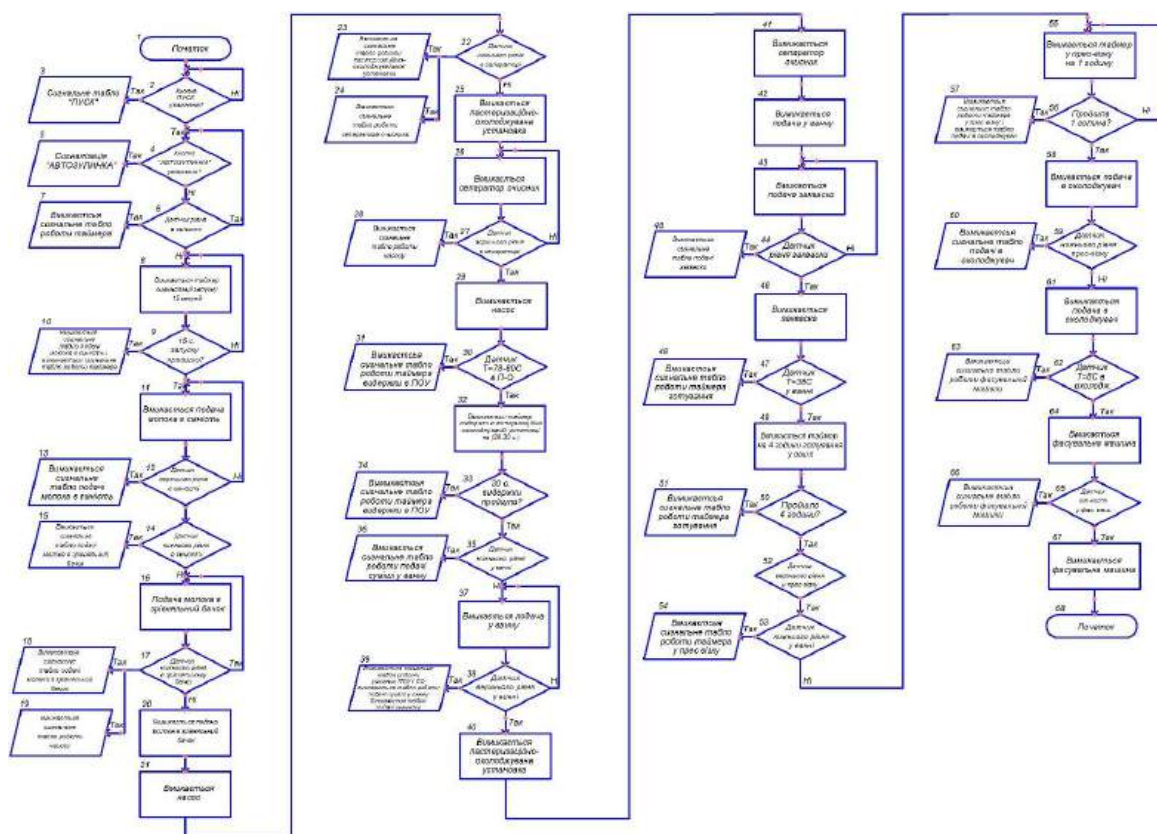


Рис.1. Алгоритмкерування технологічним процесом виробництва картопляного крохмалю

Блок 2 подає сигнал на блок 4 (не має бути увімкненим), який передає сигнал на блок 6, який перевіряє нижній рівень у ємності. Вмикається сигнальне табло "ПУСК" (блок 3), сигнальне табло роботи таймера (блок 7). Вмикається таймер сигналізації запуску (блок 8), після 15 секунд сигналізації (перевіряється блоком 9) вмикається подача молока в ємність (блок 11). В цей

момент вимикається сигнальне табло роботи таймера і також вмикається сигнальне табло подачі молока в ємність (блок 10). Після блоку 12 (датчика перевірки верхнього рівня в ємності) і блока 14 (датчика перевірки нижнього рівня в зрівняльному бочку) вмикається подача молока в зрівняльний бачок (блок 16). В цей момент вимикається сигнальне табло подачі молока в ємність (блок 13) і вмикається сигнальне табло подачі молока в зрівняльний бачок (блок 15). Після не спрацювання датчика низького рівня у ємності (блок 17) вимикається подача молока в зрівняльний бачок (блок 20) і вмикається насос (блок 21). Після цього вимикається сигнальне табло подачі молока в зрівняльний бачок (блок 18) і вмикається сигнальне табло роботи насосу (блок 19). Датчик нижнього рівня в сепараторі-очиснику не спрацював (блок 22), то вмикається пастеризаційно-охолоджувана установка і вимикається сепаратор-очисник, це блоки 25 і 26. В цей момент вмикається сигнальне табло роботи пастеризаційно-охолоджувальної установки (блок 23) і вмикається сигнальне табло роботи сепаратора очисника (блок 24). При спрацюванні датчика верхнього рівня в сепараторі-очиснику (блок 27) вимикається насос (блок 29), і вимикається сигнальне табло роботи насосу (блок 28). Якщо датчик температури в пастеризаційно-охолоджувальній установці (блок 30) показав позначку від 78° до 80° С, тоді вмикається таймер видержки у пастеризаційно-охолоджувальній установці на 20-30 секунд (блок 32), і вмикається сигнальне табло роботи таймера видержки пастеризаційно-охолоджувальної установки (блок 31). Після 30 секунд видержки (блок 33) і якщо датчик нижнього рівня у ванні не спрацював (блок 35), тоді вмикається подача у ванну (блок 37). І паралельно в цей момент вимикається сигнальне табло роботи таймера видержки пастеризаційно-охолоджувальній установці (блок 34) і вмикається сигнальне табло роботи подачі суміші у ванну (блок 36). Якщо спрацював датчик верхнього рівня у ванні (блок 38) вимикається пастеризаційно-охолоджувана установка, сепаратор-очисник, подача молока у ванну і вмикається подача закваски (блоки 40,41,42 і 43). В цей момент вимикається сигнальне табло роботи пастеризаційно-охолоджувальної установки, сепаратора очисника, табло роботи подачі суміші у ванну і вмикається табло подачі закваски (блок 39).

Список літератури

1. Бойко Л.М., Сидоренко І.В. Мікробіологічні стандарти якості харчових продуктів в Україні. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 112 с.
2. Бондаренко І.В. Сировинні ресурси для виробництва крохмалю в Україні. Харчова промисловість. 2018. № 5. С. 15–22.
3. Мікропроцесорні керуючі пристрої: методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Мікропроцесорні керуючі пристрої» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти заочної форм навчання за освітньо-професійною програмою зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»; уклад. К. В. Демченко. Х.: ДБТУ, 2023. 18 с.

УДК 004.78

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ПЛАНУВАННЯ НАВЧАННЯ

Школьний О.О., здобувач РВО магістр

Тимчук С.О., д.т.н., доц.

Сумський державний університет

Sumy, Ukraine, s.tymchuk@itp.sumdu.edu.ua

Анотація. У даній роботі запропоновано концепцію інформаційної системи студентоорієнтованого планування навчання; сформульовано вимоги до системи; запропоновано алгоритм розподілу задач у часі; передбачено в системі застосування додаткових інструментів аналізу та візуалізації.

Ключові слова: планування навчання, ефективність, студентоорієнтованість, модель планування, інформаційна система

Інформаційна система студентоорієнтованого планування навчання спрямована на підвищення ефективності організації навчальної діяльності студентів шляхом автоматизації процесів планування, контролю та аналізу навчального навантаження.

В умовах зростання обсягу навчальної інформації та індивідуалізації освітнього процесу виникає потреба у гнучких інструментах, які дозволяють студентам самостійно керувати власним часом та оптимізувати процес навчання.

Вимоги до системи наступні.

1. Моделювання навчальних задач.

Система повинна забезпечувати можливість створення та управління навчальними задачами, такими як лекції, практичні та лабораторні роботи, самостійні завдання та підготовка до контрольних заходів.

Кожна задача характеризується набором параметрів, зокрема: термін виконання, рівень складності, пріоритет, очікуваний час виконання та належність до конкретної дисципліни.

Така формалізація дозволяє структурувати навчальне навантаження та створює основу для подальшої автоматизованої обробки даних.

Додатково система повинна враховувати індивідуальні особливості студента, наприклад, доступний час для навчання протягом дня, рівень продуктивності у різні періоди доби та пріоритетність дисциплін.

Важливою складовою є можливість інтеграції розкладу занять, що формує базову структуру навчального процесу та дозволяє враховувати вже зайнятий час при плануванні нових задач.

2. Автоматизований розподіл задач у часі.

Це ключовий компонент системи. Його робота базується на використанні алгоритмів планування, подібних до Earliest Deadline First (EDF), які дозволяють динамічно формувати чергу задач залежно від їхньої пріоритетності [1 – 4].

Особливістю запропонованого підходу є розширення класичної моделі планування шляхом урахування додаткових характеристик задач, таких як складність та орієнтовна тривалість виконання. Це дозволяє більш точно оцінювати реальне навантаження студента та формувати збалансований розклад, що мінімізує перевантаження в окремі дні.

Алгоритм забезпечує адаптивне перепланування у випадку змін – наприклад, при додаванні нових задач, зміні термінів виконання або відхиленні від запланованого графіка. У результаті формується динамічний календар виконання задач, який відображає рекомендовану послідовність дій, оцінює рівень щоденного навантаження та дозволяє студенту ефективно розподіляти свій час.

3. Інтеграція допоміжних навчальних інструментів:

Для підвищення ефективності навчання система може включати додатковий функціонал, який забезпечує комплексну підтримку освітнього процесу. Так, передбачається можливість збереження корисних посилань, навчальних матеріалів для кожної дисципліни, що дозволяє централізувати доступ до необхідної інформації.

Окрему увагу приділено інструментам візуалізації та структурування знань, таким як інтелектуальні карти, які можуть використовуватися для підготовки до іспитів або узагальнення вивченого матеріалу. Такі інструменти сприяють кращому розумінню складних тем та встановленню зв'язків між різними поняттями.

Крім того, система може надавати засоби візуалізації навчального навантаження у вигляді календарів, графіків або діаграм, що дозволяє студенту швидко оцінити свою зайнятість, виявити перевантажені періоди та своєчасно скоригувати план навчання [5].

Особлива цінність інформаційної система планування навчання полягає в тому, що студент використовує її самостійно, це покращує самоконтроль та підвищує мотивацію до виконання завдань.

Список літератури

1. C. Scordino, L. Abeni, J. Lelli, Energy-Aware Real-Time Scheduling in the Linux Kernel, 33rd ACM/SIGAPP Symposium On Applied Computing (SAC 2018), Pau, France, April 2018.
2. J. Lelli, C. Scordino, L. Abeni, D. Faggioli, Deadline scheduling in the Linux kernel, Software: Practice and Experience (2016), 46(6): 821-839.
3. R. Davis and A. Burns. A Survey of Hard Real-Time Scheduling for Multiprocessor Systems. ACM Computing Surveys (2011), vol. 43, no. 4. <http://www-users.cs.york.ac.uk/~robdavis/papers/MPSurveyv5.0.pdf>.
4. T. Baker. An Analysis of EDF Schedulability on a Multiprocessor. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (2005), vol. 16, no. 8, pp 760-768.
5. Науково-методичні основи впровадження технологій змішаного навчання в системі відкритої післядипломної освіти/ за заг. ред. С.П. Касьяна, В.В. Олійника, Л.Л. Ляховської.-Київ: ДВНЗ.-2018.-312 с.

УДК 004:37.02:811.134.2

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПОЧАТКОВОГО ЕТАПУ НАВЧАННЯ ІСПАНСЬКОЇ МОВИ: ОПАНУВАННЯ АЛФАВІТУ ЯК ЛІНГВОДИДАКТИЧНИЙ ВИКЛИК

Іванова Н.Г., к філол. н., доц.
Лінькова Є.І., здобувач РВО бакалавр
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
м. Одеса, Україна, nat-iva@ukr.net, elizavetalinkova01@gmail.com

Анотація. У статті проаналізовано роль і потенціал сучасних медіатехнологій у процесі викладання іспанської мови для початківців на прикладі освітнього контенту YouTube-каналу @ivanka.ispanka. Досліджено структуру мультимедійного наповнення каналу. Описано методику подачі матеріалу у відеоуроці «Алфавіт з іспанської мови». Доведено, що ефективність опанування матеріалу підвищується завдяки контрастивному аналізу фонетичних явищ і використанню іспанських онімів як наочного матеріалу. Окреслено взаємодію вербальних і візуальних елементів як засіб створення цілісного цифрового лінгводидактичного середовища.

Ключові слова: лінгводидактика, іспанська мова, цифрові технології, YouTube-канал, фонетика, алфавіт, візуалізація, оніми

Сучасна парадигма мовної освіти зазнає докорінних змін під впливом глобальної цифровізації, яка диктує нові вимоги до навчального контенту, де відеохостингові платформи постають як ключові джерела знань для самостійного вивчення мов.

Осмислення майбутнього мовної освіти неможливо без врахування ролі соціальних медіа як інструментів масової персоналізованої підготовки. Традиційний підручник сьогодні витісняється динамічним відеоконтентом, який дозволяє початківцям інтегруватися у мовне середовище в умовах, наближених до реального часу. На початковому етапі навчання особливої значущості набуває використання YouTube як інструменту доступу до автентичного та адаптованого контенту.

У межах нашого дослідження ми зосереджено увагу на аналізі освітнього потенціалу україномовного YouTube каналу з вивчення іспанської мови @ivanka.ispanka як моделі ефективного початкового етапу навчання, який демонструє приклад успішної реалізації «soft skills» викладача в цифровому просторі.

Актуальність теми зумовлена переходом від лінійної моделі подання матеріалу до розробки нелінійних освітніх стратегій. Як зазначають дослідники, цифровізація мовної освіти вимагає розробки специфічних підходів до розвитку контенту [2, с. 309]. Ефективність та якість освітнього контенту аналізованого ресурсу базується на високому рівні кваліфікації його авторки, Іванки, фахівчині з філології та перекладу. Експертний підхід до формування навчальних модулів підтверджується міжнародними сертифікатами професійної компетенції (DELE C1 з іспанської мови та рівень C2 з

англійської), що дає підстави розглядати канал як надійний інструмент у системі цифровізації сучасної мовної освіти [3, с. 314].

Контент досліджуваного ресурсу відзначається чіткою структурованістю за тематичними модулями та за цільовим призначенням: від інтенсивної мовної підготовки (у розділах «Граматика» та «DELE») до занурення в автентичне середовище через аудіовізуальні проєкти «Подкасти з викладачами іспанської» та «Подорожі Іспанією» [4; 5; 6; 9].

Структура каналу побудована за принципом тематичної розгалуженості. Водночас для початківців найбільш критичним є етап засвоєння фонетичної системи мови. З цією метою Іванка сформувала окремі плейлисти: «Уроки іспанської для початківців». Володіючи кількома мовами, авторка транслює концепцію «секрету поліглотів», адаптуючи складні лінгвістичні конструкції для широкої аудиторії («Поради поліглота», «Shorts») [7; 8; 10].

У відеоуроці «АЛФАВІТ З ІСПАНСЬКОЇ МОВИ» застосовано методика, що базується на мінімізації когнітивного навантаження [1]. Ключовою особливістю підходу є свідоме використання як прикладів виключно іспанських антропонімів та топонімів (наприклад, *Alberto*, *Buenos Aires*, *Cuba*, *Diego*), що має глибоке методичне обґрунтування: уникнення додаткового семантичного навантаження (власні назви часто є впізнаваними) та зосередження уваги на артикуляції. Це дозволяє ефективно відпрацювати складні моменти, такі як чіткість голосних (на прикладі імені *Elena*) або специфіку літери «j» (як ілюстративний матеріал використано антропонім *Juan*), без необхідності перекладу.

Так, пояснення правил читання літери «g» (ілюстративним матеріалом слугують антропоніми *Gabriela*, *Jimena*) ґрунтується на залежності від наступного голосного: якщо після «g» стоять а, о, у, вона читається як твердий український звук «г», а якщо е, і – як хрипкий, горловий звук «х». Іванка акцентує увагу на тому, що для досягнення автентичного звучання цей «х» має бути не просто глухим, а «хриплим», що візуалізується через емоційну подачу та артикуляційні підказки (рис. 1) [1].



Рис. 1. Візуалізація правил читання літери «G» залежно від наступної голосної

Методичний підхід авторки передбачає системне опрацювання диграфів і буквосполучень, які традиційно викликають труднощі у початківців: «ch» (*Chile*) (пояснюється як чіткий звук «ч», що утворюється поєднанням «с» та нечитабельної «h») та «ll» (*Mallorca*) (інтерпретується як звук «й», що є характерним для більшості регіонів іспаномовного світу). Цікавим прикладом мінімізації помилок є пояснення літери «h» (*Honduras, hola*). Авторка акцентує на тому, що ця літера є «німою», візуалізуючи це через перекреслення її в прикладах, що допомагає студентам миттєво запам'ятати правило «пишемо, але не читаємо» [1].

Особливу увагу приділено контрастивному аналізу, що є наріжним каменем авторської методики. Наприклад, пояснюючи вимову літери «l» (на матеріалі імені *Luis*), авторка пропонує провести невеликий фонетичний експеримент: порівняти положення язика в українських словах «лялька» (м'який звук) та «лампа» (твердий звук). Іспанське «l», як демонструє Іванка, займає середню позицію; язик торкається піднебіння трохи далі від зубів, ніж в українській мові. Саме це створює характерний «напівм'який» відтінок [1].



Рис. 2. Візуалізація правил читання літери «С» залежно від наступної голосної

Засвідчено, що подібний формат сприяє реалізації принципів індивідуалізації та асинхронного навчання [3, с. 315]. Здобувач освіти може самостійно регулювати темп опрацювання матеріалу, зокрема під час засвоєння складних фонетичних явищ, як-от вібраційного звука «г» (у слові *Ramón*), який потребує тривалого «ричання». У межах такого формату забезпечується можливість багаторазового повернення до пояснення зокрема феномена **SESEO** (сесео) (вимови літер «с» та «z» як звичайного «с» у Латинській Америці). На прикладі назви міста *Zaragoza* Іванка демонструє обидва варіанти: кастильський міжзубний звук [θ] та латиноамериканський свистячий [s]. Таким чином авторка надає здобувачеві освіти можливість свідомо обрати власну мовну модель (рис. 2).

Окрему увагу приділено поясненню літери «ñ» (як приклад розглянуто хоронім *España*), яка інтерпретується не як поєднання «н» із показником м'якості (м'яким знаком), а як цілісний палаталізований приголосний звук. Діакритичний знак *virgulilla*, що історично позначає палаталізацію приголосного, слугує візуальним маркером м'якості. Відсутність лексем, що починаються з цієї літери, компенсується використанням добре відомої власної назви (назва країни мови, що вивчається), що узгоджується з принципом мінімізації семантичного навантаження.

Аналогічно розглядається вимова літери «v» (у хоронімі *Venezuela*). Іванка розвіює поширений міф про те, що вона читається як українське «в», наголошуючи, що на початку слова «v» та «b» звучать ідентично, як напружений губний звук «б». Пояснення супроводжується заклик до активної міміки: «щільно змикаємо губи». Артикуляційні особливості підкріплюються візуальною демонстрацією, що є принципово важливим у форматі відеонавчання [1].

Методична послідовність завершується розглядом літери «u» (на матеріалі хороніма *Uruguay*, де вона фіксується тричі).



Рис. 3. Візуалізація правил читання літери «У»

Насамкінець авторка демонструє її подвійну реалізацію: як голосного звука (у функції сполучника) та як приголосного [j] у складі слів. Адже таке розмежування допомагає студентам зрозуміти гнучкість іспанської графічної системи (рис. 3).

Проведене дослідження дозволяє стверджувати, що інформаційні технології, трансформуючи інструментарій мовної освіти, формують нову педагогічну парадигму, орієнтовану на персоналізоване, гнучке та мультимодальне навчання. Освітні відеоплатформи, зокрема YouTube, виступають як динамічні екосистеми знань, у межах яких реалізуються сучасні методичні підходи до вивчення іноземних мов.

Список літератури

1. АЛФАВІТ З ІСПАНСЬКОЇ МОВИ: відеоурок. YOUTUBE-КАНАЛ «ІВАНКА ІСПАНКА». 2022. 20 лип. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Hm8pW8MhMok>.
2. Зеленюк О. С., Іванова Н. Г. Цифровізація мовної освіти: структура та стратегії розвитку youtube-каналу @ivanka.ispanka. *Інформаційні технології в освіті та науці*: зб. наук. пр. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Запоріжжя–Мелітополь, 20 травня 2025 р.). Запоріжжя: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2025. Вип. 14. С. 308–313.
3. Іванова Н. Г., Коптіна Д. В. Інновації у викладанні іспанської мови для початківців: аналіз відеоуроку Youtube-каналу Іванка Іспанка. *Інформаційні технології в освіті та науці*: зб. наук. пр. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Запоріжжя–Мелітополь, 20 травня 2025 р.). Запоріжжя: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2025. Вип. 14. С. 314–318.
4. Іспанська граматики. Плейлист. YOUTUBE-КАНАЛ «ІВАНКА ІСПАНКА». URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLOLIDCAymyeYBRyOgTPcPES-Yl1cYY1a>.
5. Подкасти з викладачами іспанської. Плейлист. YOUTUBE-КАНАЛ «ІВАНКА ІСПАНКА». URL: https://www.youtube.com/playlist?list=PLOLIDCAymyeYIYwL49gE_Q33kGlfIvsHj.
6. Подорожі Іспанією. Плейлист. YOUTUBE-КАНАЛ «ІВАНКА ІСПАНКА». URL: https://www.youtube.com/watch?v=l1AbD4LNazY&list=PLOLIDCAymyeaE_LxvQd5mqtkQzy-lyuQj.
7. Поради поліглота (як вчити мови ефективно). Плейлист. YOUTUBE-КАНАЛ «ІВАНКА ІСПАНКА». URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLOLIDCAymyeayAsfQqetzzFmxgil0k9-u>.
8. Уроки іспанської для початківців. Плейлист. YOUTUBE-КАНАЛ «ІВАНКА ІСПАНКА». URL: https://www.youtube.com/playlist?list=PLOLIDCAymyeY-IaX4dhG0DuVsiP_eU1-X.
9. DELE. Плейлист. YOUTUBE-КАНАЛ «ІВАНКА ІСПАНКА». URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLOLIDCAymyeYM4OCQjx-Tsbc9lrhwXZ6P>.
10. Shorts. Плейлист. YOUTUBE-КАНАЛ «ІВАНКА ІСПАНКА». URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLOLIDCAymyeZih0I0LDuXlKZS6keUXJ0c>.

УДК 005.95/.96:004.8

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КАДРОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Головчук Ю. О., д.е.н.

Плюшко Р. І., здобувач РВО PhD

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова

М. Вінниця, Україна, ruslanplushko222@gmail.com

Анотація. У проведеній науковій роботі розглянуто інноваційні підходи інтеграції штучного інтелекту в кадровий менеджмент, зокрема автоматизацію відбору персоналу, прогнозування потреб, персоналізацію розвитку та підвищення ефективності управління людськими ресурсами в контексті актуальних викликів і потреб.

Ключові слова: штучний інтелект, кадровий менеджмент, управління персоналом, діджиталізація менеджменту, цифровізація рекрутингу

Управління та адміністрування у різних напрямках і рівнях змінюється під впливом обох сталості факторів зовнішнього середовища та впровадження технологічних інновацій. Сучасний менеджмент отримує все нові й нові орієнтири, а самі керівники орієнтуються на технологічність, гнучкість та інклюзивність в адмініструванні. Підприємства, які здатні адаптуватися до сучасних викликів зовнішнього середовища підвищують власний рівень конкурентоспроможності, що надалі допомагає ефективно працювати в умовах мінливого середовища. Одним з найголовніших чинників, що сьогодні визначає підходи до менеджменту організацій є діджиталізація менеджменту – використання Artificial Intelligence (далі AI) для автоматизації рутинних завдань, використання ERP-систем (SAP, Oracle) для управління бізнес-процесами. Прикладом є використання ChatGPT у HR-менеджменті (при відборі резюме). Першим фактором, що став підготовчим етапом до формування цього тренду, був початок пандемії COVID-19, наступним фактором популяризації віддаленої роботи став початок повномасштабної війни. По причині останнього фактора значно змінилася картина кадрового наповнення підприємств відносно вікової категорії, тому важливо умовно вірно керувати кандидатами поколінням Z – адаптовувати корпоративну культуру до нового покоління працівників, які прагнуть гнучкості, етики та цифрової взаємодії, використовувати в тому числі сучасні варіанти комунікації такі як чат-боти та соціальні мережі [1, с. 137; 2, с. 290-294].

У 2026 році поступово відбувається залучення штучного інтелекту до роботи напрямку кадрової політики. До прикладу, шляхом автоматизації процесів знайомства із потенційними робітниками, їх ознайомлення з політикою організації та навіть у процесі адаптації новачків. Таким чином, використання штучного інтелекту (далі ШІ), якщо не в повній мірі, то опосередковано в змозі підтримати HR-відділ і підсилити фронт виконання рекрутингових завдань. Також можливо залучити ШІ до процесів аудиту, розробки певних форм документації та її заповнення, зберігаючи при цьому конфіденційність. Актуальною в підприємствах як комунальних, так і у таких,

що відносяться до приватної форми власності є підвищення рівня лояльності отримувача послуги. Варіантом поліпшення розвитку даного напрямку, а саме: планування, організації, контролю та аналізу отриманої інформації є делегування перерахованих процесів на штучний інтелект. Наприклад проведення опитувань, збір відгуків, тестування продукту тощо. Використання у роботі підприємства ШІ тісно пов'язане з процесами цифровізації трудових ресурсів. Ще одною стороною такого підходу до роботи є гібридні та віддалені моделі праці. Тоді у працівників з'являється можливість до автономізації, що може слугувати одною з форм мотивації. При цьому за підтримки ШІ профілагується втрата ефективності роботи, адже динаміка навантаження знаходиться під контролем керівника HR-відділу на постійній основі. За даних умов варто відзначити такі методи контролю як онлайн-наради, звітності у вигляді запису екрану за період робочого процесу, оцінки продуктивності роботи шляхом фіксації відпрацьованих годин із порівнянням результатів [3, с. 45-53; 4, с. 45-54]. Окреслений варіант зайнятості, за підтримки ШІ та цифровізації, є особливо важливим варіантом праці, так як володіє ознакою інклюзивності, що є вирішальним для сьогодення. За роки повномасштабного вторгнення суттєво збільшилась кількість осіб з інвалідністю, в першу чергу внаслідок участі в бойових діях. Також постраждали цивільні люди, в більшій мірі ті, що проживають у східних регіонах України, які попали під балістичні удари, вибухи дронів та їх уламків. Необхідно підтримувати ветеранів і внутрішньо переміщених осіб, зокрема, допомагаючи таким громадянам із працевлаштуванням шляхом використанні інструментів ШІ.

Однією з найбільш значущих змін, яку приносить штучний інтелект в HR Tech, є саме автоматизація процесів рекрутингу. ШІ надшвидко проводить відбір кандидатів із використанням заданих фільтрів одночасно аналізуючи величезні обсяги переваг і недоліків кандидатів. Завдяки налаштованим алгоритмам стає можливим скан тисяч резюме за порівняно із обробкою інформації людською працею коротким проміжком часу. Також завдяки ШІ можливим стає попереднє проведення інтерв'ю, застосовуючи алгоритми обробки природної мови, що забирає на себе левову частку навантаження з HR-фахівців. Такий підхід до роботи створює можливість для працівників відділу кадрів зосередитися на стратегічному плануванні розвитку персоналу або проведенні підготовчих до початку роботи співбесід вже працевлаштованих. За використання чат-ботів, автоматизованим стає процес питання-відповіді на запитання кандидатів щодо особливостей умов роботи, етапів працевлаштування на за бажаною вакансією.

Існують також негативні сторони роботи з ШІ: залежність від мережі, соціальна ізоляція, втрата контролю з боку керівництва, а також порушення принципів використання технологій з огляду гігієнічних норм. Важливою є і регуляторна складова питання користування штучним інтелектом. Необхідно створювати етичну та регуляторну бази, визначати ступені відповідальності за недотримання норм. У додаток, критичним є збереження людського потенціалу в застосуванні та розробці робочих систем на основі штучного інтелекту –

оскільки загальний сенс та розуміння реалій життя людей та особливостей їх реакцій на ті чи інші виклики на роботі, у трудових відносинах (сторону емпатії) розуміє саме менеджери самого колективу [5, с. 58-60; 6, с. 5-18]. Ключовим є збереження балансу між якісними та швидкими веденням операційних процесів і збереженням людської складової розробки управлінських систем. Системи моніторингу та нагляду за новачками повинні бути динамічними та розрахованими на довгострокову перспективу, тобто навіть у процесі самонавчання або навчання із чат-ботами або іншими варіантами наданими за підтримки Artificial Intelligence вони не повинні втрачати фундаментальних основ, що полягають наприклад у принципі наставництва. Системи керовані ШІ також повинні реагувати на зміни в алгоритмах таким чином, щоб їхня функціональність та всі технічні компоненти залишалися незмінними, враховуючи кінцеву мету.

Штучний інтелект в кадровій політиці стає не просто інструментом, а справжньою рушійною силою в трансформації галузі управління персоналом. Він змінює не лише підхід до рекрутингу, а й забезпечує більш ефективне управління талантами, розвиток персоналу та планування людських ресурсів. Впровадження ШІ в кадровий менеджмент дозволяє компаніям залишатися конкурентоспроможними та залучати найкращі таланти, що є ключовим, чинником успіху в сучасному бізнес-середовищі.

Література

1. Dei H. Artificial intelligence in public administration: benefits and risks. *Management (Montevideo)*. 2025. Т. 3. pp. 137. DOI: <https://doi.org/10.62486/agma2025137>
2. Головчук Ю.О., Палагнюк Г.О. Стратегії впровадження телемедицини в управлінні медичними закладам. Імерсивні технології в освіті: зб. матеріалів V Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 29 квіт. 2025 р. Київ, 2025. С. 290-294. URL: <https://dspace.vnmu.edu.ua/123456789/10090>
3. Mamatova T., Chykarenko I. Artificial intelligence in the processes of public servants' strategic and project competences development. *Public Adm. Local Gov.* 2023. Т. 4. pp. 45-53. DOI: <https://doi.org/10.32782/2414-4436/2023-4-7>
4. Сергета І.В., Головчук Ю.О., Назарчук Г.Г., Трет'яков М.С. Державно-приватне партнерство у системі фінансового забезпечення соціальної політики. *Інвестиції: практика та досвід*. 2026. № 3. С. 45-54. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2026.3.45>
5. Domashenko S.V. Artificial intelligence in public administration. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*. July 19 2024. Boston, USA. pp. 58-60. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-19.07.2024.010>
6. Pashkovskiy S. M., Holovchuk Y.O., Kalnysh V.V., Shvets A.V., Honcharov O.L., Koval N.V., Saichuk O.V. Occupational burnout and stress among medical staff: empirical analysis and strategies for minimizing their negative impact. *Ukrainian journal of military medicine*. 2026. № 7. pp. 5-18. DOI: [https://doi.org/10.46847/ujmm.2026.1\(7\)-005](https://doi.org/10.46847/ujmm.2026.1(7)-005)

UDC 373.1:542

VIRTUAL CHEMICAL EXPERIMENT IN MODERN EDUCATION

Kryvoviaz, A. O., PhD (Chemistry), Associate Professor
Slivka, M. V., DSc (Chemistry), Professor
Uzhhorod National University
Uzhhorod, Ukraine, andrey.kryvoviyaz@uzhnu.edu.ua

Abstract. The use of virtual chemical experiments in chemistry lessons promotes an increase in students' interest in research activities and also enhances their ability to independently analyze the results of conducted chemical experiments.

Keywords: learning, natural sciences, chemistry, experiment, demonstration, research, skills, website, information technologies

The purpose of the functioning of a modern general secondary education institution is to identify and implement effective approaches to enhancing students' learning motivation, activating their cognitive activity, developing creative thinking, and fostering the personality of the learner as a socially mature and life-competent individual capable of making independent choices and responsible decisions in various life situations. Particular importance is attached to the development of practical and creative skills that ensure the ability to apply acquired knowledge in real-life contexts. In this regard, pedagogical activity should be oriented toward the use of educational technologies that not only ensure effective assimilation of educational content but also promote the formation of cognitive activity, independence, and the realization of learners' creative potential. One of the key elements of such activity is the chemical experiment, the use of which ensures thorough knowledge acquisition, the formation of stable learning motivation toward the subject, and the development of positive personal qualities in learners [1, c. 76].

The school chemical experiment, reflecting the experimental nature of chemistry as a science, is implemented in the educational process through the systematic use of its various forms, including demonstration and laboratory experiments, practical work, extracurricular observations, and home experimental tasks. At the same time, it should be emphasized that during the COVID-19 pandemic and the full-scale military actions that began in February 2022, the organization of the educational process has been carried out in a blended format combining face-to-face and distance learning, accompanied by a variable schedule of attendance at educational institutions. For this reason, the virtual chemical experiment has gained particular importance as a component of chemistry education in schools. This format of conducting school experiments significantly increases the effectiveness of the educational process, in particular due to the possibility of directly performing traditional chemical experiments during classes or viewing video recordings of experiments with synchronous teacher commentary and the provision of prompt feedback. It should be noted that in educational practice, the following forms of experiment demonstration have been most commonly used in teaching chemistry: the presentation of photographs and illustrative materials reflecting the course of chemical reactions (in particular, qualitative flame tests and reactions for the

detection of the aldehyde group using Fehling's and Tollens' reagents); the use of video materials obtained from open Internet resources or created independently by the teacher (author-generated content); conducting experiments in the classroom in real time, for example, experiments on determining the acidity of a medium or studying the hydrolysis of salts; and the organization of home experimental tasks involving the use of accessible household and food substances by students.

Analyzing the advantages and disadvantages of using "live" experiments and video materials (either self-created or found on YouTube and platforms of the "All-Ukrainian School Online") during online lessons, we have concluded that such an approach significantly increases the attractiveness of chemistry lessons for students. It facilitates the understanding of complex topics and provides considerably more time for discussion and analysis of results compared to similar experiments in traditional classroom settings, which positively affects students' academic performance. However, a significant drawback of virtual laboratories is the lack of practical laboratory skills among learners and the loss of direct contact with the teacher. This, in turn, may lead to a decrease in interest in chemistry and, consequently, to lower academic achievement in distance learning.

The results of the study on students' satisfaction with the distance learning format in chemistry lessons indicate a positive perception of the educational model proposed in this work. In particular, 71.1% of students evaluated the distance learning format as effective for teaching chemistry, noting its proper organization.

It should also be noted that 20.8% of the surveyed learners negatively evaluated such a form of learning as virtual laboratories, while some respondents expressed indifference, selecting the response option "indifferent." However, the majority of students reported that online chemistry lessons create a calmer learning atmosphere compared to the traditional classroom format. They also noted greater flexibility in planning and organizing their personal time, as well as increased work efficiency. More than 70% of students preferred studying at home, as this form of learning allows them to follow an individual daily schedule, reduce levels of extracurricular stress, and avoid risks associated with traveling to educational institutions under conditions of military threat (in particular, during air-raid alerts).

The main difficulties reported by respondents when using virtual laboratories were as follows: time management and maintaining concentration on the presented educational material (20%); understanding the content of practical lessons, mainly due to difficulties in formulating questions to the teacher (33%); the excessively fast pace of the presented video materials (17%). Thus, the use of virtual chemical experiments in chemistry lessons contributes to increasing students' interest in research activities and enhances their readiness for independent analysis of experimental results. This, in turn, supports career guidance and helps students choose future professions that will contribute to the reconstruction and development of the state.

References

1. Kryvoviaz, A. O., Kokhan, O. P., Slivka, M. V. (2025). Virtual chemical laboratories as an alternative to the school chemical experiment. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: Chemistry*, No. 1 (53), 75–82. <https://doi.org/10.24144/2414-0260.2025.1.75-82>

УДК 004:81'243:811.134.2

ЦИФРОВІ ПЛАТФОРМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОЧАТКОВОГО НАВЧАННЯ ІСПАНСЬКОЇ МОВИ: МОЖЛИВОСТІ ТІКТОК

Іванова Н.Г., к філол. н., доц.
Щербань Ю.О., здобувач РВО бакалавр
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
м. Одеса, Україна, nat-iva@ukr.net, juliasherban712@gmail.com

Анотація. Досліджено особливості використання цифрових платформ у початковому навчанні іспанської мови на матеріалі TikTok-контенту та двомовних таблиць «English–Español». Визначено, що вказаний формат забезпечує швидке засвоєння базової лексики, формул мовленнєвого етикету та елементарних синтаксичних структур, хоча потребує педагогічного супроводу для повноцінного формування комунікативної компетентності.

Ключові слова: інформаційні технології, іспанська мова, TikTok-контент, двомовні таблиці, мовленнєвий етикет, синтаксичні структури, комунікативна компетентність

Розвиток інформаційних технологій у сучасному світі зумовлює перегляд традиційних підходів до мовної освіти. У межах цифрового освітнього середовища відеоконтент набуває статусу ефективного інструменту початкового навчання іноземних мов, що актуалізує потребу в дослідженні його лінгводидактичного потенціалу. Особливо показовим є використання TikTok як платформи освітнього мікроконтенту, здатної поєднувати мультимодальність, динамічність і високу мотиваційну привабливість.

TikTok-сторінка @buddyspanish постає як репрезентативний приклад освітнього мікроконтенту, орієнтованого на вивчення іспанської мови в цифровому середовищі. Перший відеоролик на платформі було опубліковано 13 вересня 2025 року; станом на момент дослідження на сторінці представлено 173 відео. Високий рівень залученості аудиторії підтверджується значною кількістю вподобань (2,8 млн) та підписників (355 тис.), що свідчить про ефективність використання коротких відеоформатів у сучасному освітньому просторі (рис. 1). Зафіксовано навчальний посібник у формі двомовних таблиць «English – Español», що відображає основну лексику та прості мовленнєві зразки для початкового етапу опанування іспанської. Матеріал збудовано за принципом безпосереднього міжмовного зіставлення англійських та іспанських відповідників, що полегшує осмислення нових одиниць і створює умови для одночасної актуалізації вже знайомої англійської.



Рис.1. Зображення логотипу каналу

English	Español
How are you?	¿Cómo estás?
I am fine.	Estoy bien.
Thank you.	Gracias.
You are welcome.	De nada.
Excuse me.	Perdón / Disculpe.
Sorry.	Lo siento.
I don't know.	No sé.
I like it.	Me gusta.
I love you.	Te amo.
I need help.	Necesito ayuda.
Come here.	Ven aquí.
Go away.	Vete.
What is this?	¿Qué es esto?
Who are you?	¿Quién eres?
Where is it?	¿Dónde está?
I am hungry.	Tengo hambre.
I am tired.	Estoy cansado/a.
Be careful.	Ten cuidado.
Good morning.	Buenos días.
Good night.	Buenas noches.
See you later.	Hasta luego.
I am ready.	Estoy listo/a.
I am busy.	Estoy ocupado/a.

Рис. 2. Відео первинної комунікативної адаптації

У межах дослідження проаналізовано початковий сегмент відеоконтенту каналу (перші два відео), що розглядається як ініціальний етап входження здобувача освіти в цифрове мовне середовище та виконує мотиваційно-орієнтаційну функцію.

Перше відео кваліфіковано як мотиваційно-орієнтаційний лексичний модуль, оскільки його зміст зосереджено на засвоєнні одиниць буденного комунікативного мінімуму. У ньому репрезентовано формули мовленнєвого етикету та найуживаніші побутові фрази, що забезпечують первинне входження здобувача освіти в іншомовний комунікативний простір: *¿Cómo estás?*, *Estoy bien*, *Gracias*, *De nada*, *Perdón / Disculpe*, *Lo siento*, *No sé*, *Necesito ayuda*, *Buenos días*, *Buenas noches*, *Hasta luego*. Зазначені

одиниці мають високу комунікативну цінність, оскільки охоплюють базові ситуації міжособистісної взаємодії (знайомства, люб'язного спілкування, вибачення, подяки, звернення по підтримку та завершення контакту тощо). Окрему групу складають короткі питальні структури та наказові вислови: *¿Qué es esto?*, *¿Quién eres?*, *¿Dónde está?*, *Ven aquí*, *Vete*, *Ten cuidado*, а також елементарні лексико-граматичні моделі для вираження фізичного чи емоційного стану: *Tengo hambre*, *Estoy cansado/a*, *Estoy listo/a*, *Estoy ocupado/a*. Водночас відбувається первинне ознайомлення з базовими граматичними моделями іспанської мови, зокрема конструкціями з дієсловами **tener** та **estar** (рис. 2). З лінгводидактичної точки зору описаний тип матеріалу виконує адаптаційну функцію, оскільки знижує когнітивне навантаження, формує базову мовленнєву готовність і створює підґрунтя для подальшого розгортання комунікативної компетентності.

Друге відео визначено як пропедевтичний граматико-синтаксичний модуль, у межах якого навчальний матеріал організовано навколо простих розповідних речень із дієсловами теперішнього часу, що позначають повсякденні дії (*comer*, *beber*, *ir*, *gustar*, *leer*, *escribir*, *jugar*, *dibujar*, *cantar*, *correr*, *dormir*, *limpiar*, *ver*). На відміну від першого відео, акцент зміщено з репродукції готових мовленнєвих формул на формування первинних навичок побудови синтаксичних конструкцій, що дає підстави розглядати друге відео як етап переходу до початкового оформлення висловлювання. Матеріал представлено у вигляді елементарних висловлювань (*Yo como pizza*, *Yo bebo agua*, *Yo voy a la escuela*, *Me gusta la música*, *Yo leo libros*, *Yo escribo mi nombre*, *Yo juego fútbol*, *Yo dibujo un gato*, *Yo canto una canción*, *Yo corro rápido*, *Duermo temprano*, *Limpio mi cuarto*, *Veo televisión*) за тематичними ситуаціями «їжа», «щоденні заходи», «навчання», «відпочинок», «самопрезентація» (рис. 3).

Таким чином, перше відео виконує функцію мотиваційно-орієнтаційного етапу, тоді як друге забезпечує перехід до початкового рівня структурного оформлення мовлення.

Привертає увагу те, що мовний матеріал надано у стислій, візуально впорядкованій і повторюваній формі, що сприяє швидкому розпізнаванню мовних одиниць і полегшує їх запам'ятовування. Разом із тим простежується певна навчальна нерівномірність: поряд із цілком комунікативно доцільними формулами подано одиниці різного прагматичного статусу й частоти. Наприклад, *Te amo* є емоційно сильнішою формулою, ніж більш вживане в багатьох щоденних ситуаціях *Te quiero*; *Vete* є доволі різкою директивою; у другому блоці частина речень містить займенник *yo*, а частина – ні, що без пояснення не сприймається початківцем як нормативна особливість іспанської мови. Проте загалом матеріал відповідає рівню первинного ознайомлення і може бути корисним як засіб початкової лексичної подачі.

Мікроформат навчальних роликів, поширений у TikTok, становить інтерес для сучасної методики викладання іспанської мови як іноземної насамперед завдяки своїй високій пізнавальній та емоційній приступності. У проаналізованому матеріалі ця доступність забезпечується інтеграцією вербального, візуального та аудіального компонентів через поєднання простих двомовних (іспано-англійських) таблиць, що активізують міжмовну інтерференцію на основі вже відомої англійської мови, коротких синтаксичних конструкцій, музичного супроводу та повторюваного ритму подачі. Водночас дієвість вказаного формату пов'язана передусім із рецептивним та мнемічним рівнем роботи з матеріалом. Без педагогічного супроводу цей контент не вважається самодостатнім засобом формування іншомовної комунікативної компетентності. Отже, використання подібних цифрових ресурсів є доцільним як допоміжного інструменту в системі мовної освіти, зокрема для мотивації, повторення та первинної презентації навчального матеріалу в умовах цифрової трансформації освіти.

English	Español
I eat pizza	Yo como pizza
I drink water	Yo bebo agua
I go to school	Yo voy a la escuela
I like music	Me gusta la música
I read books	Yo leo libros
I write my name	Yo escribo mi nombre
I play soccer	Yo juego fútbol
I draw a cat	Yo dibujo un gato
I sing a song	Yo canto una canción
I run fast	Yo corro rápido
I sleep early	Duermo temprano
I clean my room	Limpio mi cuarto
I watch TV	Veó televisión

Рис. 3. Відео початкового синтаксичного конструювання

Список літератури

1. Buddy Spanish. TikTok канал. URL: https://www.tiktok.com/@buddyspanish?_r=1&t=ZS-95EkgEBHddU.
2. Buddy Spanish. TikTok канал. Відео (1). URL: <https://vt.tiktok.com/ZSHkxGKDb/>.
3. Buddy Spanish. TikTok канал. Відео (2). URL: <https://vt.tiktok.com/ZSHkxc7on/>.

УДК 330

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЕКОНОМІЧНОМУ ШПИГУНСТВІ

Мартина В.О., здобувач РВО бакалавр

Дука С.О., проф.

Національна академія Служби безпеки України

Київ, Україна, chemary@ukr.net

Анотація. Автори розглядають штучний інтелект як один із сучасних засобів економічного шпигунства. На сьогодні штучний інтелект є дієвим, економічним та ефективним засобом в контексті викрадення, зокрема, комерційних таємниць. Авторами розглядаються способи використання штучного інтелекту в економічному шпигунстві, наслідки такої діяльності та основні напрями протидії.

Ключові слова: штучний інтелект, економічне шпигунство, комерційна таємниця, економічні втрати, інтелектуальна власність

Економічне шпигунство – це цілеспрямована діяльність державних або приватних акторів з метою викрадення комерційних таємниць, інтелектуальної власності, технологій чи бізнес-стратегій для отримання економічної або геополітичної переваги. У традиційному вигляді воно включало фізичну крадіжку документів чи хакерські атаки. Однак зі стрімким розвитком штучного інтелекту (ШІ) методи та об'єкти економічного шпигунства радикально змінилися. Штучний інтелект не просто «допомагає» в економічному шпигунстві – він кардинально змінює саму природу операцій, роблячи їх масштабними, автономними та важко виявлюваними. ШІ стає високовартісним об'єктом крадіжки. За оцінками експертів, ШІ перетворює економічне шпигунство на масштабну, швидку та складну для виявлення загрозу національній безпеці та конкурентоспроможності компаній [1]. Сьогодні ШІ дозволяє державним і корпоративним акторам індустріалізувати процес на рівні, який раніше був доступний лише наддержавам.

Серед основних способів використання ШІ в економічному шпигунстві можна зазначити: виконання ШІ подвійної ролі, а саме інструмента для проведення шпигунства та цілі атаки; автоматизація процесів шпигунства; індустріалізація розвідки; автоматичний аналіз великих даних для виявлення вразливостей мереж, ключових співробітників та цінної інформації; генерація переконливих spear-phishing-кампаній, deepfake-відео та голосових клонів для соціальної інженерії; самостійне проведення розвідки та аналізу викрадених даних у реальному часі автономними агентами. Зазначене робить атаки швидшими, дешевшими та менш залежними від людського фактора.

Сучасні моделі ШІ (великі мовні моделі, системи навчання) містять унікальні дані: архітектуру, fine-tuning (тонке налаштування), тренувальні дата-сети та ваги моделей. Їх викрадають через кібератаки на хмарні сервіси та API;

«дистиляцію» знань, тобто повторне запитування моделей для відтворення їхніх можливостей без доступу до коду; внутрішні загрози (інсайдерів).

На сьогодні вже не обов'язково ламати сервери, адже достатньо багаторазово запитувати хмарну модель (наприклад, через API) і «дистилювати» її знання. Таким чином відтворюють архітектуру, ваги чи fine-tuning без доступу до коду. Це особливо небезпечно для компаній, що надають ІІІ як сервіс. Особливо цінними стають чіпи (Tensor Processing Units, GPU) та інфраструктура суперкомп'ютерів для тренування ІІІ [2, 6].

Держави використовують ІІІ для посилення кібероперацій, адже ІІІ допомагає обходити системи захисту, еволюціонувати malware (шкідливе програмне забезпечення) та масштабувати атаки [4]. Як приклад можна навести операцію «Paper Werewolf» (GOFEE) проти російських оборонних компаній. Так, у грудні 2025 року кібергрупа (активна з 2022 року, фокус – виключно російські цілі), провела кампанію проти російських технологічних компаній, що працюють над ППО, чутливою електронікою та іншими оборонними розробками. Хакери розсилали AI-генеровані фейкові документи (decoy documents) як приманку. Ці документи виглядали як легітимні технічні специфікації, контракти чи звіти – з ідеальною граматикою, форматуванням і навіть «внутрішніми» деталями, які ІІІ згенерував на основі відкритих даних. Жертви відкривали вкладення, відповідно запускалася інфекція (XLS з макросами), що дозволило отримати доступ до комерційних таємниць російських оборонних підприємств. Дослідники Intezer відзначають, що ІІІ значно знизив бар'єр для створення переконливих приманок і зробив атаку більш ефективною. Кампанія дає рідкісне уявлення про те, як ІІІ застосовується в реальному кібершпигунстві під час війни [7].

Серед наслідків та ризиків використання ІІІ в економічному шпигунстві можна зазначити: економічні втрати, адже це мільярди доларів для компаній і держав; геополітична нерівність, оскільки країни, які крадуть технології ІІІ, швидко наздоганяють лідерів (США, ЄС); зростання вразливості, оскільки ІІІ створює нові поверхні атак (промпти, датасети, моделі); демократизація загроз, так як навіть менш досвідчені актори можуть проводити складні операції [3].

Зазначимо, що за даними ФБР, ІІІ суттєво підвищує ефективність фішингу та deepfake-атак [5]. Разом з цим, у січні 2026 року у США перше в історії було винесено обвинувальний вирок за звинуваченнями в економічному шпигунстві, пов'язаному зі штучним інтелектом. Так, було засуджено колишнього інженера-програміста Google Ліньвея Дінга за сімома пунктами звинувачення в економічному шпигунстві та сімома пунктами звинувачення у крадіжці комерційної таємниці за крадіжку тисяч сторінок конфіденційної інформації, що містить комерційні таємниці Google, пов'язані з технологією штучного інтелекту на користь Китайської Народної Республіки [8].

Серед напрямів протидії використанню ІІІ в економічному шпигунстві можна окреслити: визнання AI-enabled economic espionage (економічне

шпигунство за допомогою штучного інтелекту) окремою національною загрозою [1]; захист всього ланцюгу постачання ІІІ: дані, моделі, чіпи, хмарні сервіси [3]; посилення внутрішнього контролю (мониторинг інсайдерів, zero-trust); міжнародну співпрацю та законодавчі зміни; використання ІІІ для захисту шляхом детекції аномалій, автоматичного аналізу загроз тощо.

Таким чином, штучний інтелект кардинально трансформує економічне шпигунство, роблячи його більш ефективним, масштабним і прихованим. Технології, які мають стати рушієм прогресу, одночасно стають потужною зброєю в руках державних і корпоративних шпигунів. Без негайних системних змін у захисті інтелектуальної власності та критичної інфраструктури ІІІ лідери ризикують втратити технологічну перевагу. Україна, як країна з потужним ІТ-сектором, також має враховувати ці загрози при розвитку власних ІІІ-рішень та міжнародній співпраці.

Список літератури

1. Economic espionage in the AI age demands new responses. URL: <https://www.aspistrategist.org.au/economic-espionage-in-the-ai-age-demands-new-responses/>.
2. Justice Department Marks First Successful Prosecution of Chinese AI-Related Economic Espionage. URL: <https://www.fdd.org/analysis/2026/02/02/justice-department-marks-first-successful-prosecution-of-chinese-ai-related-economic-espionage/>.
3. Protecting Our Edge: Trade Secrets and the Global AI Arms Race. URL: <https://www.csis.org/analysis/protecting-our-edge-trade-secrets-and-global-ai-arms-race>.
4. Artificial Intelligence and State-Sponsored Cyber Espionage. NYU Journal of Intellectual Property & Entertainment Law. URL: <https://jipel.law.nyu.edu/artificial-intelligence-and-state-sponsored-cyber-espionage/>.
5. Artificial Intelligence. URL: <https://www.fbi.gov/investigate/counterintelligence/emerging-and-advanced-technology/artificial-intelligence>.
6. Former Google Engineer Found Guilty of Economic Espionage and Theft of Confidential AI Technology. URL: <https://www.justice.gov/opa/pr/former-google-engineer-found-guilty-economic-espionage-and-theft-confidential-ai-technology>.
7. Russian defense firms targeted by hackers using AI-generated decoy documents. URL: <https://www.reuters.com/world/europe/russian-defense-firms-targeted-by-hackers-using-ai-other-tactics-2025-12-19/>.
8. Former Google Engineer Found Guilty of Economic Espionage and Theft of Confidential AI Technology. URL: <https://www.justice.gov/opa/pr/former-google-engineer-found-guilty-economic-espionage-and-theft-confidential-ai-technology>.

УДК 004.9:005.95/.96:656

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ КУЛЬТУРНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРСОНАЛУ В МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ КОМПАНІЯХ

Яровий І.О., здобувач PhD

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, ihor.yarovyi.edu@gmail.com

Анотація. У статті досліджено інформаційно-аналітичний підхід до оцінювання культурного різноманіття персоналу та його впливу на ефективність діяльності логістичних компаній. Для кількісної оцінки рівня різноманіття використано індекс Шеннона. Проведено порівняльний аналіз показників плинності кадрів і продуктивності праці в українських та міжнародних логістичних компаніях. Встановлено, що вищий рівень культурного різноманіття у поєднанні з інклюзивними управлінськими практиками може сприяти підвищенню продуктивності праці та стабільності персоналу. Підкреслено роль інформаційно-аналітичних технологій у підтримці прийняття управлінських рішень у сфері управління людськими ресурсами..

Ключові слова: культурне різноманіття, індекс Шеннона, інформаційно-аналітичні технології, управління персоналом, плинність кадрів, продуктивність праці, логістичні компанії, цифрова аналітика

У сучасних умовах глобалізації, цифрової трансформації економіки та інтенсивного розвитку міжнародної логістики суттєво зростає роль ефективного управління людськими ресурсами як ключового чинника конкурентоспроможності підприємств. Розширення діяльності компаній на міжнародні ринки, інтеграція у глобальні ланцюги постачання та активізація транскордонної співпраці зумовлюють формування мультикультурних трудових колективів, що характеризуються різноманітністю національних, етнічних і соціокультурних характеристик працівників. Це, у свою чергу, актуалізує необхідність розроблення нових науково обґрунтованих підходів до оцінювання культурного різноманіття персоналу та визначення його впливу на результати діяльності підприємств. Особливої ваги зазначена проблема набуває у логістичній галузі, яка є однією з найбільш глобалізованих сфер економіки та водночас характеризується високим рівнем конкуренції, динамічністю бізнес-процесів і значною залежністю від людського капіталу. У таких умовах ефективність функціонування підприємств значною мірою визначається не лише рівнем технологічного розвитку та автоматизації, але й здатністю організації формувати, утримувати та розвивати різноманітний і висококваліфікований персонал. Паралельно з цим стрімкий розвиток інформаційних технологій, аналітики даних та цифрових платформ управління персоналом створює нові можливості для глибокого та об'єктивного аналізу кадрових процесів. Використання інформаційно-аналітичних інструментів дозволяє кількісно оцінювати рівень культурного різноманіття (зокрема, за допомогою індексу Шеннона), аналізувати плинність кадрів, продуктивність праці та інші показники ефективності використання людського капіталу. Це сприяє підвищенню обґрунтованості управлінських рішень та формуванню адаптивних HR-стратегій. Водночас, незважаючи на наявність значної кількості

досліджень у сфері управління персоналом і цифрової трансформації, питання комплексного аналізу взаємозв'язку між культурним різноманіттям персоналу, плинністю кадрів і продуктивністю праці в логістичних компаніях залишається недостатньо розкритим, особливо в контексті застосування інформаційно-аналітичних підходів. Отже, дослідження впливу культурного різноманіття персоналу на ефективність діяльності логістичних компаній із використанням сучасних інформаційно-аналітичних технологій є актуальним як з наукової точки зору – для розвитку теоретико-методичних засад управління людськими ресурсами, так і з практичної – для підвищення ефективності функціонування підприємств у глобальному конкурентному середовищі. Проблематика управління культурним різноманіттям персоналу та використання інформаційно-аналітичних технологій у HR-сфері активно досліджується як у міжнародній, так і у вітчизняній науковій літературі. Сучасні дослідження акцентують увагу на цифровізації процесів управління персоналом. Зокрема, у роботі [1] розглянуто застосування штучного інтелекту в рекрутингу, що дозволяє підвищити ефективність відбору персоналу та враховувати різноманітність кандидатів. У контексті глобалізації особливого значення набуває крос-культурний менеджмент, який визначає підходи до управління багатонаціональними колективами [2]. Питання формування та розвитку мультикультурного середовища на підприємствах досліджено у праці [3], де обґрунтовано роль інноваційних HR-практик у підвищенні ефективності діяльності організацій. Водночас ефективне управління різноманітними командами потребує відповідних лідерських підходів, що враховують культурні відмінності та сприяють формуванню інклюзивного середовища [4].

Значна увага приділяється економічним перевагам різноманіття. Зокрема, дослідження [5] доводить, що компанії з більш різноманітним персоналом демонструють вищу інноваційність та фінансові результати. Розвиток персоналу розглядається як стратегічний чинник підвищення конкурентоспроможності організації, особливо в умовах динамічного ринку праці [6]. Практичні аспекти управління персоналом у логістичних компаніях відображені у галузевих дослідженнях. Зокрема, у роботі [7] висвітлено особливості функціонування поштових операторів, а у [8; 11] – ефективні HR-ініціативи міжнародних компаній, спрямовані на зниження плинності кадрів та підвищення залученості персоналу. Важливу роль також відіграють програми розвитку компетенцій і підвищення кваліфікації працівників, що сприяють утриманню кадрів у глобальних компаніях [9]. Проблема плинності кадрів залишається актуальною для підприємств різних галузей. У дослідженні [10] визначено основні причини плинності та запропоновано шляхи її зниження, що є важливим для забезпечення стабільності кадрового складу.

Разом з тим, незважаючи на значну кількість наукових праць, питання комплексного інформаційно-аналітичного оцінювання культурного різноманіття персоналу та його впливу на продуктивність праці й плинність кадрів у логістичних компаніях потребує подальшого дослідження, що зумовлює доцільність і наукову новизну даної роботи.

У дослідженні застосовано інформаційно-аналітичний підхід, що передбачає використання кількісних показників для оцінювання культурного

різноманіття персоналу, плинності кадрів та продуктивності праці. Для вимірювання рівня культурного різноманіття використано індекс Шеннона, який дозволяє кількісно оцінити структуру персоналу за національною або етнічною ознакою. Показник плинності кадрів визначався як відношення кількості звільнених працівників до середньооблікової чисельності персоналу за відповідний період, а продуктивність праці – як дохід на одного працівника.

Емпіричною базою дослідження стали відкриті дані щодо діяльності національних та міжнародних логістичних компаній. Порівняльний аналіз показав, що рівень культурного різноманіття персоналу істотно варіюється залежно від масштабу діяльності компанії. Зокрема, національно орієнтовані підприємства характеризуються низьким значенням індексу різноманіття, тоді як міжнародні компанії мають високий рівень представленості різних культур.

Аналіз плинності кадрів засвідчив, що компанії з більш розвиненими HR-практиками та інклюзивним середовищем демонструють відносно нижчі показники звільнення працівників. Водночас високі значення плинності можуть бути зумовлені не лише внутрішніми факторами, а й впливом зовнішнього середовища, зокрема економічною нестабільністю чи кризовими умовами.

Оцінка продуктивності праці показала суттєві відмінності між компаніями. Міжнародні логістичні оператори, які активно впроваджують цифрові технології, автоматизацію та інноваційні рішення, демонструють значно вищі показники доходу на одного працівника порівняно з підприємствами, що функціонують переважно на внутрішньому ринку. Це свідчить про важливу роль технологічного розвитку та ефективного управління людськими ресурсами.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що культурне різноманіття персоналу у поєднанні з інклюзивними управлінськими практиками може позитивно впливати на ефективність діяльності підприємства. Зокрема, різноманітні команди сприяють підвищенню інноваційності, гнучкості та адаптивності організації до змін зовнішнього середовища. Водночас для досягнення такого ефекту необхідним є використання сучасних інформаційно-аналітичних інструментів, що забезпечують моніторинг і оцінювання кадрових процесів. Отримані результати узгоджуються з висновками сучасних наукових досліджень щодо позитивного впливу культурного різноманіття на інноваційність та продуктивність організацій. Водночас встановлено, що цей вплив не є автоматичним і залежить від якості управління персоналом, рівня цифровізації бізнес-процесів та корпоративної культури. Застосування інформаційно-аналітичного підходу до управління персоналом дозволяє не лише оцінювати поточний стан кадрового потенціалу, а й формувати обґрунтовані управлінські рішення, спрямовані на підвищення ефективності діяльності логістичних компаній в умовах глобальної конкуренції.

У результаті дослідження встановлено, що культурне різноманіття персоналу є важливим фактором підвищення ефективності діяльності логістичних компаній за умови його поєднання з інклюзивними практиками управління. Доведено доцільність використання індексу Шеннона для кількісного оцінювання різноманіття, а також інформаційно-аналітичних технологій для аналізу плинності кадрів і продуктивності праці.

Порівняльний аналіз показав, що міжнародні компанії з високим рівнем культурного різноманіття демонструють вищу продуктивність праці та більш стабільні кадрові показники порівняно з національними підприємствами. Впровадження цифрових інструментів управління персоналом сприяє підвищенню якості прийняття управлінських рішень, розвитку інноваційного потенціалу та зміцненню конкурентних позицій підприємств логістичної галузі.

Список літератури

1. Tay, C. E., Ying, C. Y., Yeo, S. F., & Cheah, C. S. (2024). Revolutionizing recruitment: The rise of artificial intelligence in talent acquisition. *PaperASIA*, 40(6b), 191–199. <https://doi.org/10.59953/paperasia.v40i6b.270>
2. Saleem, A., Ullah Khan, Z., Gill, R., & Rehan, M. F. (2025). Globalization and Cross-Cultural Management in the 21st Century: A Critical Analysis. *Review Journal of Social Psychology & Social Works*, 3(3), 326–334. Retrieved from: <https://www.socialworksreview.com/index.php/Journal/article/view/321>
3. Бочарова Н. А., Яровий І. О. Інноваційні підходи до управління людськими ресурсами в умовах мультикультурного середовища / Н.А. Бочарова, І.О. Яровий // Економіка транспортного комплексу. – 2024. – № 44. – С. 132-149. <https://doi.org/10.30977/ETK.2225-2304.2024.44.132>
4. Mahmoud, R. S., Kamil, S. A., Mohammed, M., & Madhi, Z. J. (2024). Cross-cultural leadership approaches for managing diverse workforces globally. *Journal of Ecohumanism*, 3(5), 682–699. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i5.3931>
5. Eswaran, V. (2019, April 29). The business case for diversity in the workplace is now overwhelming. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/stories/2019/04/business-case-for-diversity-in-the-workplace/>
6. Kubitskyi, S., & Kubitskyi, Y. (2025). Personnel development management as a strategic tool for increasing the competitiveness of an organisation. *Management*, 41(1), 25–45. <https://doi.org/10.30857/2415-3206.2025.1.2>
7. Norman, H. (2022). Postal solidarity at work: Posts stand with Ukrposhta. *Union Postale* (Spring 2022), 13–19. *Universal Postal Union*. https://www.upu.int/UPU/media/upu/publications/Union%20Postale/2022/UP0122_EN-web.pdf
8. Colletta, J. (2024, October 1). How the HR Honor Roll winner delivered transformation at UPS. *HR Executive*. <https://hrexecutive.com/how-the-hr-honor-roll-winner-delivered-transformation-at-ups/>
9. Burleigh, E. (2024, October 30). The CHRO of DHL says a new plan to upskill 160,000 employees will be key to “internal fluidity”. *Fortune*. <https://fortune.com/2024/10/30/dhl-chro-upskilling-internal-mobility-retention/>
10. Шевчук В. Р. Плинність кадрів на підприємстві та шляхи її зменшення. / В.Р. Шевчук // Вісник студентського наукового товариства ДОНУ імені Василя Стуса. – 2025. – № 17. Т.1. – С. 146–149.
11. Shumway, E. (2023, October 19). UPS expands emergency day care after pilot program cuts turnover. *HR Dive*. <https://www.hrdive.com/news/ups-emergency-day-care-pilot-program-cut-turnover/697205/>

УДК 004.9:159.9:37

ІННОВАЦІЙНІ ІТ – ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПІДТРИМКИ МЕНТАЛЬНОГО ЗДОРОВ'Я УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Денисенко О.Г., викладач-методист

Волохань А.В., здобувач РВО ФМБ

КЗО «Покровський професійний коледж» Дніпропетровської обласної ради»

с. Олександрівка, Україна, <https://vpu-75.com.ua/>

Анотація. У статті розглянуто сучасні ІТ– інструменти для моніторингу ментального здоров'я учасників освітнього процесу, визначено їхній потенціал та напрями впровадження.

Ключові слова: ментальне здоров'я, цифрові технології, освітній процес, моніторинг, психологічна підтримка, добробут

Ментальне здоров'я є фундаментальною складовою загального благополуччя людини, особливо в умовах інтенсифікації навчальних та трудових навантажень. Сьогодні освітнє середовище стикається з безпрецедентними викликами: зростанням рівня стресу серед учнів і вчителів, синдромом емоційного вигорання педагогів, тривожними розладами, спричиненими невизначеністю соціально-економічної ситуації. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, кожна четверта людина протягом свого життя зазнає розладів психічного здоров'я, і значна частина цих проблем бере початок саме у шкільному та студентському віці [1, с. 12].

Стрімкий розвиток інформаційних технологій відкриває принципово нові можливості для раннього виявлення психоемоційних порушень і надання своєчасної підтримки. Мобільні застосунки, платформи для онлайн-консультування, системи адаптивного навчання та штучний інтелект дедалі частіше стають частиною психологічної інфраструктури закладів освіти. Проте наукове осмислення ефективності цих інструментів у вітчизняному контексті залишається недостатнім, що й зумовлює актуальність дослідження.

Метою статті є систематизація та аналіз інноваційних ІТ-інструментів, які застосовуються для моніторингу та підтримки ментального здоров'я учасників освітнього процесу, а також визначення перспектив їх упровадження в Україні.

Поняття «ментальне здоров'я» в освітньому середовищі охоплює декілька вимірів: емоційний (здатність розпізнавати та регулювати свої почуття), когнітивний (ефективне мислення та концентрація уваги), соціальний (побудова конструктивних стосунків) і поведінковий (адаптивні стратегії вирішення проблем). Ці виміри тісно взаємопов'язані й взаємообумовлені, тому моніторинг має враховувати їхню цілісність [2, с. 47].

Дослідники виокремлюють кілька ключових чинників, що впливають на психоемоційний стан учасників освітнього процесу. До внутрішніх належать: індивідуальні психологічні ресурси, особистісна стійкість, мотиваційна сфера. Зовнішні чинники включають якість педагогічної взаємодії, організацію навчального середовища, рівень психологічної безпеки в колективі. У контексті

цифровізації освіти до них додається ще один вимір – якість взаємодії людини з технологіями, або так звана «цифрова гігієна» [3, с. 89].

Концепція цифрового добробуту (digital well-being), що активно розробляється у зарубіжній науці, постулює необхідність свідомого використання технологій як інструменту, а не як самоцілі. У педагогічній психології це набуває особливого значення: ІТ-інструменти мають не замінювати живе спілкування між педагогом і учнем, а доповнювати його, розширюючи можливості виявлення та адресації психологічних потреб [4, с. 203]. Аналіз сучасного стану ринку EdTech та PsychTech дозволяє виокремити декілька груп інструментів, релевантних для освітнього середовища. Для зручності порівняння нижче наведено зведену характеристику найбільш відомих платформ та застосунків (таблиця 1).

Таблиця 1. Порівняльна характеристика ІТ-інструментів для підтримки ментального здоров'я

Назва інструменту / платформи	Тип інструменту	Цільова аудиторія	Ключові функції	Доступність
Panorama Education	Платформа моніторингу	Здобувачі освіти педагоги	Пульс-опитування, аналітика, звіти	Платна (США)
Wellbeing Tracker	Платформа добробуту	Здобувачі освіти, студенти	Модель PERMA, персон. рекомендації	Платна (Велика Британія)
Headspace for Education	Майндфулнес-застосунок	Педагоги, підлітки	Медитації, дихальні вправи, сон	Безкоштовна для шкіл
Calm for Schools	Застосунок саморегуляції	Здобувачі освіти педагоги	Дихання, казки, зниження тривоги	Безкоштовна для шкіл
CrisisGo	Система раннього виявлення	Здобувачі освіти, адміністрація	ШІ-аналіз, анонімні звернення	Платна (США)
TimelyCare	Телемедицина платформа	Здобувачі вищої освіти	Онлайн-консультації, чат-бот 24/7	Платна (університети)
Чат-бот «Ти не один»	Бот психол. першої допомоги	Підлітки, здобувачі освіти	Самодіагностика, кризова підтримка	Безкоштовна (Україна)

Платформи першої групи – моніторингові – орієнтовані на систематичне відстеження психоемоційного стану і формування аналітичних звітів для педагогічного персоналу та адміністрації. Їхньою ключовою перевагою є здатність фіксувати динаміку змін і своєчасно сигналізувати про погіршення стану учнів. Так, платформа Wellbeing Tracker використовує модель PERMA, запропоновану Мартіном Селігманом, та надає персоналізовані рекомендації на основі зібраних даних [1, с. 125].

Застосунки для саморегуляції та майндфулнес утворюють другу групу і безпосередньо залучають учасників освітнього процесу до практик усвідомленості. Дослідження, проведені у 2022 році, підтвердили, що регулярне використання Headspace for Education протягом восьми тижнів знижує рівень стресу у педагогів на 14% та покращує якість сну на 23% [2, с. 132]. Calm for Schools пропонує програми, адаптовані до дітей від 6 років, що робить інструмент придатним навіть для початкової школи [6, с. 78].

Системи раннього виявлення на основі штучного інтелекту формують третю – найбільш технологічно просунуту – групу. CrisisGo інтегрує кілька потоків даних: анонімні звернення учнів, аналіз активності у шкільних цифрових ресурсах і відомості від педагогів – та формує ризик-профілі для оперативного реагування психологічної служби [3, с. 156]. Вітчизняним аналогом із обмеженим функціоналом є чат-бот «Ти не один», розроблений за підтримки ЮНІСЕФ та адаптований до українського контексту [7, с. 64].

Міжнародний досвід свідчить, що найбільшої ефективності досягають заклади освіти, які впроваджують ІТ-інструменти для підтримки ментального здоров'я системно, а не як окремі ізольовані ініціативи. У Фінляндії цифрові інструменти психологічного моніторингу інтегровані в загальну систему управління якістю освіти і є частиною щорічної звітності шкіл перед муніципальними органами [5, с. 112].

У Сполучених Штатах особливої уваги заслуговує досвід штату Каліфорнія, де у 2021–2023 роках реалізовано пілотний проект із впровадження платформи соціально-емоційного навчання (SEL) у 120 школах. Заклади, що системно використовували цифровий моніторинг добробуту учнів, зафіксували зниження кількості дисциплінарних інцидентів на 31% та підвищення академічної успішності на 17% порівняно з контрольною групою [6, с. 145].

В Україні питання цифрового забезпечення психологічної підтримки набуло особливої гостроти в умовах воєнного стану. Адаптаційний стрес, травматизація, вимушене переміщення суттєво ускладнюють психологічний клімат у школах і потребують нових підходів до підтримки учнів та педагогів. Окремі заклади вже використовують онлайн-форми для анонімного зворотного зв'язку, чат-боти психологічної першої допомоги та відеоконсультації з психологами для переміщених учнів [7, с. 64].

Водночас масштабного системного впровадження ІТ-інструментів в Україні ще не відбулося, що пов'язано з нерівним доступом до цифрової

інфраструктури, браком підготовлених фахівців, відсутністю нормативно-правової бази для обробки психологічних даних учнів, а також певним культурним спротивом щодо «цифровізації» психологічної допомоги [1, с. 198].

Поряд із безсумнівними перевагами, цифрові інструменти психологічної підтримки несуть низку ризиків, які потребують ретельного осмислення. Першочерговим є питання конфіденційності даних: психологічна інформація про учнів є виключно чутливою, і її неналежний захист може призвести до стигматизації або маніпуляції [2, с. 89].

Другим важливим аспектом є ризик алгоритмічної упередженості. Системи штучного інтелекту, навчені на даних із певних культурних контекстів, можуть давати хибні результати під час застосування в інших умовах. Зокрема, модель виявлення ознак депресії, розроблена на основі американських даних, може не враховувати специфічні культурні способи вираження емоцій, характерні для українських учнів [3, с. 201].

Існує також ризик депрофесіоналізації психологічної підтримки: якщо технологічні інструменти сприймаються як повноцінна заміна живої психологічної допомоги, а не як допоміжний засіб, це може підірвати якість надання послуг. Баланс між технологічним і людським компонентами є ключовим принципом відповідального впровадження [4, с. 267].

З огляду на проаналізований міжнародний досвід і специфіку вітчизняного контексту, можна окреслити кілька пріоритетних напрямів упровадження ІТ-інструментів підтримки ментального здоров'я в українській освіті.

По-перше, доцільним є розроблення або адаптація вітчизняних платформ психологічного моніторингу з урахуванням культурної специфіки, чинного законодавства про захист персональних даних і реалій воєнного часу. Такі платформи мають бути доступними як у веб-версії, так і у вигляді мобільних застосунків [5, с. 178].

По-друге, необхідне системне навчання педагогів і шкільних психологів щодо грамотного використання цифрових інструментів – від технічних аспектів до етики роботи з даними. Дослідження показують, що ефективність ІТ-інструментів суттєво зростає, коли педагоги розуміють їхню логіку і можуть критично інтерпретувати отримані результати [6, с. 203].

По-третє, перспективним є використання вже наявних вітчизняних цифрових платформ – зокрема, Дія, НУШ-кабінет, Всеукраїнська школа онлайн – для інтеграції в них модулів психоемоційної підтримки. Це дозволить мінімізувати технічні бар'єри і скористатися вже наявною інфраструктурою довіри [7, с. 91].

Нарешті, критично важливим є залучення учнів і студентів як активних суб'єктів проєктування цих рішень. Партисипаторний підхід не лише підвищує прийнятність інструментів серед цільової аудиторії, але й забезпечує відповідність їхньої функціональності реальним потребам молоді [2, с. 167].

Проведений аналіз дозволяє сформулювати ключові висновки. Сучасні ІТ-інструменти для моніторингу та підтримки ментального здоров'я учасників освітнього процесу утворюють розгалужену екосистему, що включає платформи психологічного скринінгу, застосунки для саморегуляції та системи раннього виявлення на основі штучного інтелекту. Їх системне і науково обґрунтоване використання здатне суттєво поліпшити психологічний клімат у закладах освіти та знизити ризики емоційного вигорання.

Водночас ефективне впровадження таких інструментів неможливе без дотримання принципів конфіденційності, культурної адаптації, системної підготовки фахівців і збереження центральної ролі живої людської взаємодії. Для України особливо актуальним є розроблення власних рішень із урахуванням специфіки воєнного часу та вітчизняного нормативно-правового контексту. Перспективи подальших досліджень пов'язані з апробацією конкретних цифрових інструментів у закладах освіти та оцінкою їхньої ефективності.

Список літератури

1. Всесвітня організація охорони здоров'я. *Світова доповідь про психічне здоров'я: трансформація психічного здоров'я для всіх*. Женева: ВООЗ, 2022. 296 с.
2. Керн М. Л., Уотерс Л., Адлер А., Вайт М. А. Багатовимірний підхід до вимірювання добробуту студентів: застосування моделі PERMA. *Журнал позитивної психології*. 2015. Т. 10, № 3. С. 262–271.
3. Дурлак Дж. А., Вайссберг Р. П., Димнікі А. Б. та ін. Вплив розвитку соціально-емоційного навчання учнів: метааналіз шкільних втручань. *Розвиток дитини*. 2011. Т. 82, № 1. С. 405–432.
4. Он'їші К. Н., Океке Н. У., Гевер В. К. та ін. Ефективність технологічно опосередкованих втручань для підтримки психічного здоров'я підлітків: систематичний огляд. *Поведінка та інформаційні технології*. 2022. Т. 41, № 13. С. 1–24.
5. Panorama Education. *Стан психічного здоров'я учнів: національний дослідницький звіт 2022–2023*. Бостон: Panorama Education, 2023. 48 с. URL: <https://www.panoramaed.com/research>.
6. Мішкінд М. К., Норр А. М., Кац А. К., Регер Г. М. Огляд телементального здоров'я в контексті ПТСР: де ми знаходимося і куди рухаємося? *Когнітивна та поведінкова практика*. 2017. Т. 24, № 2. С. 129–140.
7. Національна служба здоров'я України. *Психічне здоров'я та психосоціальна підтримка в умовах збройного конфлікту: методичні рекомендації*. Київ: НСЗУ, 2023. 112 с.

УДК 664.843

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА МАРИНОВАНИХ ОГІРКІВ

Тимчук С. О, д.т.н., проф., Панов А. О.

Мелешко В. Д., бакалавр

Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, panovanton1994@gmail.com

Анотація. В даній статті наведено результати розробки алгоритму автоматизованої системи керування процесом виробництва маринованих огірків, де наведено ланцюг послідовного включення з попереднім запитом на датчики.

Ключові слова: Огірки, стерилізація, маринад, автоматизація, промисловий контролер, датчики, програмування, алгоритм керування

Цукор зберігають у спеціальних мішках. Перед застосуванням його розчиняють у воді та ретельно фільтрують. Сіль також зберігається в мішках, але в окремому приміщенні. Перед використанням сіль розчиняють у воді. Вода проходить фільтрацію та доводиться до потрібної температури [1, с. 3].

Огірки зберігаються в ящиках і перед обробкою ретельно промиваються. Лавровий лист зберігається в складському приміщенні до моменту його використання, як і оцет. Банки перед наповненням миють, стерилізують і готують до подальших етапів виробництва.

Для видалення залишків забруднень, пестицидів, мікроорганізмів та сторонніх часток огірки обробляють у мийних машинах чистою холодною водою. Далі їх калібрують за розміром на стрічковому інспекційному конвеєрі. Цукор та сіль для маринаду просіюються крізь спеціальні сита з магнітним уловлювачем для усунення домішок та дрібних металевих часток. Відповідно до рецептури просіяний цукор і сіль завантажуються в котел, після чого додають воду та кип'ятять суміш протягом 15 хвилин. Наприкінці додається оцет.

Промиту тару обробляють парою – після ошпарювання температура банок має бути не менше 80°C, при цьому різниця температур скляної тари і готової продукції не повинна перевищувати 30°C. Металеві кришки миють у спеціальній машині, потім вони надходять на етап закупорювання [2, с. 14].

Огірки та лавровий лист укладають у банки на фасувальному конвеєрі, залишаючи трохи вільного простору для заливки маринадом. До заповнених банок додається маринад, після чого їх герметично закривають використовуючи дозувально-закаточні машини.

У процесі стерилізації банки завантажуються в металеві сітчасті контейнери й опускаються в автоклав, де обробка триває автоматично за температури від 115 до 120°C протягом 15-20 хвилин. У цьому ж автоклаві відбувається охолодження банок.

Готовий продукт переміщують у спеціальне приміщення для витримки протягом 2 тижнів – цей етап необхідний для перевірки продукції на мікробіологічну чистоту. Після витримки проводиться контроль якості:

браковану продукцію списують, а якісну направляють на етикетування.

Етикетки наклеюються автоматично за допомогою спеціальних машин, після чого готовий продукт відправляється на склад для подальшого зберігання. У складському приміщенні забезпечується температура в межах від 0 до 20°C і вологість до 75%. Продукцію пакують у ящики пакувальною машиною і відправляють на реалізацію [3, с. 231].

Для розробки системи автоматизованого керування будь-якого процесу треба почати з розробки алгоритму керування процесу виробництва. У нашому випадку це алгоритм керування технологічним процесом виробництва маринованих огірків, представлено на рисунку 1 [4, с. 14].

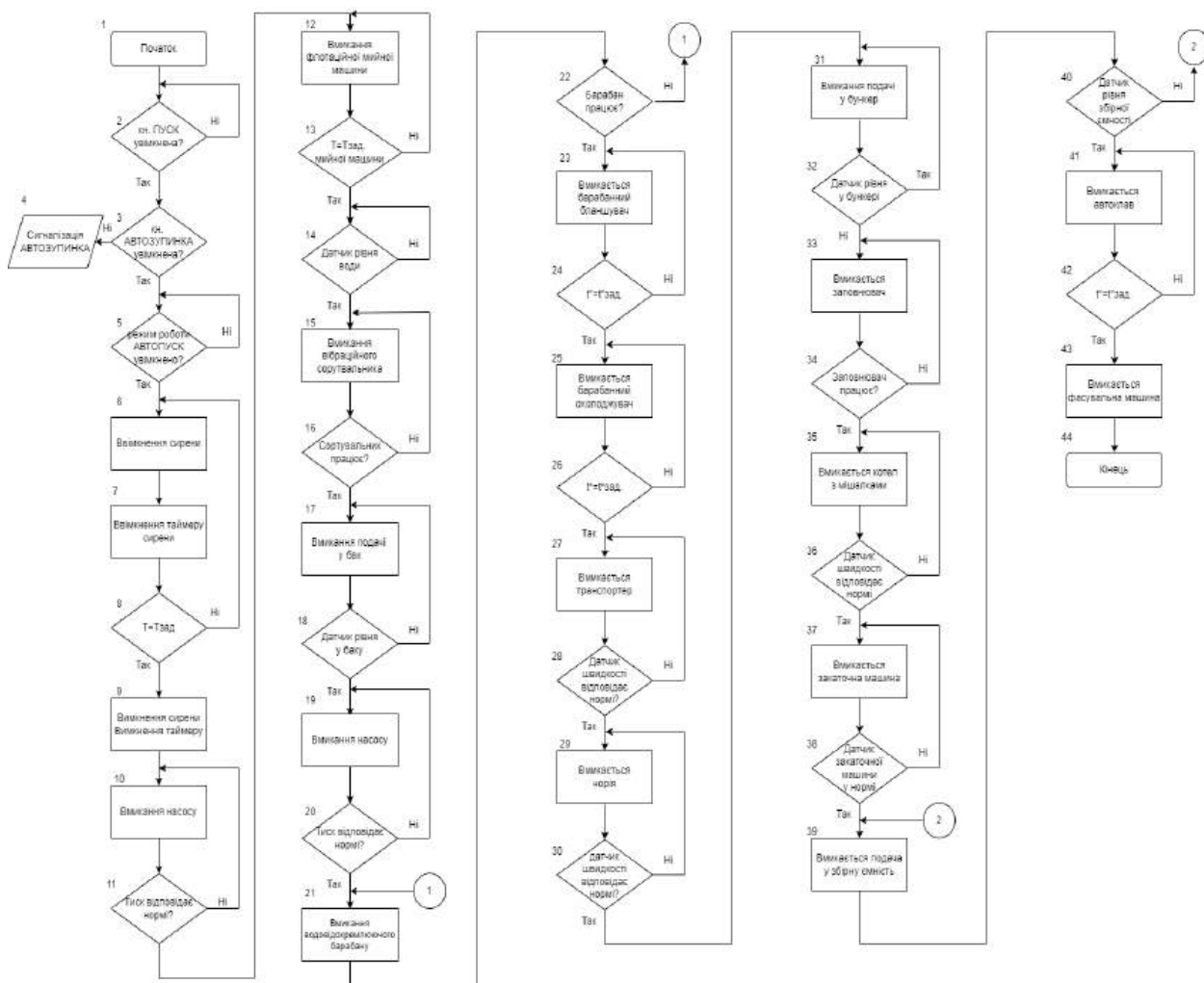


Рис.1. Блок-схема алгоритму керування процесом виробництва маринованих огірків

Блок-схема алгоритму представляє послідовність переходу з однієї ланки вмикання електроприводів або перевірки датчиків до наступної ланки. Тобто для запуску самої системи виробництва треба запустити кнопку ПУСК та перевірити чи не є сигналі АБТОЗУПИНКА, яка при наявності сигналу вмикає сигналізацію аварії. Також після того, якщо тумблер перемикача стоїть у режиму автопуск, то вмикається сирена оповіщення початку роботи з таймером на якийсь час (рис. 2.1) на блоці 6 і блоці 7. Після проходження заданого часу

вимикається сирена та вмикається електропривод насосу (блок 10). Після завантаження насосом тари і перевірки датчиком рівень тиску у насосі, вмикається привод флотаційної мийної машини (блок 12). Блок 13 подає сигнал на перевірку датчиком рівня води і запускає таймер на заданий час роботи мийної машини. Як тільки датчик рівня води відповідає заданим нормам і заданий час таймера пройшов, то вмикається вібраційний сортувальник (блок 15). Перевірка роботи приводу вібраційного сортувальника вмикається привод на подачу сировини в бак (блок 17). Блок 18 перевіряє рівень у баку і при відповідності нормі вмикається електропривод насосу. Так само сигнал на перевірку тиску у приводі насосу при відповідності до норми вмикає привод водовідокремлюючого барабану (блок 21). Блок 22 передає сигнал на перевірку роботи барабану і подає сигнал на вмикання барабанного бланшувача. Блок 24 подає сигнал на перевірку датчику температури на відповідність температури у бланшувачі, вмикає барабанний охолоджувач. Аналогічно наступним відбувається перевірка температури у охолоджувачі і при відповідності до заданих норм вмикається електропривод транспортера (блок 27). Блок 28 вмикає перевірку швидкості транспортера і при відповідності до норми вмикається привод норії. Аналогічно, блок 30 вмикає перевірку датчика швидкості але до норії і також, при відповідності до норми вмикається привод подачі сировини у бункер. Блок 32 подає сигнал на перевірку датчика рівня у бункері, і при його відповідному спрацюванні подає сигнал на блок 33 і вмикає заповнювач. Перевірка роботи привода заповнювача наступним сигналом вмикає привод котла змішувача (блок 35). Перевірка на швидкість роботи привода змішувача, передає сигнал на вмикання привода закаточної машини (блок 37). Після цього, вмикається перевірка на роботу привода закаточної машини і після цього вмикається подача у збірну ємність (блок 39). Блок 40 подає сигнал на датчик, який перевіряє кількість, що міститься в ємності і після цього вмикається автоклав, який представлений на блоку 41. А вже після перевірки температури у автоклаві вмикається фасувальна машина (блок 43).

Список літератури

1. Якимчук Т.В0, Розвиток і стан підприємств плодоовочеконсервної галузі України в контексті забезпечення продовольчої безпеки/ Т. В. Якимчук// Наукові праці НУХТ. – 2015. – Том 21, №2.-С. 70-77, с. 6.
2. Огляд виробництва плодоовочевих консервів в Україні [Текст] // Агроогляд: овочі та фрукти. – 2018. – №31. – С. 12-16.
3. Дейнеко Л. В. Розвиток харчової промисловості України в умовах ринкових перетворень (проблеми теорії та практики) / Л.В. Дейнеко. – К.: Знання, 2006. – 331с.
4. Мікропроцесорні керуючі пристрої: методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Мікропроцесорні керуючі пристрої» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти заочної форм навчання за освітньо-професійною програмою зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»; уклад. К. В. Демченко. Х.: ДБТУ, 2023. 18 с.

УДК 004.4:005.8

РОЗРОБКА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ТА ТРЕКІНГУ ЗАДАЧ ДЛЯ ІТ-КОМАНД

Демченко К.В., к.т.н., доц.
Корнійчук А.А., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkov.ua

Анотація. У статті досліджується процес проектування та реалізації інтерактивних систем управління проєктами для сучасних ІТ-команд. Розглянуто архітектурні особливості Blazor Server та механізми взаємодії з MySQL. Проаналізовано переваги SPA-моделі для забезпечення продуктивності в реальному часі за допомогою протоколу SignalR. Визначено роль автоматизації трекінгу задач у мінімізації ризиків порушення термінів розробки програмного забезпечення.

Ключові слова: Blazor Server, MySQL, трекінг задач, ІТ-проєкти, SignalR, управління проєктами, .NET, SPA-архітектура

Сучасна індустрія розробки програмного забезпечення характеризується високим ступенем динамічності, ітеративністю процесів та частою зміною пріоритетів. У таких умовах ефективний розподіл ресурсів та суворий контроль за виконанням кожної окремої задачі стають вирішальними факторами успіху комерційного продукту. Проблема "інформаційного шуму", втрати контексту при переході між завданнями та затримки в оновленні статусів проєктів вимагає впровадження спеціалізованих систем трекінгу. Автоматизація управління проєктами дозволяє не лише структурувати робочий процес, а й надає менеджменту інструменти для предиктивного аналізу ризиків порушення дедлайнів.

Для реалізації системи обрано стек технологій на базі платформи.NET, зокрема фреймворк Blazor Server. Головною перевагою даного вибору є можливість використання мови C# для написання як високонавантаженої серверної логіки, так і інтерактивного інтерфейсу користувача. Це вирішує проблему синхронізації моделей даних між фронтендом та бекендом, яка є критичною для систем, написаних на JavaScript-фреймворках (React, Angular) [1].

Blazor Server реалізує модель Single Page Application, де логіка інтерфейсу виконується на сервері, а оновлення сторінки в браузері клієнта відбувається через постійне бінарне з'єднання SignalR [2]. Це дозволяє системі миттєво реагувати на дії користувача: зміна статусу задачі одним розробником автоматично і без перезавантаження сторінки відображається у всіх учасників проєкту. Для зберігання даних обрано СУБД MySQL, що зумовлено її високою швидкістю обробки реляційних зв'язків та можливістю легкого масштабування при зростанні обсягів інформації про проєкти [3].

Архітектурно система побудована на принципах компонентно-орієнтованого проєктування. Кожен елемент інтерфейсу (канбан-дошка, форма редагування задачі, діаграма Ганта) є автономним Razor-компонентом (рис. 1).

Взаємодія з базою даних MySQL здійснюється через об'єктно-реляційне відображення Entity Framework Core. Використання EF Core дозволяє будувати складні LINQ-запити для генерації аналітичних звітів без прямого написання SQL-коду, що підвищує безпеку системи та захищає її від SQL-ін'єкцій.

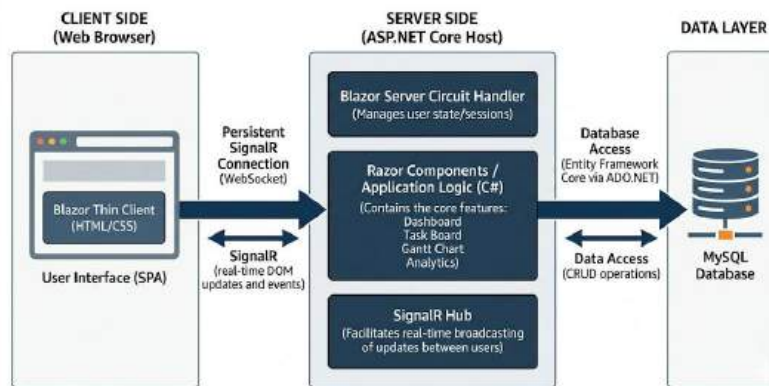


Рис. 1. Архітектура проєкту трекінг системи

Одним з ключових аспектів реалізації є механізм "State Container", який зберігає стан поточної сторінки в пам'яті сервера під час сесії користувача. Це забезпечує плавний перехід між модулями системи та миттєве завантаження даних. При розробці логіки трекінгу було впроваджено систему оповіщень через SignalR-хаби: коли задача переходить у стан "Критична", всі відповідальні особи отримують пуш-повідомлення в інтерфейсі системи, що мінімізує час реакції на інциденти розробки.

Оскільки системи управління проєктами передбачають роботу з великою кількістю дрібних оновлень (logs), було оптимізовано структуру таблиць у MySQL. Використання індексів для полів `project_id` та `assigned_user_id` дозволило скоротити час вибірки активних задач на 40%. Крім того, застосування асинхронних запитів у Blazor Server запобігає блокуванню потоків обробки, забезпечуючи стабільну роботу системи навіть при одночасному підключенні десятків користувачів.

Висновки. Розробка систем трекінгу задач на базі Blazor Server та MySQL є технічно ефективним та економічно вигідним рішенням для IT-команд. Завдяки використанню SPA-архітектури та технології SignalR, вдалося створити інструмент, що забезпечує взаємодію в реальному часі. Використання єдиного стеку.NET спрощує підтримку коду та дозволяє швидко масштабувати функціонал системи відповідно до потреб бізнесу. Впровадження такої системи в робочий цикл команди дозволяє суттєво підвищити прозорість розробки та ефективність використання людських ресурсів.

Список літератури

- 1.NET документація: вебсайт. URL: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/dotnet/>.
- 2 Price M. J. C# 9 and .NET 5 – Modern Cross-Platform Development / Mark Price. – Birmingham, 2020. – 882 с.
- 3 MySQL Reference Manual. Database Administration and SQL Syntax. – 2026. – URL: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/>.

УДК 004.75:004.415.2

РОЗРОБКА МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ДЛЯ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ПЛАТФОРМ ОНЛАЙН-БІЗНЕСУ

Чернецький А.С.

Півень К.А., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkov.ua

Анотація. У статті розглядаються підходи до проектування мікросервісної архітектури для сучасних систем електронної комерції та онлайн-бізнесу з використанням екосистеми.NET. Проаналізовано переваги децентралізації модулів системи для забезпечення горизонтального масштабування та відмовостійкості під високим навантаженням. Описано механізми контейнеризації, оркестрації та асинхронної взаємодії сервісів через брокери повідомлень. Визначено роль API Gateway та розподіленого кешування у підвищенні продуктивності платформ.

Ключові слова: мікросервіси,.NET 8/9, Docker, високонавантажені системи, онлайн-бізнес, API Gateway, горизонтальне масштабування

Стрімкий розвиток цифрової економіки призвів до значного зростання вимог до продуктивності та доступності онлайн-платформ. Традиційні монолітні архітектури при роботі у високонавантаженому середовищі (High-load) стикаються з проблемами обмеженого масштабування, складності оновлення окремих модулів та високої ціни відмови всієї системи. Перехід до мікросервісної моделі дозволяє розділити бізнес-логіку на незалежні одиниці, що забезпечує гнучкість розробки та стабільність платформи під час пікових навантажень.

Екосистема.NET є одним із найбільш ефективних інструментів для побудови розподілених систем. Висока продуктивність Kestrel (вбудованого веб-сервера), нативна підтримка контейнеризації та розвинена бібліотека інструментів для реалізації паттернів мікросервісів роблять її ідеальною для онлайн-бізнесу [1].

Для забезпечення стабільної роботи платформи в умовах High-load пропонується використовувати:

- ASP.NET Core Web API для реалізації логіки окремих сервісів;
- gRPC для високопродуктивної внутрішньої взаємодії між сервісами;
- Docker та Kubernetes для контейнеризації та оркестрації;
- Redis як розподілений кеш для зменшення навантаження на бази даних.

Запропонована архітектура базується на принципі децентралізації даних та функцій. На вході системи розташовується API Gateway (наприклад, на базі YARP – Yet Another Reverse Proxy), який виконує роль єдиної точки входу, забезпечує балансування навантаження, автентифікацію та маршрутизацію запитів до відповідних мікросервісів [2].

Кожен мікросервіс (каталог товарів, система замовлень, модуль оплати) має власну базу даних, що реалізує паттерн "Database per Service". Це запобігає

виникненню "вузьких місць" на рівні сховища даних та дозволяє використовувати різні типи СУБД (SQL для транзакцій та NoSQL для логів). Для синхронізації станів між сервісами використовується подійна архітектура (Event-driven architecture) через брокери повідомлень (RabbitMQ або Apache Kafka). Це дозволяє реалізувати асинхронну обробку замовлень, що є критично важливим для уникнення затримок у користувацькому інтерфейсі при великому потоці запитів (рис. 1).

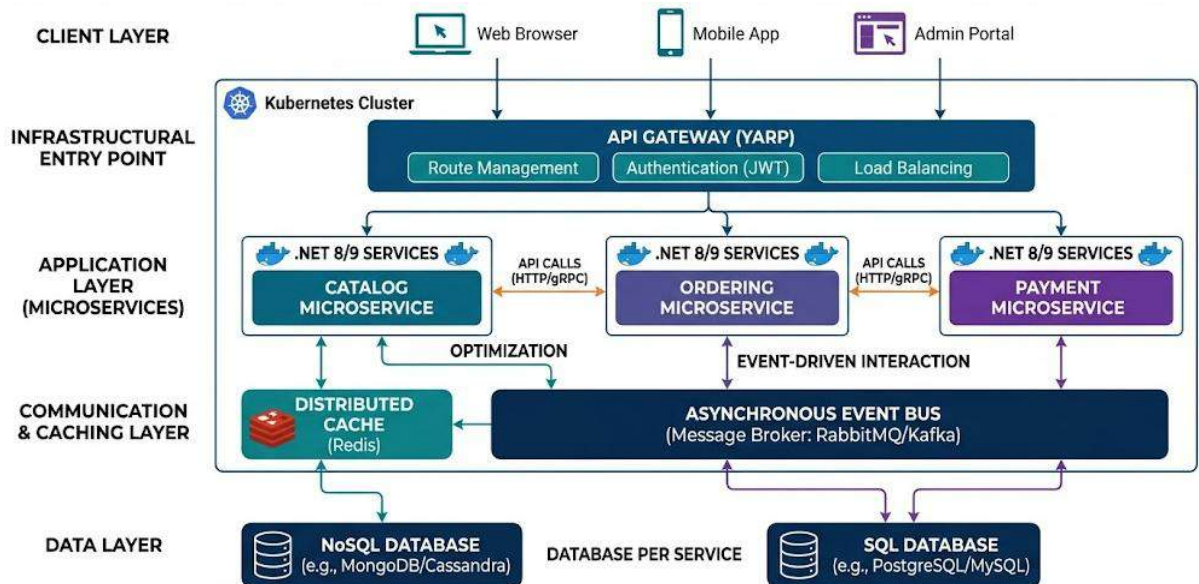


Рис. 1. Архітектура мікросервісів для високонавантажених платформ онлайн-бізнесу

Важливим аспектом розробки є впровадження паттерна Circuit Breaker за допомогою бібліотеки Polly [4]. Це дозволяє системі ізолювати несправний мікросервіс, не зупиняючи роботу всієї платформи. Завдяки контейнеризації в екосистемі.NET, система може автоматично масштабувати кількість екземплярів найбільш завантажених сервісів (наприклад, пошуку товарів під час розпродажів) без втручання адміністраторів.

Висновки. Розробка мікросервісної архітектури на базі.NET забезпечує необхідний рівень гнучкості та продуктивності для платформ онлайн-бізнесу. Використання сучасних інструментів оркестрації та асинхронного обміну даними дозволяє системі ефективно витримувати високі навантаження, забезпечуючи при цьому безперервність бізнес-процесів та можливість швидкого впровадження нових функцій.

Список літератури

- 1.NET документація: вебсайт. URL: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/dotnet/>.
- 2 Microsoft Documentation. Architect modern web applications with ASP.NET Core and Azure. – 2026. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/>.
- 3 Polly Project. Fault-handling and resilience library for.NET. – 2024. – URL: <https://www.thepollyproject.org/>.

УДК 697.94:628.8:004.896

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ФОРМУВАННЯ КОНДЕНСАЦІЙНОЇ ВОЛОГИ

Бовчалюк Н. І., асистент
Салімов В. Б., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, natabov@btu.kharkov.ua

Анотація. Розглянуто принципи побудови систем формування конденсаційної вологи, проаналізовано їх структурні елементи та особливості функціонування. Описано фізичні основи процесу конденсації, а також наведено огляд сучасних технічних рішень у галузі осушення повітря. Обґрунтовано необхідність автоматизації процесів контролю вологості та визначено ключові вимоги до таких систем.

Ключові слова: конденсаційна волога, осушення повітря, мікроклімат, системи автоматизації, контроль вологості, енергоефективність, конденсаційні осушувачі, датчики вологості, автоматичне керування, вентиляційні системи

Проблема контролю вологості повітря є актуальною як для промислових, так і для побутових приміщень [1, 2]. Надмірна вологість призводить до погіршення якості продукції, розвитку корозійних процесів, появи плісняви та погіршення санітарно-гігієнічних умов. У сучасних герметичних будівлях проблема підтримання оптимального мікроклімату стає ще більш гострою. Одним із найбільш ефективних способів регулювання вологості є використання систем формування конденсаційної вологи, що працюють за принципом охолодження повітря до температури точки роси з подальшим виділенням конденсату. Такі системи широко застосовуються у промисловості, складських приміщеннях, сільському господарстві та житлових будівлях.

Метою дослідження є аналіз принципів побудови систем формування конденсаційної вологи та обґрунтування доцільності застосування автоматизованих систем контролю параметрів мікроклімату для підвищення ефективності їх функціонування.

Система формування конденсаційної вологи являє собою складний технічний комплекс, що включає декілька взаємопов'язаних підсистем. Основними її елементами є охолоджувальний блок, конденсатор, система збору конденсату, фільтраційні елементи та підсистема керування. Принцип її роботи базується на використанні холодильного циклу: повітря проходить через охолоджувальну поверхню, де температура знижується до рівня точки роси, внаслідок чого водяна пара переходить у рідкий стан. Утворений конденсат відводиться у спеціальний резервуар або дренажну систему, а осушене повітря після нагріву повертається у приміщення.

Сучасні системи оснащуються автоматизованими підсистемами керування, що включають датчики температури, вологості і тиску, а також контролери, що реалізують алгоритми регулювання [3]. Застосування зворотного зв'язку дозволяє забезпечити стабільність параметрів мікроклімату

та підвищити енергоефективність системи. Наприклад, у сучасних дослідженнях використовуються системи з ПД-регулюванням, що забезпечують точний контроль вологості у замкнених середовищах. Важливим аспектом є вплив зовнішніх факторів, зокрема температури та відносної вологості повітря, на ефективність процесу конденсації. Зміна цих параметрів може суттєво впливати на продуктивність системи та її енергоспоживання. Крім того, точність вимірювання вологості є критичною для забезпечення стабільної роботи, що підтверджується дослідженнями у сфері сенсорних систем моніторингу.

Особливе значення при проектуванні систем розглядаємого класу має їх енергоефективність, оскільки саме вона визначає економічну доцільність експлуатації таких установок. Основні витрати енергії пов'язані з роботою компресора, вентиляторів та допоміжних елементів, тому ефективність системи оцінюється за співвідношенням між кількістю видаленої вологи та спожитою електроенергією. Підвищення цього показника досягається за рахунок удосконалення теплообмінних процесів, використання матеріалів з високою теплопровідністю та оптимізації режимів роботи, що дозволяє уникнути надлишкових енергетичних витрат. Важливу роль у підвищенні енергоефективності відіграє автоматизація процесу керування. Застосування датчиків температури та вологості у поєднанні з алгоритмами регулювання дозволяє адаптувати роботу системи до поточних умов і забезпечувати її функціонування лише за необхідності. Додатково ефективність може бути підвищена за рахунок використання рекуперації тепла та інверторного керування, що зменшує втрати енергії та забезпечує більш стабільну роботу обладнання.

Дослідження показало, що системи формування конденсаційної вологи є ефективним засобом контролю мікроклімату в різних сферах застосування, а впровадження автоматизованих систем керування дозволяє суттєво підвищити ефективність функціонування таких систем, забезпечити стабільність параметрів середовища та знизити енергоспоживання. Використання сучасних датчиків і алгоритмів регулювання створює передумови для побудови інтелектуальних систем контролю вологості. Подальший розвиток даного напрямку пов'язаний із підвищенням точності вимірювань, удосконаленням алгоритмів керування та впровадженням енергоефективних технологій.

Список літератури

1. Harriman L., Plager D., Kosar D. Dehumidification and Cooling Loads from Ventilation Air. ASHRAE Journal.
2. Veldscholte L., de Beer S. OpenHumidistat: Humidity-controlled experiments for everyone. arXiv, 2021.
3. Huerta R. et al. Online Decorrelation of Humidity and Temperature in Chemical Sensors. arXiv, 2016.

УДК 621.65:004.896

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ РІВНЯ ВОДИ

Бовчалюк Н. І., асистент
Яровенко П. А., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, natabov@btu.kharkov.ua

Анотація. Розглянуто питання розробки автоматизованої системи підтримання рівня води у накопичувальній ємності для умов приватного господарства. Проведено аналіз сучасних підходів до автоматизації насосних установок, включаючи прості автономні системи, рішення на базі реле рівня та системи з використанням програмованих логічних контролерів. Особливу увагу приділено інтеграції системи водопостачання з сонячною електростанцією та врахуванню добових тарифів на електроенергію. Запропоновано підхід до побудови інтелектуальної системи керування, що забезпечує оптимізацію енергоспоживання та підвищення надійності роботи. Отримані результати можуть бути використані при проєктуванні систем автоматизації водопостачання у фермерських господарствах.

Ключові слова: система водопостачання, автоматизація насосної станції, підтримання рівня води, програмований логічний контролер, енергоефективність, сонячна електростанція, інтелектуальне керування, оптимізація енергоспоживання

Системи водопостачання є важливою складовою інженерної інфраструктури як у промисловості, так і в сільському господарстві. Надійне забезпечення водою безпосередньо впливає на ефективність виробничих процесів, якість продукції та комфорт проживання. У сучасних умовах особливої актуальності набуває питання автоматизації систем водопостачання, що дозволяє підвищити їхню надійність, зменшити витрати ресурсів і забезпечити адаптацію до змінних умов експлуатації [1].

Аналіз сучасних досліджень показує, що автоматизація насосних станцій є одним із ключових напрямів підвищення ефективності водопостачання. Зокрема, застосування алгоритмів керування насосами дозволяє забезпечити необхідні гідравлічні параметри мережі та мінімізувати енергетичні витрати. У свою чергу, використання ПЛК забезпечує гнучкість налаштування та можливість реалізації складних алгоритмів керування [2, 3]. Разом з тим, більшість існуючих рішень орієнтовані на великі промислові або комунальні системи і не враховують специфіку невеликих приватних господарств, де важливими є простота, низька вартість та можливість експлуатації некваліфікованим персоналом.

Метою роботи є розробка простої, надійної та енергоефективної автоматизованої системи підтримання рівня води у накопичувальній ємності, що забезпечує:

- стабільне водопостачання об'єкта;
- автоматичне керування роботою насосної установки;
- оптимізацію споживання електроенергії з урахуванням добових тарифів;
- ефективне використання енергії від сонячної електростанції;

– мінімізацію втручання оператора та підвищення зручності експлуатації.

Основними підходами до автоматизації систем водопостачання є наступні: системи з поплавковими або електродними датчиками, що забезпечують базовий рівень автоматизації, проте мають обмежену функціональність і більш складні системи, що використовують електронні реле рівня або програмовані контролери, які дозволяють реалізувати гнучкі алгоритми керування. Саме застосування ПЛК у системах водопостачання є найбільш перспективним напрямом, оскільки вони забезпечують можливість реалізації алгоритмів керування на основі даних від датчиків, а також інтеграцію з системами моніторингу та диспетчеризації. Крім того, сучасні дослідження демонструють ефективність використання частотного регулювання та автоматизованого керування для зниження енергоспоживання та підвищення ресурсу обладнання.

Особливістю досліджуваної системи є її орієнтація на реальні умови експлуатації приватного господарства. Система включає свердловину, глибинний насос, накопичувальну ємність та трубопровідну мережу. Важливими обмеженнями є обмежений дебіт свердловини, необхідність циклічної роботи насоса та використання самотпливної подачі води. Ключовою особливістю запропонованого підходу є інтеграція системи з домашньою сонячною електростанцією та врахування тарифної політики щодо ціни на електроенергію. Це дозволяє реалізувати інтелектуальний алгоритм керування, за якого насос працює переважно у періоди мінімальної вартості електроенергії або при наявності власної генерації.

За результатами дослідження підтверджено доцільність розробки автоматизованої системи підтримання рівня води для умов приватного господарства. Встановлено, що впровадження автоматизації дозволяє забезпечити стабільну роботу системи водопостачання, зменшити втрати води та підвищити надійність експлуатації обладнання. Показано, що використання сучасних засобів автоматизації, зокрема ПЛК, дозволяє реалізувати гнучкі алгоритми керування, адаптовані до змінних умов роботи системи – це забезпечує підвищення енергоефективності та зменшення експлуатаційних витрат. Особливу ефективність продемонстровано при інтеграції системи з відновлюваними джерелами енергії: використання сонячної електростанції у поєднанні з автоматизованим керуванням дозволяє значно знизити витрати електроенергії та підвищити енергетичну автономність господарства.

Список літератури

1. Studziński J., Ziółkowski A. Control of Pumps of Water Supply Network under Hydraulic and Energy Optimisation Using Artificial Intelligence.
2. Sudirman et al. Simulation of Water Supply Pump System with PLC Based Control.
3. Hou W. Research on the Design of Constant Pressure Water Supply System Based on PLC.

УДК 681.5

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ РІВНЯ РІДИНИ З УЛЬТРАЗВУКОВИМ ДАТЧИКОМ

Бовчалюк С. Я., к.т.н., доц.
Болотний Д. Ю., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, bovchaliuk@ukr.net

Анотація. Розглянуто проблему забезпечення стабільного рівня рідини у буферних ємностях систем водопостачання, що є актуальною для фермерських господарств та автономних інженерних систем. Проведено аналіз існуючих методів контролю рівня рідини, зокрема поплавкових, електродних, ємнісних та ультразвукових датчиків. Визначено їх основні переваги та недоліки з урахуванням умов експлуатації. Обґрунтовано доцільність використання ультразвукових датчиків як безконтактного засобу вимірювання рівня рідини. Запропоновано підхід до побудови автоматизованої системи підтримки рівня рідини з використанням програмованого логічного контролера, що дозволяє підвищити надійність, ефективність та енергоощадність систем водопостачання.

Ключові слова: система автоматичного регулювання, рівень рідини, ультразвуковий датчик, буферна ємність, програмований логічний контролер, автоматизація водопостачання

У сучасних умовах розвитку сільського господарства та автономних інженерних систем особливого значення набуває забезпечення стабільного водопостачання. Вода використовується для широкого спектра технологічних і побутових потреб, зокрема для напування тварин, зрошення, приготування кормів та санітарно-гігієнічних процесів. У зв'язку з нерівномірністю споживання та обмеженою продуктивністю джерел водопостачання широкого застосування набувають буферні ємності, що виконують функцію накопичувачів води. Ефективність роботи таких систем значною мірою залежить від можливості підтримання необхідного рівня рідини у резервуарі. Відхилення рівня від допустимих значень може призводити до переповнення або повного спорожнення ємності, що негативно впливає на надійність функціонування усієї системи. У зв'язку з цим актуальним є впровадження автоматизованих систем контролю та регулювання рівня [1].

Метою роботи є розробка підходу до створення автоматизованої системи підтримки рівня рідини у буферній ємності на основі використання ультразвукового датчика та ПЛК для підвищення ефективності та надійності систем водопостачання.

Аналіз існуючих методів контролю рівня рідини, що застосовуються у сучасних системах водопостачання показав, що найпростішими з технічної точки зору є поплавкові датчики, що працюють за принципом механічного переміщення поплавка залежно від рівня рідини. Такі датчики відзначаються простотою конструкції та низькою вартістю, однак мають обмежену точність і схильні до зношування через наявність рухомих елементів. У той же час електродні датчики рівня функціонують на основі електропровідності рідини і дозволяють контролювати декілька рівнів, проте їх використання обмежується

характеристиками середовища, а також можливістю корозії електродів у процесі експлуатації. Ємнісні датчики забезпечують значно більш високу точність вимірювання та можуть працювати з різними типами рідин, водночас вони є чутливими до відкладень на поверхні сенсорів і потребують ретельного налаштування.

Таким чином, на думку авторів, найбільш перспективними для автоматизованих систем є ультразвукові датчики, принцип роботи яких базується на вимірюванні часу проходження ультразвукового сигналу до поверхні рідини та назад [2, 3]. Відсутність прямого контакту з рідиною забезпечує високу надійність, довговічність та стійкість до впливу агресивних середовищ. Сигнал від датчика подається на вхід ПЛК, який виконує обробку даних і формує керуючі сигнали для насосного обладнання. Алгоритм роботи системи передбачає автоматичне вмикання насоса при досягненні мінімального рівня та його вимикання при досягненні максимального рівня, що дозволяє забезпечити стабільну роботу системи водопостачання без участі оператора. Пропонований підхід дозволяє не лише підвищити надійність системи, але й оптимізувати використання енергетичних ресурсів за рахунок зменшення кількості вмикань насосного обладнання. Крім того, система може бути розширена шляхом інтеграції засобів дистанційного моніторингу, що забезпечує додатковий контроль і підвищує зручність експлуатації.

За результатами дослідження зроблено аналіз основних типів датчиків для контролю рівня рідини у ємностях систем водопостачання та визначено їх ключові переваги і недоліки. Обґрунтовано доцільність використання ультразвукових датчиків як ефективного безконтактного засобу вимірювання рівня рідини, що забезпечує високу точність, довговічність та мінімальні вимоги до обслуговування. Запропоновано підхід до побудови автоматизованої системи підтримки рівня рідини на базі програмованого логічного контролера, який дозволяє реалізувати ефективне керування насосним обладнанням. Отримані результати можуть бути використані при розробці сучасних систем автоматизації водопостачання у фермерських господарствах та автономних інженерних об'єктах.

Список літератури

1. Illes C., Popa G. N., Filip I. Water level control system using PLC and wireless sensors // Politehnica University of Timisoara, 2014.
2. Masoudimoghaddam M., Yazdi J., Shahsavandi M. A low-cost ultrasonic sensor for online monitoring of water levels in rivers and channels // Flow Measurement and Instrumentation, 2025.
3. R. N. Kareem, A. J. Hadi. Design and Implementation of an Ultrasonic Sensor Based Liquid Level Control System // IEEE, 2018. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8466803>

УДК 681.5:004.4:697.9

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

Бовчалюк С. Я., к.т.н., доц.
Улько В. К., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, bovchaliuk@ukr.net

Анотація. Розглянуто питання розробки програмного комплексу для керування вентиляційною системою з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності та якості повітряного середовища. Проаналізовано основні параметри мікроклімату приміщень, зокрема концентрацію CO₂, вологість і температуру, а також причини їх відхилення від нормативних значень. Обґрунтовано доцільність застосування автоматизованого підходу до керування вентиляцією на основі даних сенсорів. Запропоновано архітектуру програмного застосунку, що забезпечує дистанційне керування, автоматичний режим клімат-контролю та моніторинг стану системи.

Ключові слова: вентиляційна система, мікроклімат, автоматичне керування, програмний комплекс, клімат-контроль, IoT

Сучасні умови вимагають постійного підвищення вимог до комфорту та безпеки перебування людей у приміщеннях. При цьому значну увагу приділяють якості повітряного середовища: зростання рівня урбанізації та поширення герметичних будівель призводить до погіршення природного повітрообміну, що обумовлює необхідність використання ефективних систем вентиляції. Традиційні системи вентиляції, що працюють за фіксованим графіком або керуються вручну, не здатні враховувати реальні умови у приміщенні – це призводить до надлишкового енергоспоживання або недостатньої ефективності очищення повітря. У зв'язку з цим актуальним є впровадження програмних комплексів керування вентиляційними системами, що дозволяють адаптувати їх роботу до поточних параметрів мікроклімату.

Метою роботи є розробка програмного комплексу керування вентиляційною системою, що забезпечує автоматичний контроль параметрів повітряного середовища та підвищення енергоефективності роботи обладнання.

Якість повітря у приміщенні визначається низкою параметрів, серед яких найбільш важливими є концентрація вуглекислого газу, рівень вологості та температура. Підвищення концентрації CO₂ понад 1000 ppm свідчить про недостатній повітрообмін і може негативно впливати на самопочуття людини, викликаючи втому та зниження концентрації уваги. Аналогічно, відхилення рівня вологості від діапазону 40-60% створює дискомфорт і може призводити до розвитку шкідливих мікроорганізмів. Сучасні дослідження показали, що використання датчиків якості повітря у поєднанні з автоматизованими системами керування дозволяє значно підвищити ефективність вентиляції та знизити енергоспоживання [1]. Зокрема, системи, що працюють на основі показників CO₂, можуть адаптивно змінювати інтенсивність повітрообміну

залежно від кількості людей у приміщенні. В [2] показано, що впровадження інтелектуальних систем керування вентиляцією дозволяє зменшити споживання енергії на 20-30% у порівнянні з традиційними системами. Крім того, інтеграція таких систем із технологіями Інтернету речей (IoT) забезпечує можливість дистанційного керування та моніторингу параметрів мікроклімату. У [3] зазначається, що використання інтелектуальних систем вентиляції з можливістю адаптивного керування дозволяє не лише підвищити комфорт, але й покращити загальний стан здоров'я користувачів за рахунок підтримання стабільної якості повітря.

Пропонований програмний комплекс передбачає інтеграцію з мережею датчиків, що здійснюють постійний моніторинг параметрів мікроклімату. Дані з них надходять до обчислювального модуля, де обробляються та порівнюються з нормативними значеннями. На основі цього формується керуючий сигнал для вентиляційного обладнання. Алгоритм роботи системи може бути описаний наступним чином: при перевищенні концентрації CO₂ встановленого порогового значення система автоматично збільшує інтенсивність вентиляції; при нормалізації параметрів робота вентиляції переходить у економний режим. Подібний підхід дозволяє забезпечити баланс між якістю повітря та енергоефективністю. Програмний застосунок, що розробляється, реалізує функції авторизації користувача, дистанційного керування вентиляційною системою, автоматичного режиму клімат-контролю та ведення журналу подій. Інтерфейс користувача забезпечує зручний доступ до основних функцій та дозволяє оперативно реагувати на зміну параметрів повітря.

Висновки. Обґрунтовано необхідність використання автоматизованих систем керування вентиляцією для забезпечення належної якості повітря у приміщеннях. Встановлено, що традиційні методи керування не забезпечують достатньої ефективності та призводять до нераціонального використання енергоресурсів. Запропоновано підхід до розробки програмного комплексу, що дозволяє підвищити енергоефективність системи, забезпечити стабільний мікроклімат та зменшити вплив людського фактора. Отримані результати можуть бути використані при створенні сучасних систем автоматизації будівель та впровадженні технологій «розумного дому».

Список літератури

1. Seppänen O., Fisk W. J., Mendell M. J. Association of ventilation rates and CO₂ concentrations with health and productivity // *Indoor Air*. 1999. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0668.1999.00003.x>
2. Dounis A. I., Caraiscos C. Advanced control systems engineering for energy and comfort management in buildings // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2009. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032108000774>
3. Shaikh P. H. et al. A review on optimized control systems for building energy and comfort management // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114000533>

УДК 378.147:004:51

ІНТЕРАКТИВНІ ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ: ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОСТОРОВИХ ОБ'ЄКТІВ ТА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ПРАКТИЧНОГО СПРЯМУВАННЯ

Солдатенко С.С., викл. вищ. кат., ст. викл.,
голова циклової комісії математичних дисциплін
Левтеров М.О., здобувач РВО фаховий молодший бакалавр
Харківський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну
м. Харків, Україна, star.pont.666@gmail.com

Анотація. У статті досліджено можливості використання інтерактивних цифрових інструментів у навчанні математики в закладах фахової передвищої освіти. Розглянуто роль візуалізації у формуванні просторового мислення здобувачів освіти та ефективність застосування програм для моделювання просторових об'єктів. Проаналізовано використання онлайн-дошок та динамічних математичних середовищ у процесі розв'язування задач практичного спрямування. Обґрунтовано доцільність інтеграції сучасних інформаційних технологій у навчальний процес.

Ключові слова: інтерактивні технології, навчання математики, візуалізація, просторові фігури, онлайн-дошка, практичні задачі, цифрові інструменти

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активним впровадженням інформаційно-комунікаційних технологій у навчальний процес. Особливо актуальним це є для математичних дисциплін, де абстрактність понять часто ускладнює їх засвоєння здобувачами освіти. Використання інтерактивних цифрових інструментів дозволяє підвищити рівень наочності, активізувати пізнавальну діяльність та сформувати практичні навички застосування математичних знань.

У закладах фахової передвищої освіти важливим є поєднання теоретичної підготовки з практичною спрямованістю навчання. Саме тому виникає потреба у використанні засобів, які забезпечують моделювання реальних процесів і явищ. Інтерактивні технології сприяють активній взаємодії між викладачем і студентами, що позитивно впливає на якість засвоєння матеріалу [1]. Метою статті є аналіз можливостей використання інтерактивних цифрових інструментів для візуалізації просторових об'єктів та розв'язування задач практичного спрямування у навчанні математики. Інтерактивні технології навчання розглядаються як сукупність методів і засобів організації освітнього процесу, які забезпечують активну взаємодію його учасників та сприяють формуванню компетентностей здобувачів освіти [2]. Їх використання дозволяє

перейти від пасивного сприйняття інформації до активної пізнавальної діяльності.

Одним із ключових аспектів навчання математики є формування просторового мислення, що особливо важливо при вивченні стереометрії. Візуалізація математичних об'єктів допомагає студентам краще зрозуміти їх властивості та взаємозв'язки. Використання цифрових технологій у цьому процесі значно підвищує ефективність навчання, оскільки дозволяє створювати динамічні моделі та досліджувати їх у реальному часі [3]. Задачі практичного спрямування відіграють важливу роль у формуванні професійних компетентностей майбутніх фахівців. Вони сприяють розвитку логічного мислення, умінь аналізувати ситуації та застосовувати математичні знання для розв'язання реальних проблем.

Серед сучасних цифрових інструментів, що використовуються у навчанні математики, особливе місце займають програми динамічної математики та онлайн-платформи для спільної роботи. Одним із найбільш ефективних засобів є GeoGebra – програмне середовище, яке поєднує можливості геометрії, алгебри та математичного аналізу. Використання таких програм дозволяє створювати інтерактивні моделі, досліджувати властивості функцій та геометричних фігур, а також моделювати реальні процеси. Дослідження показують, що застосування подібних інструментів сприяє підвищенню рівня засвоєння навчального матеріалу та розвитку математичних компетентностей [4].

Онлайн-дошки (наприклад, Miro, Jamboard) є ефективним засобом організації спільної роботи студентів. Вони дозволяють у реальному часі виконувати побудови, обговорювати розв'язки задач та зберігати результати роботи. Такі інструменти забезпечують інтерактивність навчального процесу та сприяють розвитку комунікативних навичок. Загалом використання цифрових платформ у навчанні математики відповідає сучасним тенденціям цифровізації освіти та сприяє підвищенню її якості [3].

Практичне використання інтерактивних цифрових інструментів у навчанні математики передбачає їх інтеграцію у різні етапи заняття: пояснення нового матеріалу, закріплення знань та контроль навчальних досягнень. Наприклад, при вивченні теми «Об'єми геометричних тіл» доцільно використовувати програми для побудови тривимірних моделей. Студенти мають можливість змінювати параметри фігур, спостерігати за зміною їх властивостей та самостійно робити висновки. Такий підхід сприяє глибшому розумінню навчального матеріалу. Задачі практичного змісту можуть бути пов'язані з реальними ситуаціями, такими як розрахунок об'єму резервуара, визначення площі поверхні будівельних конструкцій або моделювання

технічних процесів. Використання цифрових інструментів дозволяє не лише розв'язати такі задачі, але й візуалізувати отримані результати.

У контексті практичного застосування інтерактивних цифрових інструментів доцільно розглянути розроблений міні-проект (рис. 1), спрямований на формування просторового мислення та навичок розв'язування задач прикладного характеру. Проект має назву «Моделювання та розрахунок бічної поверхні прямої призми» і реалізується під час вивчення теми «Призми» у здобувачів освіти закладів фахової передвищої освіти (або відповідного рівня шкільної підготовки). Формат проекту – короткотривалий міні-проект, розрахований на 20–30 хвилин навчального заняття, що дозволяє інтегрувати його безпосередньо в структуру уроку.

Основним інструментом реалізації проекту є середовище динамічної геометрії GeoGebra 3D, яке забезпечує можливість одночасного візуального моделювання просторових об'єктів і виконання аналітичних обчислень. Методична цінність проекту полягає у поєднанні теоретичного обґрунтування геометричних властивостей із їх практичною перевіркою. Зокрема, здобувачі освіти мають не лише побудувати модель прямої призми, але й обґрунтувати паралельність площин протилежних бічних граней, а також виконати обчислення площі бічної поверхні з подальшою перевіркою результату за допомогою цифрового інструмента.

Реалізація проекту ґрунтується на застосуванні дослідницького методу навчання, що передбачає поетапну організацію діяльності здобувачів освіти. На початковому етапі відбувається постановка проблеми, під час якої студентам пропонується змоделювати просторовий об'єкт (зокрема, призму, що може інтерпретуватися як елемент конструкції, наприклад дах), встановити геометричні властивості її елементів та виконати необхідні обчислення. Це сприяє усвідомленню взаємозв'язку між теоретичними знаннями та їх практичним застосуванням.

Наступним кроком є формулювання гіпотези, де здобувачі освіти визначають, які грані призми є паралельними, та записують формулу для обчислення площі бічної поверхні. У процесі обговорення формується узагальнене твердження про те, що площа бічної поверхні прямої призми дорівнює добутку периметра основи на висоту призми. Таким чином, відбувається актуалізація теоретичних знань і підготовка до їх практичного застосування.

Етап планування передбачає розробку послідовності дій для побудови моделі призми в середовищі GeoGebra. Здобувачі освіти визначають основні етапи роботи: побудову основи, задання висоти, формування бічних граней, а також використання інструментів для вимірювання довжин і площ. Така

діяльність сприяє розвитку алгоритмічного мислення та навичок роботи з цифровими інструментами.

На етапі реалізації відбувається безпосереднє створення динамічної моделі призми. Використання GeoGebra дозволяє змінювати параметри фігури в реальному часі, спостерігати за змінами її властивостей і автоматично отримувати числові значення площі бічної поверхні. Це забезпечує наочність і дозволяє перевірити правильність аналітичних обчислень.

Завершальним етапом є аналіз результатів та формулювання висновків. Здобувачі освіти порівнюють отримані значення площі, обґрунтовують правильність сформульованої гіпотези та роблять висновки щодо геометричних властивостей призми. Такий підхід сприяє розвитку критичного мислення, умінь аналізувати результати та аргументовано доводити власну позицію.

Запропонований міні-проект демонструє ефективність використання інтерактивних цифрових інструментів для поєднання теоретичних знань і практичних навичок. Його застосування у навчальному процесі сприяє формуванню математичної та цифрової компетентностей, підвищує мотивацію до навчання та забезпечує глибше розуміння навчального матеріалу.

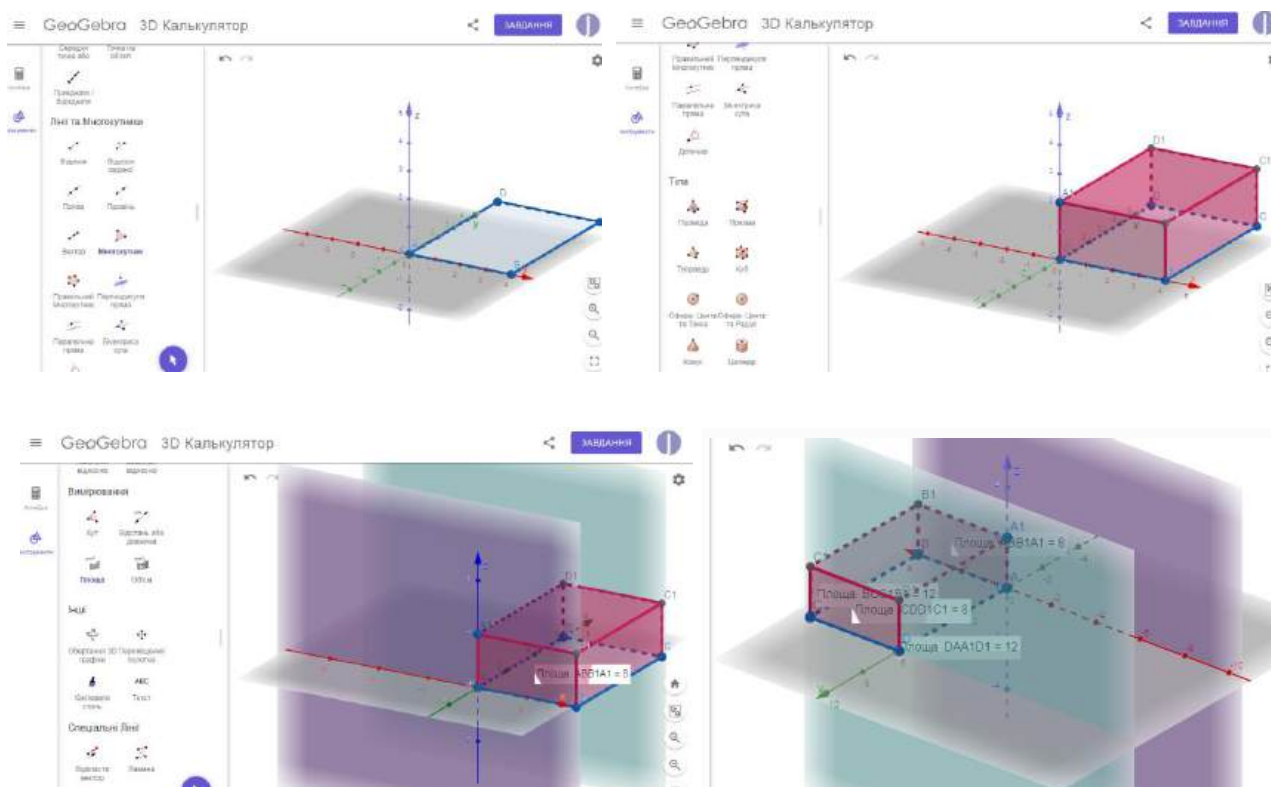


Рис. 1. Моделювання та розрахунок бічної поверхні прямої призми в GeoGebra

Онлайн-дошки, у свою чергу, забезпечують можливість колективного розв'язування задач. Студенти можуть працювати у групах, обговорювати різні

підходи до розв'язання та аналізувати отримані результати. Це сприяє розвитку критичного мислення та навичок командної роботи.

Використання інтерактивних цифрових інструментів у навчанні математики має низку переваг. Насамперед це підвищення наочності навчального матеріалу, що сприяє кращому розумінню складних понять. Крім того, інтерактивність забезпечує активне залучення студентів до навчального процесу, що позитивно впливає на мотивацію до навчання. Водночас існують певні обмеження. Зокрема, ефективне використання цифрових інструментів потребує відповідного рівня цифрової компетентності як викладача, так і студентів. Також важливим є технічне забезпечення навчального процесу, що не завжди є достатнім. Незважаючи на зазначені труднощі, впровадження інтерактивних технологій у навчання математики є перспективним напрямом розвитку освіти.

Таким чином, використання інтерактивних цифрових інструментів у навчанні математики сприяє підвищенню ефективності освітнього процесу, розвитку просторового мислення та формуванню практичних навичок. Застосування програм для візуалізації просторових об'єктів та онлайн-дошок дозволяє зробити навчання більш наочним, інтерактивним і наближеним до реальних умов. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці методик інтеграції цифрових технологій у навчальний процес та створенні нових інтерактивних ресурсів для навчання математики.

Список літератури

1. Гуда О. В., Генсіцька-Антонюк Н. О., Сухомлинова О. В. Вплив інтерактивних методів навчання на засвоєння математичних знань // Системні технології. 2025. № 1 (156). URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/1952>
2. Руденко Н. М. Інтерактивні технології навчання на уроках математики: від планування до результату // Педагогічна освіта: теорія і практика. 2019. № 32. URL: <https://pedosvita.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/view/225>
3. Глазова В. В., Пащенко І. О., Чебітько Є. А. Інноваційні інструменти та платформи для інтерактивного онлайн-навчання математики // Технології електронного навчання. 2024. Т. 8. URL: <https://journals.urau.ua/texel/article/view/316944>
4. Bohatienkova O. Using the GeoGebra program in teaching mathematics in high school: interactivity and pedagogical advantages // SWorldJournal. 2024. URL: <https://sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj25-00-013>

УДК 681.5

РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГРАМУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО КОНТРОЛЕРА АСК

Бовчалюк С. Я., к.т.н., доц.
Ліфенцев О. Є., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, bovchaliuk@ukr.net

Анотація. Розглянуто особливості сучасних підходів до програмування ПЛК, зокрема контролерів паралельної дії. Проаналізовано недоліки традиційних технологій розробки керуючих програм, що базуються на стандарті МЕК 61131-3, а також складність взаємодії між інженерами-технологами та програмістами. Запропоновано підхід до оптимізації процесу програмування на основі використання технології технологічного візуального програмування (TVP-технології) та мови ЯПЛК-М. Обґрунтовано доцільність створення спеціалізованого програмного забезпечення для генерації циклограм та автоматичного формування програмного коду. Показано, що запропонований підхід дозволяє підвищити ефективність розробки, зменшити кількість помилок та скоротити час створення систем автоматизації.

Ключові слова: інформаційна технологія паралельного логічного керування, ПЛІС-контролер паралельної дії, ПЛК, ЯПЛК-М, TVP-технологія, циклограма, ПЛІС

Сучасний розвиток промисловості нерозривно пов'язаний із впровадженням автоматизованих систем керування технологічними процесами. Значну роль у таких системах відіграють програмовані логічні контролери (ПЛК), що забезпечують реалізацію алгоритмів керування обладнанням у реальному часі. Традиційні підходи до програмування ПЛК, незважаючи на їх широке застосування, мають низку суттєвих недоліків, що ускладнюють процес розробки та супроводу програмного забезпечення. Особливо актуальною є проблема підвищення ефективності програмування контролерів паралельної дії, які побудовані на базі ПЛІС і дозволяють виконувати операції паралельно [1]. Це відкриває нові можливості, але водночас потребує нових підходів до їх програмування.

Метою роботи є аналіз та оптимізація технології програмування контролерів паралельної дії шляхом застосування технології технологічного візуального програмування та розробки програмних засобів автоматизованого створення циклограм мовою ЯПЛК-М.

У сучасних автоматизованих системах керування (АСК) виділяють три основні класи: SCADA, DCS та PLC (ПЛК). Найбільш універсальним і поширеним рішенням є саме програмовані логічні контролери, що забезпечують реалізацію алгоритмів керування шляхом циклічного опитування входів і формування команд керування. Однак класична модель роботи ПЛК є послідовною, що обмежує продуктивність системи при реалізації складних алгоритмів керування. Контролери паралельної дії, на відміну від традиційних ПЛК, базуються на використанні інформаційної технології паралельного логічного керування (ІТПЛК) і ПЛІС, та дозволяють реалізувати паралельне

виконання операцій. Це означає, що аналіз вхідних сигналів і формування виходів можуть виконуватися одночасно, що значно підвищує швидкодію системи. Водночас це вимагає застосування мов опису апаратури (HDL), таких як VHDL або Verilog, що суттєво ускладнює процес програмування для інженерів-технологів.

Власне інформаційна технологія паралельного логічного керування є сучасним підходом до побудови систем автоматизації, що базується на використанні принципів паралельної обробки логічних умов та подій. На відміну від традиційних послідовних ПЛК, у яких виконання алгоритму здійснюється циклічно з покроковою обробкою входів і виходів, ІТПЛК реалізує одночасний аналіз множини вхідних сигналів та формування керуючих впливів. Це досягається завдяки використанню спеціалізованих архітектур, зокрема на базі ПЛС, що дозволяють виконувати логічні операції паралельно. Такий підхід забезпечує високу швидкодію, незалежність часу реакції від кількості змінних та підвищену надійність функціонування [2, 3].

Стандарт на мови програмування МЕК 61131-3 визначає п'ять мов програмування ПЛК: LD, FBD, SFC, ST та IL [4]. Незважаючи на їх універсальність, використання декількох мов у межах одного проекту призводить до підвищення складності розробки. Крім того, ці мови є недостатньо зручними для безпосереднього використання інженерами-технологами, що створює розрив між розробкою алгоритму та його реалізацією, оскільки традиційний підхід передбачає участь двох спеціалістів: інженера, який створює алгоритм, та програміста, який реалізує його у вигляді коду. Такий підхід збільшує час розробки та ймовірність помилок. На відміну від вказаних мов, ключовим елементом ІТПЛК є використання спеціалізованих проблемно-орієнтованих мов програмування – ЯПЛК та її вдосконаленої версії ЯПЛК-М [5], що дозволяють описувати алгоритми керування у вигляді формалізованих табличних структур – циклограм. У поєднанні з технологією технологічного візуального програмування це забезпечує можливість безпосередньої участі інженера-технолога у процесі розробки керуючих програм без необхідності глибоких знань традиційних мов програмування або HDL. Внаслідок цього зменшується кількість помилок, скорочується час розробки та підвищується узгодженість між алгоритмічним описом і його програмною реалізацією, що є особливо важливим для складних систем автоматизації на базі контролерів паралельної дії. Використання технології технологічного візуального програмування (TVP-технології) [6] дозволяє представляти алгоритм керування у вигляді циклограми – табличної структури, що є зрозумілою для інженера-технолога. На основі цієї циклограми автоматично генерується програмний код. Мова ЯПЛК-М є розвитком ідеї табличного програмування і дозволяє формалізувати алгоритм керування у вигляді двох взаємопов'язаних таблиць. Перша таблиця визначає умови запуску підпрограм і заборонені комбінації, а друга безпосередньо описує технологічні операції. Такий підхід забезпечує високу наочність і дозволяє виявляти помилки ще на етапі формування алгоритму. Разом із тим, ручне заповнення таких таблиць є трудомістким процесом, особливо при великій кількості

змінних. Тому доцільним є створення програмного забезпечення, що автоматизує процес генерації циклограм. Пропонується використання сучасних мов програмування, зокрема Rust, а також бібліотек для створення графічного інтерфейсу користувача. Це дозволить створити інструмент, що поєднує зручність використання з високою продуктивністю. Застосування такого підходу дозволить значно скоротити час розробки, підвищити надійність системи та зменшити залежність від людського фактора.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що традиційні методи програмування ПЛК не повністю відповідають сучасним вимогам до ефективності та зручності розробки. Особливо це стосується контролерів паралельної дії, для яких стандартні підходи є недостатньо ефективними. Показано, що використання технології технологічного візуального програмування у поєднанні з мовою ЯПЛК-М дозволяє суттєво спростити процес створення керуючих програм. Запропонований підхід забезпечує можливість безпосередньої участі інженера-технолога у процесі програмування, що зменшує кількість помилок та підвищує якість кінцевого продукту. Розробка спеціалізованого програмного забезпечення для автоматичної генерації циклограм є перспективним напрямом, що дозволяє підвищити продуктивність розробки, скоротити витрати та забезпечити гнучкість систем автоматизації.

Список літератури

1. Бовчалюк С. Я. Моделі, методи і засоби інформаційної технології паралельного логічного керування об'єктами залізничної автоматики: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Бовчалюк Станіслав Ярославович. –Харків, 2008. – 203 с.
2. Бовчалюк С. Я., Гаращенко Я. В., Коломоець Б. М., Коломоець В. С. Розвиток моделі та структури керуючих пристроїв з паралельною архітектурою. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Полтава: ПНТУ, 2024. Вип. 2 (76). С. 64–66. DOI: 10.26906/SUNZ.2024.2.064
3. Бовчалюк С. Я., Піскарьов О. М., Радченко С. С., Слабухо Д. О. Визначення напрямків розвитку керуючих пристроїв з паралельною архітектурою на базі ПЛІС. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Полтава: ПНТУ, 2023. Вип. 1 (71). С. 69–72. DOI: 10.26906/SUNZ.2023.1.069
4. IEC 61131-3: Programmable Controllers – Programming Languages. International Electrotechnical Commission, 2013.
5. Бовчалюк С. Я., Фурман І. О. Методологія побудови, синтаксис і семантика мови програмування ПЛІС-контролерів паралельної дії. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2007. № 4 (66). С. 38–44.
6. Ilya Furman. Development and study of technological visual programming of logic control problems / Ilya Furman, Stanislav Bovchaliuk, Alexander Allashev, Aleksey Piskarev // Eastern-European Journal of Enterprise technologies, – 2017. – № 6/2 (90). –Р. 23–31. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.118833

УДК 57:37.016:004.032.6

МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ БІОЛОГІЇ ІЗ СУЧАСНИМИ МУЛЬТИМЕДІЙНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Франчук-Крива Л.О., к.в.н., доц., вчитель біології
Одеська гімназія № 46
м. Одеса, Україна, alexevna.lubov@gmail.com

Анотація. У тезах обґрунтовано та розроблено методику проведення сучасного уроку біології з використанням сучасних мультимедійних технологій. Розкрито потенціал мультимедійного інструментарію для інтеграції на кожному етапі уроку – від мотивації до рефлексії.

Ключові слова: методика навчання біології, мультимедійні технології, цифрова компетентність, інтерактивне навчання

Цифровізація суспільства диктує нові вимоги до навчання, що зумовлює перехід до інноваційної моделі освіти, побудованої на базі сучасних інформаційних технологій. Цей процес актуалізує докорінне оновлення методів навчання, ключовим вектором якого стає використання широкого спектра цифрових засобів і комунікацій [4]. В даному контексті, однією з десяти ключових компетентностей НУШ визначено інформаційно-цифрову компетентність, яка «передбачає впевнене, та, водночас, критичне застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для створення, пошуку, обробки, обміну інформацією» [2].

Активне навчання можливе лише за умови щирої зацікавленості та участі кожного учня. Використання ІКТ допомагає досягти цього, оскільки сучасні цифрові інструменти роблять уроки захопливими, динамічними та зрозумілими для сучасного покоління дітей [1].

Специфіка викладання біології полягає у поєднанні високої термінологічної насиченості, складності візуалізації мікроскопічних процесів та динамічності живих систем. Проте, широкий діапазон функціональних можливостей та педагогічна універсальність ІКТ, легко трансформують їх відповідно до методологічних особливостей конкретного навчального предмету.

У структурі сучасних ІКТ чільне місце посідають мультимедійні засоби. Етимологічно поняття «мультимедіа» позначає багатокомпонентне інформаційне середовище. Як технологічна категорія, воно охоплює сукупність засобів, що дозволяють одночасно оперувати відеоматеріалами, статичними зображеннями, звуковим супроводом та інтерактивним текстом [1, 4].

Сучасна біологічна освіта вимагає переходу від репродуктивного навчання до візуально-дослідницького. Мультимедійні засоби виступають ефективним інструментом інтерактивності та візуалізації навчального контенту, що є критично важливим для якісного засвоєння біологічних знань. Метою роботи була розробка методики проведення уроків біології із використанням сучасних мультимедійних технологій.

На першому етапі дослідження ми провели огляд сучасних мультимедіа, які використовуються вчителями на уроках біології. Дослідження здійснювалося шляхом контент-аналізу електронних репозитаріїв, наукометричних баз даних за останні 5 років. Релевантний перелік мультимедійних технологій визначено за ключовими словами: «сучасні мультимедійні технології», «мультимедіа», «мультимедійні технології», «мультимедійні технології на уроках біології».

Augmented reality (AR-технології) – доповнена реальність, прикладами імплементації якої є платформи: Mozaik3D, Human Anatomy Atlas, Google Lens. Відмінними рисами застосунків є накладання цифрових об'єктів на реальний світ; можливість «розглянути» 3D-модель клітини або органу (серця, легенів та ін.).

Віртуальні лабораторії, інтерактивні симуляції – дають можливість проведення безпечних експериментів на уроках біології у цифровому середовищі, здійснення маніпуляцій змінними (наприклад, зміна рівня двоокису вуглецю при фотосинтезі). Прикладами інтерактивних симуляцій є цифрові платформи Labster, PhET Interactive Simulations.

Гейміфіковані платформи для реалізації фідбеку. Приклади Quizizz, LearningApps, Kahoot!, Wordwall. Відмінними рисами ігрових платформ є миттєва перевірка знань у формі змагання та одночасна візуалізація прогресу класу в реальному часі.

На підставі проведеного аналізу і виділення сучасних мультимедійних технологій пропонується наступна структура уроку біології з використанням сучасних мультимедіа інструментів:

На етапі перевірки домашнього завдання та актуалізації знань здійснюємо створення інтерактивної хмари слів на платформі Mentimeter. Метою застосування мультимедійного інструменту Mentimeter є збір асоціацій до нової теми та виявлення можливих прогалин.

Мотивація навчальної діяльності – на цьому етапі важливим є не пояснення нового матеріалу, а захоплення уваги учнів, шляхом «закинутого гачка», пробудження «інтелектуального апетиту». У цей час необхідно створити емоційний зв'язок з учнями через застосування цифрового сторітелінгу – сюжетної історії, переданої через відео, аудіо, анімацію або цифрове зображення. В якості мультимедійних інструментів можуть бути застосовані: StoryJumper, Canva або MyStorybook.

Для повідомлення теми, мети і завдань уроку можна використати інтерактивну інфографіку – анімовані іконки на платформі Canva, що легко сприймається візуально і створить зрозумілу і чітку структуру уроку для учнів.

Вивчення нового матеріалу на уроках біології реалізується із застосуванням 3D-модельовання за допомогою мультимедіа інструментів: Mozaik3D, Human Anatomy Atlas, Google Lens тощо. Запропонований підхід дозволяє детально візуалізувати складні біологічні структури та процеси, які неможливо продемонструвати за допомогою статичних малюнків, що сприяє глибшому розумінню матеріалу та формуванню цілісних образів у пам'яті учнів.

На етапі закріплення і застосування знань головною метою є перевірка засвоєння нового матеріалу, що здійснюється практичним застосуванням учнями теорії і моделювання біологічних процесів. Інтеграція віртуальних лабораторій (на платформах Labster, PhET Interactive Simulations) в освітній процес забезпечує можливість проведення експериментів у безпечному інтерактивному середовищі.

Під час підбиття підсумків уроку і рефлексії гейміфіковані швидкі опитування допомагають перевірити емоційний стан учнів або рівень впевненості у знаннях у форматі гри. На цьому етапі імплементованими цифровими інструментами можуть стати Quizizz (режим опитування без балів) або Kahoot! Для здійснення рефлексії за допомогою даних платформ необхідно поставити запитання: «Який етап уроку був для тебе найскладнішим?» або – «Оціни свою роботу сьогодні від 1 до 5 балів». Перевагою є візуалізація результатів у вигляді діаграм, що дозволяє відразу обговорити відповіді.

Запропонована методика є універсальною і базується на інтеграції мультимедіа на кожному етапі уроку: від мотивації до рефлексії. Завдяки своїй адаптивності, окреслені методичні підходи можуть бути успішно експоновані на інші предмети природничого циклу, зокрема хімію, географію, фізику та інтегрований курс «Пізнаємо природу», де візуалізація складних систем є критично важливою. Проте, необхідно пам'ятати, що мультимедіа не повинно займати більше 50-60 % від часу уроку, а безперервне зорове навантаження для учнів 7-9 класів – не більше 20–25 хвилин за урок [3].

Відтак, планування уроку потребує ретельного балансування між цифровим контентом та традиційними формами роботи (роботою з біологічними об'єктами, гербаріями, підручником), що запобігає когнітивному перевантаженню. Отже, впровадження сучасних мультимедійних технологій у методику навчання біології забезпечує високу наочність та активізацію пізнавальної діяльності учнів, за умови раціонального поєднання цифровізації із дотриманням санітарних норм для збереження їхнього здоров'я.

Список літератури

1. Маршицька В. Про використання мультимедійних технологій у процесі викладання навчальних дисциплін у ВНЗ. Вісник Черкаського національного університету (педагогічні науки). 2012. № 8 (221). С.47-54.
2. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи: концепція / Міністерство освіти і науки України. Київ, 2016. 40 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>.
3. Санітарний регламент для закладів загальної середньої освіти: Наказ МОЗ України від 25.09.2020 р. № 2205. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-20>.
4. Kumissay Avezova, Anarbek Kozibay, Yelena Bayzakova, Zhanar Zhumagalieva, Madina Tuken. The use of modern information and communication technologies in the educational process. Scientific Herald of Uzhhorod University. Series "Physics". 2024. Issue 55. <https://doi.org/10.54919/physics/55.2024.34hc5>

УДК 004.056

ТРАНСФОРМАЦІЯ МЕТОДІВ КІБЕРЗАХИСТУ В УМОВАХ ПЕРЕХОДУ ДО ПОСТКВАНТОВОЇ ЕРИ

Лучко Ю. І., к.пед.н.

Хмельницький інститут соціальних технологій Університету «Україна»
м.Хмельницький, Україна, yuliya.luchkov@gmail.com

Анотація/ У роботі досліджено процеси трансформації методів кіберзахисту в контексті переходу до постквантової парадигми. Проаналізовано загрози, які несуть квантові обчислення для класичних асиметричних криптосистем, та розглянуто актуальні підходи до впровадження квантово-резистентних алгоритмів. На основі аналізу міжнародних стандартів NIST та вітчизняних наукових розробок визначено переваги криптографії на основі решіток як найбільш перспективного напрямку захисту даних. Особливу увагу приділено концепції криптографічної гнучкості та використанню гібридних моделей шифрування як найбільш ефективного інструменту забезпечення безпеки на перехідному етапі.

Ключові слова: постквантова криптографія, кібербезпека, квантові обчислення, алгоритм Шора, криптографічна гнучкість, стандарти NIST, гібридні криптосистеми

Стрімкий розвиток квантових обчислювальних технологій створює безпрецедентну загрозу для сучасної інфраструктури відкритих ключів (PKI). Проблема «квантового апокаліпсиса» зумовлена здатністю квантових алгоритмів, зокрема алгоритму Шора, ефективно компрометувати класичні асиметричні протоколи, такі як RSA та ECC. Оскільки безпека фінансових транзакцій, державного документообігу та персональних даних сьогодні критично залежить від стійкості цих алгоритмів, потреба у трансформації методів кіберзахисту стає питанням національної безпеки.

Глобальна наукова спільнота, під егідою Національного інституту стандартів і технологій США (NIST), уже завершила перші етапи стандартизації алгоритмів, стійких до квантових атак [1]. У цьому контексті трансформація методів кіберзахисту потребує не лише впровадження нових математичних примітивів, а й стратегічного переходу до концепції криптографічної гнучкості.

Українська наукова школа активно досліджує методи забезпечення квантової резистентності. Зокрема, у працях В.А. Кузнецова та Ю.І. Горбенка проведено ґрунтовний аналіз перспектив розвитку постквантової криптографії та оцінено стійкість вітчизняних стандартів до перспективних загроз [2; 3]. Питання побудови криптосистем на базі алгебраїчних кодів, що вважаються однією з найбільш зрілих альтернатив класичним методам, детально розкрито в роботах О.В. Потія [4].

Водночас, світова практика вказує на складність інтеграції постквантових алгоритмів через значне збільшення обчислювальних витрат та розмірів ключів. Як зазначають провідні дослідники, сучасні мережеві протоколи мають бути адаптовані до гібридних схем, які поєднують перевірені часом класичні алгоритми з інноваційними рішеннями на основі решіток або багаточленів [5]. Таким чином, синергія вітчизняних розробок та міжнародних стандартів є

необхідною умовою для створення надійного цифрового щита в умовах переходу до постквантової ери.

Аналіз сучасних підходів до створення постквантових алгоритмів дозволяє виділити кілька домінуючих математичних напрямів, кожен з яких має свої переваги та недоліки в контексті продуктивності та безпеки:

1. Криптографія на основі решіток (lattice-based cryptography). Вважається найбільш універсальною. Завдання знаходження найкоротшого вектора (SVP) є NP-складним, що робить його стійким до квантового прискорення.

2. Кодова криптографія (code-based cryptography). Базується на складності декодування випадкових лінійних кодів. Алгоритм Мак-Еліса, запропонований ще у 1978 році, залишається стійким досі, хоча великий розмір ключів обмежує його використання.

3. Криптографія на основі багатомірних квадратичних рівнянь (multivariate cryptography). Використовує складність розв'язання систем поліноміальних рівнянь.

4. Хеш-підписи (hash-based signatures). Забезпечують високий рівень довіри, оскільки їх стійкість базується лише на властивостях використовуваних хеш-функцій.

Згідно з результатами останніх етапів конкурсу NIST, найбільш перспективною визнана криптографія на основі решіток. Алгоритми цього класу, такі як ML-KEM, забезпечують оптимальний баланс між швидкістю обробки даних та розміром ключа, що є критичним для мобільних пристроїв та IoT-інфраструктури [1].

Проте трансформація методів захисту стикається з низкою технічних викликів. Українські дослідники зазначають, що вітчизняні системи захисту інформації, які тривалий час базувалися на стандартах ДСТУ 4145-2002 (еліптичні криві), потребують повної переробки протоколів рукописання та цифрового підпису [2]. Основна проблема полягає у збільшенні обчислювального навантаження: постквантові ключі та підписи можуть бути у десятки, а іноді й у сотні разів більшими за класичні. Це створює загрозу фрагментації пакетів у мережевих протоколах (наприклад, TLS або IKEv2) та може призводити до відмов у обслуговуванні (DoS-атак) через перевантаження каналів зв'язку.

У відповідь на ці виклики міжнародна спільнота та українські фахівці пропонують перехідну модель – гібридні криптосистеми. Їхня суть полягає у одночасному використанні класичного алгоритму (наприклад, ECDH) та постквантового механізму інкапсуляції ключа (KEM). Це гарантує, що дані залишаться захищеними навіть у разі виявлення вразливостей у нових PQC-алгоритмах, оскільки зловмиснику доведеться зламати обидва компоненти захисту одночасно [3; 5].

Окремим аспектом трансформації є забезпечення криптографічної гнучкості. Це архітектурний підхід, що дозволяє швидко замінювати криптографічні примітиви без зміни програмного забезпечення або апаратної частини системи. Впровадження засобів автоматизованого моніторингу трафіку та оцінки стійкості алгоритмів у реальному часі стає необхідним елементом

кіберзахисту критичних об'єктів [4]. Таким чином, перехід до постквантової ери – це не просто заміна алгоритмів, а комплексна зміна парадигми проектування безпечних систем.

Трансформація методів кіберзахисту в Україні повинна враховувати специфіку національного законодавства. Необхідно розробити дорожню карту переходу від ДСТУ 4145-2002 до нових національних стандартів, гармонізованих із рекомендаціями NIST та ENISA.

Проведене дослідження підтверджує, що фундаментальна трансформація засобів кіберзахисту є неминучою відповіддю на виклики квантової ери. Незважаючи на те, що повномасштабні квантові обчислювальні системи перебувають на стадії розробки, реалізація стратегії накопичення даних для їх подальшого розшифрування вимагає впровадження постквантових механізмів уже сьогодні. На основі аналізу світових стандартів та напрацювань українських наукових шкіл встановлено, що найбільш пріоритетним напрямом є криптографія на основі решіток, оскільки вона забезпечує оптимальний баланс між стійкістю та обчислювальною ефективністю.

Оптимальним шляхом модернізації сучасних систем є перехід до гібридних моделей захисту, які поєднують надійність класичних алгоритмів із потенціалом постквантових примітивів, що дозволяє мінімізувати ризики вразливостей у нових стандартах. Ключовим технічним аспектом такої трансформації стає концепція криптографічної гнучкості, яка забезпечує можливість швидкої заміни алгоритмів без докорінної зміни архітектури систем. У підсумку, синергія вітчизняного наукового досвіду та глобальних процесів стандартизації є необхідною умовою для формування надійного цифрового суверенітету та безпеки національної інформаційної інфраструктури в умовах переходу до постквантової парадигми.

Список літератури

1. FIPS 203. Module-Lattice-Based Key-Encapsulation Mechanism Standard. NIST. 2024. URL: <https://csrc.nist.gov/pubs/fips/203/final>.
2. Кузнецов В. А., Музика П. П., Пересічанський О. С. Сучасний стан та перспективи розвитку постквантової криптографії. *Радіотехніка*. 2021. Вип. 204. С. 44–58.
3. Горбенко І. Д., Горбенко Ю. І. Криптографічний захист інформації: актуальний стан та напрями розвитку. *Радіoeлектроніка і інформатика*. 2021. № 1. С. 36–49.
4. Потій О. В., Гнатюк С. О., Потій А. О. Дослідження та аналіз постквантових криптографічних алгоритмів, що базуються на задачах теорії кодування. *Захист інформації*. 2022. Т. 24, № 2. С. 85–97.
5. Bernstein D. J., Lange T. Post-quantum cryptography. *Nature*. 2017. Vol. 549. P. 188–194.
6. Рябоконт Ю. С. Аналіз методів забезпечення криптографічної гнучкості в сучасних інформаційно-комунікаційних системах. *Системи обробки інформації*. 2023. № 3 (174). С. 112–119.

УДК 004.93:621.397

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ВІДЕОФІКСАЦІЇ ЗА ОЗНАКАМИ РУХУ

Бовчалюк Н. І., асистент
Бабинін М. Р., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, natabov@btu.kharkov.ua

Анотація. Розглянуто питання розробки програмного комплексу відеофіксації за ознаками руху для підвищення ефективності систем безпеки. Обґрунтовано актуальність використання інтелектуальних методів обробки відеоданих у сучасних умовах. Мета дослідження полягає у створенні системи автоматичного запису відео при виявленні руху. Проведено аналіз основних типів камер відеоспостереження та їхніх технічних особливостей, показано доцільність поєднання апаратних засобів із програмними алгоритмами детекції руху. Розглянуто принципи функціонування системи, включаючи обробку відеопотоку та фільтрацію подій та описано можливості інтеграції розробленого комплексу з іншими системами безпеки. Визначено переваги використання запису за подією з точки зору економії ресурсів, підкреслено практичну значущість отриманих результатів для приватних і комерційних об'єктів.

Ключові слова: відеоспостереження, детекція руху, комп'ютерний зір, обробка відео, системи безпеки, алгоритми віднімання фону, відеофіксація, OpenCV, інтелектуальні системи

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій особливого значення набувають системи забезпечення безпеки, серед яких важливе місце займають системи відеоспостереження. Їх застосування охоплює як приватні домогосподарства, так і комерційні та державні об'єкти. Водночас підвищення вимог до ефективності використання ресурсів, зокрема обчислювальних потужностей і обсягів зберігання даних, обумовлює необхідність впровадження інтелектуальних методів обробки відеоінформації. Одним із таких підходів є використання алгоритмів детекції руху, що дозволяють здійснювати запис лише у разі появи активності в кадрі. Актуальність дослідження зумовлена потребою створення ефективних програмних комплексів відеофіксації, що забезпечують автоматичний аналіз відеопотоку та збереження лише значущих подій. Такий підхід дозволяє суттєво зменшити обсяг збережених даних, підвищити зручність роботи з архівом відеозаписів та забезпечити оперативне реагування на потенційно небезпечні ситуації.

Метою дослідження є розробка програмного комплексу відеофіксації за ознаками руху, що забезпечує автоматичний запис відеоінформації при виявленні змін у контрольованій зоні та може бути інтегрований до сучасних систем безпеки приватних і комерційних об'єктів.

Аналіз існуючих типів камер відеоспостереження та сучасних підходів до організації систем відеофіксації показав, що різні типи камер мають специфічні особливості, які визначають доцільність їх використання в залежності від умов експлуатації. Зокрема, циліндричні камери характеризуються високою

деталізацією та простотою монтажу, що робить їх ефективними для точкового контролю окремих зон. Купольні камери відзначаються підвищеною стійкістю до механічних впливів і більш естетичним виглядом, що дозволяє застосовувати їх у громадських та комерційних приміщеннях. Камери з PTZ-керуванням забезпечують можливість динамічного спостереження за великими територіями завдяки функціям повороту, нахилу та масштабування зображення. Панорамні та мультиматричні камери, у свою чергу, дозволяють охоплювати значні площі без встановлення великої кількості пристроїв, хоча й мають певні обмеження щодо деталізації або вартості.

У результаті дослідження встановлено, що найбільш ефективним підходом до організації відеофіксації є поєднання апаратних засобів відеоспостереження з програмними алгоритмами аналізу зображення [1, 2]. Застосування алгоритмів детекції руху, зокрема на основі методів віднімання фону, дозволяє визначати появу рухомих об'єктів у кадрі та ініціювати запис відео лише у необхідні моменти. Це забезпечує значну економію дискового простору та підвищує ефективність обробки відеоданих. Розроблюваний програмний комплекс передбачає обробку відеопотоку від камер, аналіз змін у зображенні, фільтрацію хибних спрацьовувань та збереження відеофрагментів, що містять події. Важливою складовою системи є інтерфейс користувача, що забезпечує можливість перегляду відео у реальному часі, доступ до архіву записів та налаштування параметрів роботи системи, зокрема чутливості детекції руху та зон контролю.

Також необхідно мати на увазі можливості інтеграції програмного комплексу з іншими підсистемами безпеки, такими як сигналізація або системи «розумного будинку». Така інтеграція дозволяє створити комплексне рішення, що забезпечує підвищений рівень безпеки та автоматизації. Наприклад, при виявленні руху система може не лише розпочати запис, але й надіслати сповіщення користувачу або активувати інші захисні механізми, що входять до складу комплексної системи.

Сучасні системи відеоспостереження з інтелектуальною обробкою відео є перспективним напрямом розвитку систем безпеки. Використання алгоритмів детекції руху у поєднанні з сучасними апаратними засобами дозволяє створювати ефективні, гнучкі та масштабовані рішення, які можуть бути застосовані у різних сферах людської діяльності.

Список літератури

1. Bouwmans T. Traditional and Recent Approaches in Background Modeling for Foreground Detection: An Overview// Computer Science Review. – 2014. – Vol. 11–12. – P. 31-66. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2014.04.001>
2. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. – O'Reilly Media, 2008.

УДК 351:004.738.5:005.336.1

МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ЛІДЕРСТВА ОРГАНІВ ВИКОНАВЧОЇ ВЛАДИ В УМОВАХ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Ліннік О. В., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, Olesalinnik874@gmail.com

Анотація. Досліджено формування моделі цифрового лідерства органів виконавчої влади в умовах модернізації публічного управління. Розглянуто сутність цифрового лідерства як ключового чинника трансформації державного управління в умовах діджиталізації суспільства. Визначено основні передумови впровадження цифрових технологій у діяльність органів виконавчої влади, зокрема розвиток електронного урядування, відкритих даних та цифрових сервісів для громадян. Обґрунтовано роль управлінського лідерства у забезпеченні ефективності цифрової трансформації публічного сектору. Запропоновано підходи до формування моделі цифрового лідерства, яка базується на інноваційності, прозорості, адаптивності та орієнтації на громадянина.

Ключові слова: цифрове лідерство, публічне управління, органи виконавчої влади, цифровізація, електронне урядування, модернізація, державне управління, інновації, управлінські технології, цифрова трансформація

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімкою цифровізацією всіх сфер життєдіяльності, зокрема публічного управління. Органи виконавчої влади змушені адаптуватися до нових умов, що передбачають впровадження цифрових технологій, підвищення прозорості діяльності та орієнтацію на потреби громадян. У цьому контексті особливого значення набуває концепція цифрового лідерства як ключового чинника модернізації системи державного управління.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розробка основних засад моделі цифрового лідерства органів виконавчої влади в умовах модернізації публічного управління, а також визначення її ролі у підвищенні ефективності державного управління та якості надання публічних послуг. Цифрове лідерство можна розглядати як здатність керівників органів виконавчої влади ефективно використовувати цифрові технології для трансформації управлінських процесів, прийняття рішень та взаємодії з громадянами. Воно передбачає не лише технічну компетентність, а й стратегічне бачення розвитку цифрової держави, готовність до інновацій та управління змінами [1].

Модель цифрового лідерства в органах виконавчої влади базується на кількох ключових принципах: інноваційності, відкритості, адаптивності, орієнтації на результат та клієнтоорієнтованості. Важливим елементом є розвиток цифрових компетентностей державних службовців, що дозволяє ефективно впроваджувати сучасні інформаційні системи та електронні сервіси [2]. Значну роль у модернізації публічного управління відіграє розвиток електронного урядування, яке забезпечує автоматизацію адміністративних процесів, спрощення доступу до публічних послуг та підвищення їх якості.

Використання цифрових платформ дозволяє зменшити бюрократичні процедури, підвищити прозорість діяльності органів влади та зміцнити довіру громадян.

Крім того, важливим аспектом цифрового лідерства є впровадження системи відкритих даних, що забезпечує доступ громадськості до інформації про діяльність державних органів. Це сприяє підвищенню підзвітності та контролю з боку суспільства. Не менш важливим є управління змінами, оскільки цифрова трансформація потребує перебудови організаційної структури, зміни управлінської культури та розвитку нових підходів до прийняття рішень. Лідери цифрової трансформації повинні бути агентами змін, здатними мотивувати персонал та впроваджувати інновації. Важливим елементом ефективного лідерства є компетентність у комунікаціях та цифрових технологіях, що дозволяє державним службовцям швидко обробляти звернення громадян, систематизувати інформацію та приймати обґрунтовані управлінські рішення [3]. Напрями удосконалення моделі цифрового лідерства органів виконавчої влади: 1) проведення регулярних тренінгів з цифрового лідерства; 2) впровадження цифрових інструментів зворотного зв'язку від громадян; 3) формування системи КРІ для оцінки ефективності рівня прозорості роботи службовців; 4) розробка механізмів залучення громадян до процесів планування та контролю виконання рішень органів влади; 5) створення культури цифрової відповідальності персоналу, орієнтованої на інтереси громади.

Отже, цифрове лідерство є невід'ємною складовою модернізації публічного управління, що забезпечує підвищення ефективності діяльності органів виконавчої влади та покращення якості надання державних послуг.

Формування моделі цифрового лідерства органів виконавчої влади є ключовою умовою успішної модернізації публічного управління. Вона забезпечує ефективне впровадження цифрових технологій, підвищення прозорості та відкритості діяльності державних органів, а також покращення взаємодії з громадянами. Реалізація такої моделі потребує розвитку цифрових компетентностей управлінців, впровадження інноваційних рішень та зміни управлінської культури. У результаті це сприятиме підвищенню ефективності державного управління та зміцненню довіри суспільства до органів влади.

Список літератури

1. Карпенко О. В. Електронне урядування та цифрова трансформація державного управління в Україні. Київ: НАДУ, 2021. 356 с.
2. Нагаєв В. М., Гіржева О. М., Чалий І. В., Міненко С. І. Digital трансформації публічних комунікацій, кібербезпеки та цифрового лідерства в системі електронного урядування. *Публічне адміністрування та національна безпека: електронне наукове видання*. № 4(45), 2024. DOI: <https://doi.org/10.25313/2617-572X-2024-4-9837>.
3. Білан О. В., Козак Т. М. Лідерство в системі публічного управління: навч. посібник. Харків: ХНУ, 2020. 216 с.3.

УДК 004.8:004.42

ВПЛИВ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЕВОЛЮЦІЮ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Морозов А. В., здобувач РВО ФМБ
Кам'янський енергетичний фаховий коледж
м. Кам'янське, Дніпропетровська обл., Україна, det_dndz@ukr.net

Анотація. У тезах розглядається стрімкий вплив генеративного штучного інтелекту на процеси розробки програмного забезпечення. Проаналізовано ключові переваги впровадження ШІ, такі як автоматизація написання рутинного коду, прискорення циклів тестування та покращення документації. Водночас висвітлено основні виклики: ризики кібербезпеки, проблема «галюцинацій» нейромереж та необхідність адаптації навичок розробників. Зроблено висновок, що ШІ не замінить програмістів, але трансформує їхню роль.

Ключові слова: генеративний штучний інтелект, розробка програмного забезпечення, автоматизація коду, нейромережі, якість програмного забезпечення, машинне навчання

Сучасна галузь інформаційних технологій переживає суттєві трансформації, зумовлені стрімким розвитком генеративного штучного інтелекту. Поява таких інструментів, як GitHub Copilot, ChatGPT та Gemini, змінила підходи до створення цифрових продуктів: якщо раніше автоматизація охоплювала переважно процеси інтеграції та розгортання, то нині ШІ безпосередньо бере участь у написанні коду, виступаючи як «помічник» розробника. Однією з ключових переваг є підвищення продуктивності: нейромережі здатні генерувати функції, створювати програмні шаблони та навіть перекладати код між мовами програмування. Це дозволяє інженерам зосередитися на складніших завданнях, пов'язаних з архітектурою систем і бізнес-логікою [1]. Водночас ШІ спрощує оптимізацію коду, пошук помилок і автоматизує створення технічної документації, що позитивно впливає на підтримку проєктів. Разом із перевагами використання ШІ супроводжується низкою викликів. Зокрема, проблемою є «галюцинації» — генерація синтаксично правильного, але логічно некоректного коду, що може призвести до вразливостей системи [2]. Актуальними залишаються також питання авторського права та захисту даних, оскільки моделі навчаються на відкритих джерелах. Попри це, твердження про повне витіснення програмістів є перебільшеними: їхня роль трансформується у напрямі архітекторів і контролерів якості програмних рішень. Отже, генеративний штучний інтелект вже сьогодні визначає розвиток ІТ-галузі. Для ефективної роботи в нових умовах фахівцям необхідно розвивати навички взаємодії з ШІ та поглиблювати знання у сфері проєктування і кібербезпеки. Поєднання людського досвіду та можливостей машинного навчання стане ключовим чинником конкурентоспроможності у найближчому майбутньому.

Список літератури

1. Бойко В. Використання штучного інтелекту для автоматизації рутинних задач у програмуванні. Сучасні інформаційні технології. Біла Церква: БНАУ, 2024. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/13768/1/Vykorystannia_shtuchnoho_intelektu.pdf
2. Роль штучного інтелекту в кібербезпеці: передбачення та запобігання атакам. European Business Association: вебсайт. 2024. URL: <https://eba.com.ua/rol-shtuchnogo-intelektu-v-kiberbezpetsi-peredbachennya-ta-zapobigannya-atakam/>.

УДК 004.891

ВИКОРИСТАННЯ ПОМІЧНИКІВ НА ОСНОВІ ШІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІНЕРАЛІВ, НАПІВКОШТОВНОГО ТА КОШТОВНОГО КАМІННЯ

Хомочкін А.П., вчитель
Приватний заклад освіти у формі ТОВ «КМДШ»
м. Київ, Україна andriy.khomochkin@gmail.com

Анотація. Запропоновано використання функцій штучного інтелекту для пошук даних по фото та внесення інформації про зразок мінералу, дорогоцінного та напівдорогоцінного за відомою класифікацією. Для отримання зображення на визначення гемологічних параметрів кристалів використали високоякісну камери та світлофільтрів з відомими параметрами. Крім того було застосовано декілька типів кольорових поверхонь з різних матеріалів.

Ключові слова: мінерали, штучний інтелект, коштовне каміння, аналіз

Кожен мінерал має свою специфіку сполук хімічних елементів та будову атомної кристалічної ґратки, що формується при кристалізації газу чи рідини у тверде тіло. В свою чергу кристал це тверде тіло, що має правильну періодичну атомну структуру. Грані є зовнішнім виявом правильної внутрішньої структури атомів мінералу. Такі властивості, як форма кристала, твердість, густина залежать від форм кристалічних структур, а отже і є прогнозованими. Експерти з легкістю можуть розпізнати сотні мінералів та каменів лише за зовнішнім виглядом. В першу чергу за кольором, блиском спайністю, щільністю(питомою вагою) прозорістю та твердістю за шкалою Мосса [1 с. 7]. Однак детальне вивчення мінералів потребує оптичного, хімічного, рентгенографічного та інших видів показників [1 с. 49].

Поточні моделі ідентифікації дорогоцінних каменів на основі штучного навчання ґрунтуються на алгоритмі правил, які значною мірою залежать від попередньо визначених фізико-оптичних параметрів або особливості спектрального складу. Кожна база дорогоцінних каменів не тільки підтримує штучний інтелект, але також інтегрує дані з багатьох джерел за допомогою глибокого навчання і технологія блокчейну для адаптивного моделювання. Такий підхід демонструє суттєві переваги в обробці складної ідентифікації дорогоцінного каміння та виявлення нерозкритих методів досліджень. Це призведе до інтелектуальні оновлення в оцінці ювелірних виробів (зменшення залежності від дорогих інструментів), точність у розвідці корисних копалин (оптимізація рішень щодо ресурсів) і стандартизації ринку (підвищення довіри споживачів через достовірні дані). Одночасно, інтерактивні системи навчання покращать охоплення освітою. В кінцевому результаті настане революція індустрії дорогоцінного каміння від моделі, що керується досвідом, до моделі, що керується даними, і буде стимулювати подвійні інновації, як в академічних дослідженнях, так і в практичних застосуваннях [3 с. 18].

Вивчення формування кольору дорогоцінних каменів є важливою темою в гемології. Поглиблений аналіз механізмів кольору може підвищити точність

оцінки дорогоцінних каменів забезпечують наукову основу для вдосконалення дорогоцінних каменів, а також дослідження синтетичних дорогоцінних каменів і розвитку. Важливо включити спектроскопічні методи дослідження, які відіграють вирішальну роль у дослідженні формування кольору механізми дорогоцінних каменів. З приходом ери об'ємних даних, багатовимірної статистики та методів машинного навчання з'явилися нові інструменти для дослідження дорогоцінних каменів у галузі гемології. Завдяки цьому можуть швидко обробляти великі обсяги даних зразків дорогоцінних каменів, накопичуючи великі моделі даних, що значно підвищує швидкість і точність ідентифікації.

Цей багатовимірний аналітичний підхід допомагає виявити приховані кореляції

в межах даних, тим самим підвищуючи надійність результатів. У порівнянні з традиційним методи, аналітичний процес системи штучного інтелекту (AI) є об'єктивним і керованим, мінімізація впливу людського втручання, а результати є відтворюваними.

Експоненціальне накопичення наборів даних у поєднанні з технологією машинного навчання має значно просунув галузь гемології, підвищивши ефективність і точність прийняття рішень на основі даних у наукових дослідженнях.

Для аналізу кристалів та ідентифікації було обрано наступні вже готові зразки обробленого коштовного та напівкоштовного каміння: алмаз, аметист, рубін, сапфір, кварц, скло, смарагд, аквамарин, цитрин, топаз, фіаніт. Для обробки інформації було використано помічника на основі ШІ Chat GPT та Gemini.

За результатами аналізів у 78% випадках чат-боти ШІ вказали позитивні результати, але щоб збільшити точність визначення дослідних зразків додатково вносились параметри про їх розміри та масу.

В перспективі для збільшення оцінюваних характеристик та для деталізації досліджуваного зразку параметрів дорогоцінних та напівдорогоцінних каменів можливе використання датчиків ультрафіолету, твердості, ваги, тощо. А також створення та використання баз даних фото з відомими досліджуваними зразками мінералів та обробленого дорогоцінного і напівдорогоцінного каміння.

Список літератури

1. Мінерали та гірські породи. 50 найвідоміших різновидів: Міні-енциклопедія; Пер. з англ. А. Мішті. – К.: Вид. група КМ-Букс, 2018. – 56 с. іл.)
2. Earth: Luhr, James F. – Books
3. Zhang, Yu & Shi, Guanghai. (2025). Big Data and AI-Enabled Construction of a Novel Gemstone Database: Challenges, Methodologies, and Future Perspectives. Minerals. 15. 1149. 10.3390/min15111149.

УДК 51.3

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

Пономаренко Ю.В. вчитель
КЗ «Харківський ліцей №152 Харківської міської ради»
м. Харків, Україна, ponomarenko152152@gmail.com

Анотація. Пропонується ознайомитись із сучасними формами та методами організації освітнього процесу на уроках математики, які сприяють розвитку цифрової компетентності особистості.

Ключові слова: цифрові технології, освітній процес, технології

Збереження та примноження інтелектуального капіталу є актуальним та надзвичайно важливим у контексті розвитку держави. Сучасна якісна освіта не може бути осторонь цифрового навчання. Це означає, що під час освітнього процесу вчитель організує навчання за допомогою цифрових медіа та технологій, цифрових інструментів або в цифровому навчальному середовищі. [1, с.73]. Використання цифрових технологій під час навчання залежить від професійного рівня педагогів та використання креативних, сучасних методів навчання, які сприятимуть формуванню цифрової компетентності особистості учнів. В останні роки, в результаті експериментальних досліджень було встановлено, що творча діяльність людини забезпечується специфічними, особливими здібностями, які назвали креативністю. [3]. Тому і вчителю необхідно підвищувати постійно рівень своєї компетентності, кваліфікацію, вміти працювати в інформаційному просторі, бути самому креативним та по новому організовувати навчальну діяльність учнів. Від того, які форми, методи роботи буде застосовувати вчитель під час проведення уроків буде залежати які компетенції будуть сформовані в учнів.

Сьогодні існує величезна кількість цифрових технологій, які дозволяють навчати дітей і є трендами сьогодення. Основна проблема вчителя полягає у виборі серед них доречних з урахуванням особливостей предмету. Як же вчителю вдало поєднати педагогічні прийоми з цифровими технологіями на уроці? Це запитання постає перед вчителем кожного разу при підготовці до уроку. Як цікаво подати навчальний матеріал, опрацьовувати його, при цьому розвивати логічне, критичне мислення. Наприклад, за допомогою сервісу Screencast-o-matic учні 5– 6 класів вже знімають відео на запропоновану вчителем тему, відгадують тему уроку у вигляді анаграми на платформі Wordwall.net (рис. 1), використовуючи сервіс Canva створюють графічні об'єкти і різноманітні публікації, а учні 9-11 класів, за допомогою сервісів Learningapps, Genially готують запитання до певної теми (рис. 2).

Уроки можна проводити у форматі:

- онлайн-подорожі;
- онлайн-випробувань;
- уроку-квесту.

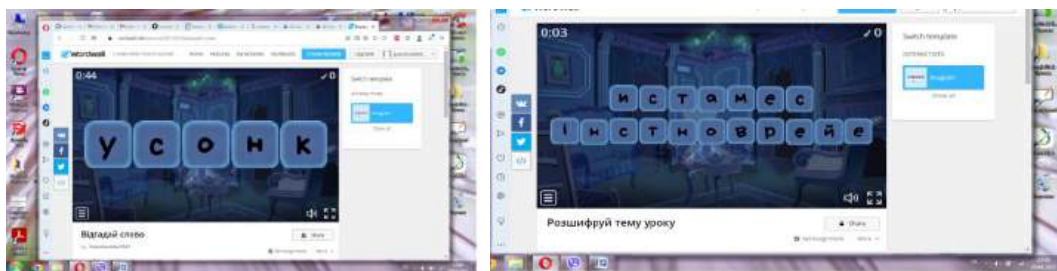


Рис. 1. Анаграми на платформі Wordwall.net



Рис. 2. Графічні об'єкти на платформі Learningapps

Для об'єднання учнів у групи також на допомогу приходять різноманітні електронні сервіси, наприклад, Castlotts. Цікава форма роботи з учнями – це відгадування кросвордів. Можна використовувати угорський кросворд (рис. 3).

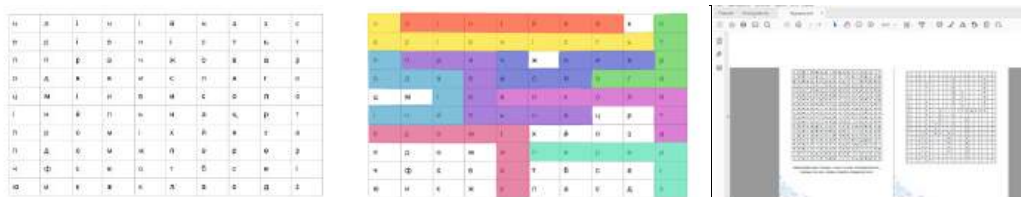


Рис. 3. Угорський кросворд

Наприклад, дуже зручно та корисно на уроках математики використовувати програму geogebra.org, але для того, щоб зацікавити учнів, можна перед початком її використання запропонувати учням відгадати її назву (рис.4).



Рис. 4. Ребус

Вагома частина часу під час навчання відводиться опрацюванню учнями текстового матеріалу і оскільки в учнів різні можливості сприйняття інформації, то може статися така проблема, що одні учні вже зрозуміли та готові переходити на наступний етап застосування знань, а іншим ще потрібна

додаткове пояснення. Тоді, роботу на уроці можна організувати з використанням QR-коду (за допомогою сервісу Websiteplanet) рис. 5).



Рис. 5. Використанням QR-коду за допомогою сервісу Websiteplanet

На підсумковому етапі уроку або наприкінці вивчення теми вчитель може використати прийом «Чек-лист» за допомогою якого учень може узагальнити засвоєний матеріал (рис.6).

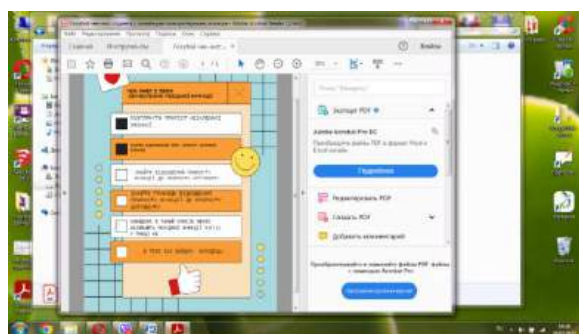


Рис. 6. Прийом «Чек-лист»

Також учні із задоволенням створюють хмару тегів за допомогою платформи Mentimeter (рис. 7).



Рис. 7. Хмара тегів за допомогою платформи Mentimeter

Уміло поєднуючи прийоми й засоби навчання, учитель може не тільки формувати ключові компетентності учнів, а й значно підвищити мотивацію до навчання [2, с. 2]. Одним із таких способів є змагання, його можна провести використовуючи платформу Kahoot (рис. 8)



Рис. 8. Платформа Kahoot

Ми є свідками цифрового розвитку країни, її digitalization – впровадження цифрових технологій в усі сфери життя. Тому вчитель може використовувати Telegram-канали, Instagram сторінки, Ютуб – канали, TikTok тощо – найвідоміші месенджери, соціальні мережі які можуть стати чудовою платформою для онлайн-навчання та комунікації з учнями (рис.9).

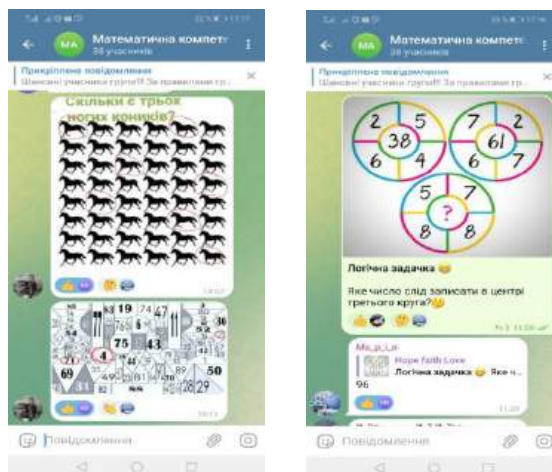


Рис. 9. Telegram-канали для вчителя

Наша держава потребує талановитих, інтелектуально розвинених громадян. Це її золотий запас. Цифрові технології дозволяють зробити процес навчання мобільним, диференційованим та індивідуальним. Застосування сучасних цифрових технологій в освіті – одна з найбільш важливих тенденцій розвитку освітнього процесу.

Список літератури

1. Морзе Н.В. Самооцінювання рівня цифровізації освітнього закладу за умов трансформації середньої освіти / Н.В. Морзе, В.О. Кучеровська, Є.М. Смирнова-Трибульська // Електронне наукове фахове видання «Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету». – 2020. – № 8. – С. 72-87.
2. Клименко В.В. Механізми розвитку творчості./ Обдарована дитина. – 2003.– №1. – С. 2-11.
3. Сайт Osvita.ua, Поняття та формування творчої особистості дитини, <https://osvita.ua/vnz/reports/pedagog/14183/>

УДК 004.056:004.7:658.382

АВТОНОМНІ ІОТ-ТЕРМІНАЛИ ЯК ОСНОВА КІБЕРСТІЙКОЇ СИСТЕМИ ВИДАЧІ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Крайнюк О.В., к.т.н., доц.
Стрілець Д.А., здобувач, РВО бакалавр
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, alenauvarova@ukr.net

Анотація. У роботі обґрунтовано необхідність забезпечення автономного функціонування промислових вендингових терміналів в умовах деструктивних мережеских впливів. Запропоновано архітектурне рішення на засадах периферійних обчислень, що дозволяє підтримувати безперервність процесу видачі засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та гарантувати цілісність облікових даних за допомогою криптографічних методів навіть за повної відсутності зв'язку з сервером.

Ключові слова: периферійні обчислення, кіберстійкість, автономна робота, ІОТ-термінал, засоби індивідуального захисту, алгоритм безпечної відмови, імітаційне моделювання

Цифровізація систем охорони праці на сучасних підприємствах базується на впровадженні інтелектуальних рішень для контролю та видачі засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Аналіз наявних публікацій свідчить, що більшість сучасних досліджень зосереджена на моніторингу правильного носіння спорядження (розумні каски, відеоаналітика, smart-PPE), проте питання безвідмовної видачі ЗІЗ в умовах мережеских збоїв залишається менш дослідженим [1, 2, 3]. Така «хмарна залежність» створює ризики функціонального паралічу терміналів при втраті зв'язку, що робить актуальним перехід від централізованих моделей до локальної автономії.

Розвиток технологій периферійних обчислень та розподілених реєстрів (блокчейн) доводить, що перенесення функцій перевірки користувачів та запису подій безпосередньо в пам'ять автомата дозволяє усунути затримки та зробити систему стійкою до хакерських атак. Використання надійних методів шифрування разом із багаторівневим захистом на рівні самого пристрою дає можливість працівникам безпечно отримувати доступ до засобів захисту навіть тоді, коли заводська мережа працює нестабільно.

Головною науковою проблемою є розробка правил «безпечної відмови» для розумних терміналів. Це означає, що при зникненні інтернету пристрій має самостійно видавати спорядження, використовуючи внутрішню копію бази даних та встановлені заводські ліміти. При цьому надзвичайно важливо захистити журнал видачі за допомогою пакетної передачі даних у безпечні блокчейн-сховища одразу після відновлення зв'язку. Також перспективним є використання штучного інтелекту та «цифрових двійників» автомата для вчасного виявлення підозрілих операцій або спроб втручання в роботу системи.

Метою даної роботи є обґрунтування архітектури автономного, криптографічно захищеного ІОТ-терміналу видачі ЗІЗ. Дослідження спрямоване на розробку спеціалізованого алгоритму локальної авторизації та буферизації транзакцій, що дозволить реалізувати ризик-орієнтовані ліміти

автономної видачі та забезпечити безперервність процесів охорони праці на підприємстві. Типова архітектура сучасних систем автоматизованої видачі ЗІЗ (САВ-ЗІЗ) побудована за трирівневою структурою, яка об'єднує фізичне обладнання, мережеву інфраструктуру (платформний рівень) та хмарні служби управління. Описана модель повністю відповідає класичній трирівневій структурі промислового інтернету речей, яка вважається найбільш уразливою до порушення принципів доступності та цілісності даних [10, 11].

Головною проблемою такої моделі є сувора централізація, де термінал виступає лише виконавцем, що створює класичну «єдину точку відмови», коли вся система залежить від одного вузла. Орієнтація всіх рішень терміналу на центральний сервер призводить до того, що будь-який збій хмари, відмова шлюзів або DoS/DDoS-атаки на платформному рівні спричиняють повний «функціональний параліч» кінцевих пристроїв [10-12]. В оглядах ІОТ-рішень підкреслюється, що висока взаємозалежність компонентів та використання застарілих систем без вбудованих засобів безпеки різко підвищують ризик масштабних відмов навіть при локальних інцидентах.

Аналіз загроз для ПоТ показує наявність специфічних атак на кожному рівні архітектури. На рівні терміналу основними проблемами є обмежені можливості локальної автентифікації та висока залежність від зовнішніх політик доступу [11]. Мережевий рівень вразливий до атак на протоколи, підміни трафіку та компрометації проміжних серверів [12]. На рівні підприємства (хмара) найбільшу загрозу становлять цілеспрямовані атаки на бази даних користувачів, що призводять до масової відмови у доступі.

У промисловому середовищі найважливішим є безперервне виконання всіх робочих процесів. Тому звичні підходи до безпеки, які просто блокують видачу засобів захисту під час збоїв заради «збереження даних», прямо суперечать вимогам до постійної доступності обладнання. Для таких випадків рекомендується переносити частину логіки прийняття рішень безпосередньо в пам'ять самого апарата (на периферійний рівень). Це дозволить уникнути повної зупинки системи навіть при втраті зв'язку із сервером [10-12]. Систематизація основних загроз, що впливають на стабільність та безпеку роботи централізованих ІОТ-терміналів, наведена у таблиці 2.

Аналіз цих вразливостей підкреслює, що для реального підприємства найбільш небезпечною є втрата доступності системи. Саме тому забезпечення автономної роботи в умовах «цифрової ізоляції» є першочерговим завданням, яке потребує переходу від централізованих моделей до «розумних» терміналів із локальним інтелектом.

В основі надійної роботи системи САВ-ЗІЗ лежить здатність бортового контролера самостійно визначати стан мережі та миттєво змінювати режим функціонування. Замість пасивного очікування відповіді від центрального сервера, пристрій використовує алгоритм адаптивної поведінки, що базується на постійному вимірюванні часу затримки сигналу. Це дозволяє реалізувати принцип «гарантованої безпеки», за якого головна функція – це видача захисного спорядження продовжується навіть за критичних умов.

Таблиця 2.1 – Класифікація загроз та їхній вплив на функціонування САВ-ЗІЗ

Об'єкт або процес	Характер загрози	Наслідки для виробництва та безпеки
Авторизація користувача	Клонування RFID-карток та перехоплення сигналів.	Несанкціоноване отримання ЗІЗ сторонніми особами та компрометація облікових записів.
Мережевий зв'язок	DDoS-атаки та технічні збої хмарних серверів.	Повна зупинка видачі спорядження, що спричиняє простій робочої зміни.
Локальні дані	Підміна записів у пам'яті та маніпуляція лімітами.	Створення небезпечних умов праці через видачу невідповідного або надлишкового спорядження.
Фізичні датчики	Втручання в роботу сенсорів наявності товару.	Штучний дефіцит ЗІЗ та несвоєчасне поповнення критично важливих запасів.
Канали управління	Використання відкритих протоколів (напр. MQTT) без авторизації.	Ризик віддаленого втручання в роботу механізмів та пошкодження обладнання.

Логіка функціонування пристрою передбачає використання трьох основних станів, кожен з яких має власне джерело даних та обсяг доступних операцій:

- штатний режим (ONLINE). Це стандартний стан роботи за наявності стабільного інтернет-з'єднання, де запит ліміту відбувається безпосередньо у хмарній базі даних у реальному часі. Система залишається в цьому режимі, доки час відгуку сервера не перевищує встановленого порогу (наприклад, 2 секунди);
- перехідний режим (DEGRADED). Активується при виявленні нестабільності зв'язку або затримок пакетів даних. Щоб уникнути черг біля термінала, авторизація працівника починає здійснюватися за локальним кешем (Backup), а пристрій продовжує фонові спроби зв'язку з сервером для майбутньої синхронізації;
- автономний режим (OFFLINE). Вмикається при повній відсутності мережі або під час цілеспрямованої кібератаки. Термінал повністю переходить на самостійне прийняття рішень, використовуючи списки аварійних квот, збережених у пам'яті раніше.

Механізм автономної видачі дозволяє усунути «інформаційний параліч», коли справний автомат не може видати каску через відсутність інтернету. В офлайн-режимі кожна транзакція фіксується у внутрішньому захищеному журналі з обов'язковим криптографічним підтвердженням за допомогою алгоритму SHA-256. Це гарантує, що після відновлення зв'язку дані будуть коректно синхронізовані, а жодна операція видачі не буде втрачена або підроблена. Такий підхід робить пристрій автономним інтелектуальним вузлом, пріоритетом якого є безперервна охорона праці незалежно від зовнішніх інфраструктурних збоїв.

Перехід терміналу в автономний режим створює проблему накопичення локальних записів, які неможливо миттєво синхронізувати з центральним сервером. У такий період виникає ризик несанкціонованої зміни або видалення даних про видачу ЗІЗ безпосередньо в пам'яті пристрою. Для вирішення цієї проблеми застосовуються такі методи:

- криптографічне хешування SHA-256. Кожна транзакція отримує унікальний цифровий відбиток, який включає дані про попередню операцію, створюючи нерозривний ланцюжок записів. Будь-яка спроба маніпуляції історією видачі призведе до «розриву» ланцюжка, що буде миттєво виявлено під час синхронізації;
- локальне підтвердження. Програмний модуль генерує захисний код транзакції безпосередньо на борту, що дозволяє верифікувати факт видачі навіть без доступу до мережі;
- пакетна синхронізація. Після відновлення зв'язку пристрій не передає всі дані одночасно, а використовує метод поступового вивантаження порціями. Це дозволяє уникнути «мережевого шторму» – лавиноподібного навантаження, яке може спричинити повторну відмову сервера підприємства.

Застосування такої гібридної архітектури гарантує доступність сервісів на рівні 98%, поєднуючи фізичну видачу засобів захисту із суворим цифровим контролем.

Для підтвердження ефективності розробленого алгоритму було проведено цифровий експеримент, який імітував роботу терміналу в умовах хакерської атаки, що повністю блокувала зв'язок на 5 годин. Результати моделювання продемонстрували такі показники:

- безперервність процесу. У той час як класична архітектура перейшла у стан «функціонального паралічу», запропонована система на базі Edge Computing зберегла працездатність, забезпечивши доступність сервісу на рівні понад 98%;
- якість сервісу. Впровадження локальної авторизації дозволило підтримувати стабільну затримку відгуку на рівні 20–30 мс, що повністю усуває проблему черг на початку робочої зміни;
- мережева стабільність. Використання методу відкладеної пакетної синхронізації запобігло виникненню «мережевого шторму», плавно передаючи дані після відновлення зв'язку без перевантаження мережі заводу.

Розроблений адаптивний алгоритм перетворює ІОТ-термінал на автономний інтелектуальний вузол, здатний гарантувати безпеку праці незалежно від зовнішніх цифрових загроз. Практична реалізація прототипу із використанням криптографічного захисту SHA-256 довела можливість створення надійної та недорогої системи обліку ЗІЗ. Отримані результати відкривають перспективи для впровадження кіберстійких рішень на промислових об'єктах із високими вимогами до безперервності виробництва.

Список літератури

1. Yang X., Yu Y., Shirowzhan S., Sepasgozar S. [et al.]. Automated PPE-Tool pair

- check system for construction safety using smart IoT. *Journal of Building Engineering*. 2020. Vol. 32. P. 101721. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101721>.
2. Xiong X., Li M., Yu F., Zhang H. [et al.]. Cloud-Edge-End Collaborative Computing-Enabled Intelligent Sharding Blockchain for Industrial IoT Based on PPO Approach. *IEEE Transactions on Mobile Computing*. 2025. Vol. 24. P. 8011–8024. DOI: <https://doi.org/10.1109/tmc.2025.3554568>.
3. Bontempi A., Demarchi D., Ros P. Design of Wireless Power Smart Personal Protective Equipment for Industrial Internet of Things. *IEEE Access*. 2024. Vol. 12. P. 79613–79625. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2024.3408915>.
4. Asaithambi S., Nallusamy S., Yang J., Prajapat S. [et al.]. A secure and trustworthy blockchain-assisted edge computing architecture for industrial internet of things. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00337-3>.
5. Qiu T., Chi J., Zhou X., Ning Z. [et al.]. Edge Computing in Industrial Internet of Things: Architecture, Advances and Challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2020. Vol. 22. P. 2462–2488. DOI: <https://doi.org/10.1109/comst.2020.3009103>.
6. Zhu W., Chen X., Jiang L. A secure and efficient authentication key agreement scheme for industrial internet of things based on edge computing. *Alexandria Engineering Journal*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.05.036>.
7. Fedorova N. AUTOMATION OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT (PPE) ISSUANCE MANAGEMENT: MODERN APPROACHES AND PRACTICAL SOLUTIONS. *Scientific Papers Collection of the Angarsk State Technical University*. 2025. Vol. 1. P. 268–272. DOI: <https://doi.org/10.36629/2686-7788-2025-1-268-272>.
8. Yu K., Tan L., Yang C., Choo K. [et al.]. A Blockchain-Based Shamir's Threshold Cryptography Scheme for Data Protection in Industrial Internet of Things Settings. *IEEE Internet of Things Journal*. 2022. Vol. 9. P. 8154–8167. DOI: <https://doi.org/10.1109/jiot.2021.3125190>.
9. Feng X., Wu J., Wu Y., Li J. [et al.]. Blockchain and digital twin empowered trustworthy self-healing for edge-AI enabled industrial Internet of things. *Information Sciences*. 2023. Vol. 642. P. 119169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.119169>.
10. Tsiknas K., Taketzis D., Demertzis K., Skianis C. Cyber Threats to Industrial IoT: A Survey on Attacks and Countermeasures. *IoT*. 2021. Vol. 2, № 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/iot2010009>.
11. Alnajim A., Habib S., Islam M., Thwin S. [et al.]. A Comprehensive Survey of Cybersecurity Threats, Attacks, and Effective Countermeasures in Industrial Internet of Things. *Technologies*. 2023. Vol. 11, № 6. DOI: <https://doi.org/10.3390/technologies11060161>.
12. Serror M., Hack S., Henze M., Schuba M. [et al.]. Challenges and Opportunities in Securing the Industrial Internet of Things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2020. Vol. 17. P. 2985–2996. DOI: <https://doi.org/10.1109/tii.2020.3023507>.

УДК 658.382:004:338.45

ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА БЕЗПЕКУ ПРАЦІ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

Віштак І.В., к.т.н., доц.
Галузінська О.І., здобувач РВО бакалавр
Вінницький національний технічний університет
м. Вінниця, Україна, vishtakiv@vntu.edu.ua

Анотація. В роботі розкрито основні фактори впливу цифровізації виробництва на безпеку праці на підприємстві. Визначено основні переваги й недоліки цифровізації виробництва на підприємстві. Обґрунтовано необхідність адаптації системи охорони праці до нових умов цифрової економіки шляхом впровадження інтелектуальних систем управління ризиками, цифрового моніторингу безпеки та підготовки персоналу до роботи в цифровому середовищі. Встановлено, що інтеграція цифрових технологій у систему управління безпекою праці є важливим напрямом підвищення ефективності виробничих процесів і забезпечення безпечних умов праці.

Ключові слова: цифровізація, виробництво, безпека праці, цифрові технології

В сучасних умовах розвитку промисловості цифровізація виробництва стає одним із визначальних чинників підвищення ефективності функціонування підприємств, оптимізації виробничих процесів та забезпечення їх конкурентоспроможності. Концепція цифрової трансформації базується на інтеграції сучасних інформаційних технологій у виробничі системи, що включає використання автоматизованих систем управління, інтернету речей (IoT), штучного інтелекту, великих масивів даних (Big Data), цифрових двійників та роботизованих комплексів.

В межах концепції Індустрії 4.0 цифрові технології формують новий підхід до організації виробництва, за якого забезпечується безперервний збір, аналіз та обробка інформації в режимі реального часу. Це дозволяє підвищити точність управлінських рішень, мінімізувати виробничі втрати та покращити контроль за технічним станом обладнання. Одним із важливих аспектів цифрової трансформації є її вплив на систему охорони праці та безпеки виробничої діяльності.

Безпека праці в умовах цифровізації набуває нових характеристик і функціональних можливостей. З одного боку, цифрові технології створюють передумови для зниження рівня виробничого травматизму за рахунок автоматизації небезпечних операцій, використання робототехнічних систем у зонах підвищеної небезпеки, а також впровадження систем прогнозування технічних відмов. Завдяки сенсорним системам та інтелектуальному моніторингу можливо в режимі реального часу контролювати параметри виробничого середовища, технічний стан обладнання та дотримання працівниками вимог безпеки.

Особливо важливим є використання штучного інтелекту для аналізу виробничих ризиків та прогнозування аварійних ситуацій. На основі аналізу великих масивів даних цифрові системи дозволяють виявляти приховані

закономірності виникнення небезпечних подій та формувати превентивні заходи для їх запобігання. Це значно підвищує рівень превентивного управління охороною праці.

Разом із позитивними аспектами цифровізація породжує нові виклики у сфері безпеки праці. Одним із них є кібербезпека виробничих систем, оскільки порушення роботи цифрової інфраструктури може спричинити аварійні ситуації та створити небезпеку для персоналу. Крім того, ускладнення технологічних систем потребує підвищення рівня кваліфікації працівників, формування цифрових компетентностей та адаптації персоналу до нових форм взаємодії з технікою.

Актуальність дослідження визначається необхідністю комплексного аналізу впливу цифрових технологій на безпеку праці, оскільки трансформація виробничого середовища змінює характер виробничих ризиків та підходи до їх управління. Вивчення позитивних і негативних аспектів цифровізації дозволяє сформулювати сучасні підходи до вдосконалення системи охорони праці та забезпечення безпечної трудової діяльності в умовах цифрової економіки.

Метою даної роботи є дослідження впливу цифровізації виробництва на рівень безпеки праці на підприємстві, а також визначення основних напрямів підвищення ефективності системи охорони праці в умовах цифрової економіки.

В сучасних умовах цифровізація виробництва є одним із ключових напрямів розвитку сучасних підприємств, що передбачає впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у виробничі процеси. До основних інструментів цифровізації належать автоматизовані системи управління виробництвом (АСУ ТП), технології Інтернету речей (IoT), штучний інтелект, великі дані (Big Data), а також роботизовані комплекси. Їх застосування суттєво впливає на рівень безпеки праці, змінюючи як характер виробничих ризиків, так і підходи до їх управління.

Позитивний вплив цифровізації на безпеку праці проявляється передусім у зниженні рівня виробничого травматизму. Завдяки впровадженню роботизованих систем зменшується необхідність виконання небезпечних, монотонних і фізично важких операцій працівниками. Наприклад, використання промислових роботів у зонах підвищеної небезпеки (високі температури, токсичні речовини, підвищений рівень шуму) дозволяє мінімізувати контакт людини з шкідливими факторами виробництва [1].

Крім того, цифрові системи моніторингу та контролю забезпечують своєчасне виявлення потенційних загроз. Датчики IoT можуть відстежувати параметри виробничого середовища (температуру, тиск, рівень газів, вібрації), а аналітичні системи на основі штучного інтелекту – прогнозувати можливі аварійні ситуації. Це дозволяє оперативно реагувати на відхилення та запобігати нещасним випадкам.

Важливим аспектом є також використання цифрових технологій у навчанні та підготовці персоналу. Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR) дають змогу моделювати небезпечні ситуації без ризику для життя і здоров'я працівників, що підвищує рівень їх готовності до дій у надзвичайних умовах.

Водночас цифровізація виробництва створює нові виклики у сфері охорони праці. Зокрема, зростає залежність від складних технічних систем, що підвищує ризик аварій у разі їх відмови або некоректної роботи. Особливої уваги потребують питання кібербезпеки, оскільки втручання в роботу автоматизованих систем може призвести до серйозних наслідків для безпеки працівників [2].

Ще одним викликом є необхідність підвищення кваліфікації персоналу. Працівники повинні володіти цифровими компетенціями для роботи з новітнім обладнанням, а також розуміти принципи його безпечної експлуатації. Недостатній рівень підготовки може стати причиною помилок і, як наслідок, нещасних випадків. Таким чином, цифровізація виробництва має комплексний вплив на безпеку праці. З одного боку, вона сприяє зниженню рівня травматизму та покращенню умов праці, а з іншого – формує нові ризики, що потребують системного підходу до управління охороною праці. Ефективне поєднання технологічних інновацій із сучасними методами управління ризиками є необхідною умовою забезпечення безпеки працівників у цифрову епоху [3]. Цифровізація виробництва є важливим фактором підвищення ефективності діяльності підприємств, однак її вплив має як позитивні, так і негативні аспекти. Комплексний аналіз цих аспектів дозволяє сформувати обґрунтовані управлінські рішення. Тому основними перевагами цифровізації виробництва на підприємстві виступають [1-5]:

- підвищення продуктивності праці;
- зниження рівня виробничого травматизму;
- покращення якості продукції;
- оперативність прийняття рішень;
- підвищення конкурентоспроможності підприємства;
- покращення умов праці;
- оптимізація витрат.

Варто розглянути й недоліки цифровізації виробництва на підприємстві, ключовими з яких є:

- психологічний опір персоналу;
- залежність від технічних систем;
- складність інтеграції технологій;
- скорочення робочих місць;
- необхідність підвищення кваліфікації персоналу.

Отже, цифровізація виробництва є необхідним етапом розвитку сучасного підприємства, що забезпечує значні переваги у підвищенні ефективності та безпеки праці. Водночас її впровадження супроводжується низкою викликів, які потребують системного підходу, стратегічного планування та ефективного управління змінами [6, 7].

В умовах цифрової трансформації виробництва система охорони праці потребує модернізації відповідно до нових технологічних викликів і можливостей. Підвищення її ефективності можливе за рахунок впровадження інноваційних підходів, цифрових інструментів та удосконалення управлінських

процесів. Тому основними напрямками підвищення ефективності системи охорони праці в умовах цифрової економіки є:

1. Впровадження цифрових систем моніторингу безпеки. Застосування датчиків та технологій Інтернету речей (IoT) дозволяє здійснювати безперервний контроль параметрів виробничого середовища (температура, вологість, рівень шкідливих речовин, шум тощо). Це забезпечує своєчасне виявлення небезпечних ситуацій і оперативне реагування на них.

2. Використання аналітики даних та штучного інтелекту. Системи на основі штучного інтелекту можуть аналізувати великі обсяги даних і прогнозувати потенційні ризики виникнення нещасних випадків або аварій. Це сприяє переходу від реактивної до проактивної моделі управління охороною праці.

3. Автоматизація та роботизація небезпечних процесів. Заміна ручної праці в умовах підвищеної небезпеки автоматизованими та роботизованими системами дозволяє мінімізувати вплив шкідливих факторів на працівників і знизити рівень травматизму.

4. Цифровізація навчання та інструктажів. Використання технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) дає змогу проводити навчання персоналу в умовах, максимально наближених до реальних, без ризику для здоров'я. Онлайн-платформи також забезпечують доступ до навчальних матеріалів у будь-який час.

5. Розвиток цифрових компетенцій працівників. Підвищення рівня цифрової грамотності персоналу є важливою умовою безпечної роботи з сучасними технологіями. Це включає регулярне навчання, тренінги та підвищення кваліфікації.

6. Посилення кібербезпеки виробничих систем. Захист автоматизованих систем управління від кіберзагроз є критично важливим для забезпечення безпеки праці. Необхідно впроваджувати сучасні засоби захисту інформації, контролю доступу та реагування на кіберінциденти.

7. Інтеграція систем управління охороною праці. Об'єднання систем охорони праці з іншими інформаційними системами підприємства (ERP, MES тощо) дозволяє підвищити ефективність управління, забезпечити прозорість процесів і покращити контроль.

8. Використання мобільних технологій. Мобільні додатки та носимі пристрої (wearables) дають можливість працівникам оперативно отримувати інформацію про ризики, інструкції з безпеки та повідомляти про небезпечні ситуації.

9. Удосконалення нормативно-правового забезпечення. Актуалізація внутрішніх стандартів підприємства відповідно до умов цифрової економіки є необхідною для врахування нових видів ризиків та технологій.

10. Формування культури безпеки. Важливим напрямом є розвиток усвідомленого ставлення працівників до безпеки праці, стимулювання відповідальної поведінки та залучення персоналу до процесів управління ризиками [7, 8].

Отже, досліджено основні фактори впливу цифровізації виробництва на безпеку праці на підприємстві. Можна сказати, що підвищення ефективності системи охорони праці в умовах цифрової економіки передбачає комплексний підхід, що поєднує технологічні інновації, розвиток людського капіталу та вдосконалення управлінських механізмів. Реалізація зазначених напрямів сприятиме зниженню рівня виробничого травматизму та створенню безпечного і сучасного робочого середовища. Обґрунтовано, що цифровізація виробництва є важливим чинником трансформації сучасних підприємств, який суттєво впливає на рівень безпеки праці. Впровадження цифрових технологій, зокрема автоматизованих систем управління, Інтернету речей, штучного інтелекту та роботизації, сприяє зниженню виробничих ризиків, підвищенню контролю за умовами праці та мінімізації впливу небезпечних факторів на працівників.

Таким чином, ефективне поєднання технологічних інновацій із сучасними управлінськими підходами є необхідною умовою забезпечення високого рівня безпеки праці в умовах цифровізації виробництва. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці практичних рекомендацій щодо впровадження цифрових рішень у систему охорони праці на конкретних підприємствах.

Список літератури

1. Портянко Т. Risk-based approach to occupational safety management under production digitalization // *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2025. Vol. 2, № 41-02. P. 110–120. DOI: 10.30890/2567-5273.2025-41-02-039.
2. Шемінов О. Фактори розвитку діджиталізації праці в Україні // *Економіка та суспільство*. 2024. № 70. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-70-36.
3. Цифрова трансформація промислового менеджменту у контексті викликів, можливостей та змін: монографія / за ред. В. Г. Воронкової, Н. Г. Метеленко. Львів – Торунь: Liha-Pres, 2024. 592 с. ISBN 978-966-397-413-2. URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/24045/1/0060381.pdf
4. Akyıldız C. Integration of digitalization into occupational health and safety and its applicability: a literature review // *The European Research Journal*. 2023. Vol. 9, № 6. DOI: 10.18621/eurj.1352743.
5. Jiang L., Zhang J., Wong Y. D. Digital technology in occupational health of manufacturing industries: a systematic literature review // *Discover Applied Sciences*. 2024. Vol. 6. DOI: 10.1007/s42452-024-06349-4.
6. Lagutina I. Digitalization of the occupational health and safety system // *Visegrad Journal on Human Rights*. 2025. № 4. DOI: 10.61345/1339-7915.2025.4.10.
7. Kim Y.-M., Cho S.-I. Work-related musculoskeletal disorders and digitalization: past adoption, current utilization, and future concerns // *BMC Public Health*. 2025. Vol. 25. DOI: 10.1186/s12889-025-23466-w.
8. Digitalisation and workers wellbeing: the impact of digital technologies on work-related psychosocial risks // European Agency for Safety and Health at Work. 2024. URL: <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu>.

UDC 621.382.049.77

MODERN MEMORY DEVICES OF ELECTRONIC EQUIPMENT

Baxshiyev I.S., Sadixov A.S.
Military Institute named after Heydar Aliyev
Baku, Azerbaijan, efladin.sadixov@gmail.com

Abstract. The article investigates the operating principles of modern and prospective storage devices. Currently, the principles of operation and structure of flash memory, static SRAM, and dynamic DRAM, which are widely used in electronic devices, have been studied. A comparison of the parameters of various types of storage devices has been conducted. "Floating" gates with an insulated dielectric layer and double-insulated gates have been examined. Additionally, due to improvements in parameters such as reduced power consumption, enhanced reliability, decreased weight, and increased operational time for wireless devices, the implementation of the aforementioned storage devices has been carried out. The operational time of storage devices that may be produced in the post-silicon era has been analyzed. The principles of operation of storage devices based on phase change and carbon nanotube-based storage devices have been explained.

Keywords: memory device, energy, integrated circuit, amorphous, dielectric, nanotube

Humans live in a world of information. They perceive the surrounding environment by receiving information through their sensory organs. Approximately 90% of the information is obtained through vision, 9% through hearing, and 1% through the other two senses. Information gathered through the senses is stored in human memory. Human thinking is conceptualized as the process of information processing that occurs in the brain. It creates an informational model of the world. However, humans are not capable of retaining all information for long periods. For this purpose, modern information and communication technologies (ICT) are widely used [2].

In modern electronics, several types of memory devices are used, differing in capacity, power requirements, voltage levels, internal structure, interface type, speed, dimensions, and other characteristics. Thousands of variants of these devices are manufactured with different parameters, but one of the most important distinctions is whether the memory is dependent on an external power supply. Currently, there is no universal option; therefore, unfortunately, a single circuit board may contain two, three, or even more types of memory, each requiring its own read and write schemes. If these schemes are implemented in hardware, the board size increases, the number of integrated circuits (ICs) rises, and device reliability decreases. If addresses and control signals are managed via software, the program size grows excessively. Moreover, achieving the required access speed to the memory is not always possible.

To store large volumes of data over extended periods, memory devices (MDs) are implemented on specialized integrated circuits. These memory devices are characterized by parameters such as storage capacity, dynamic characteristics, access time, addressing cycle duration, and reliability. The primary parameter of a memory device is its ability to store large amounts of data. However, increasing memory capacity also increases the physical size of the device, which is impractical for modern digital systems, particularly in unmanned aerial vehicles (UAVs) [3].

Physically, there are two types of memory: static and dynamic memory (SRAM and DRAM). Static memory is built using transistors and retains its state as long as power is supplied. An example of this is memory constructed from flip-flops. A characteristic feature of this type of memory is its high read/write speed. The speed of static memory is limited by the rate at which its active elements (transistors) can switch from one stable state to another. Additionally, the relatively large number of electronic elements required to store a single byte makes static memory more expensive. Although it is used as cache memory, employing static memory for larger-capacity main memory is not economically efficient [1].

The operating principle of dynamic memory is based on charging a capacitor and retaining its electric charge for a certain period of time. Arrays of small-capacity capacitors arranged in sequence form the prototype of dynamic memory. Naturally, because the capacitors have very small capacitance, the duration for which they can hold a charge is also very short. This means that the information retention time is limited. In this system, charged capacitors represent a logic “1”, while discharged capacitors represent a logic “0”. Consequently, dynamic memory requires a special mechanism—the refresh mechanism—to continuously maintain the stored information.

The physical structure of memory consists of a certain number of rows and columns. Each such “array” is called a Page, and a collection of pages is referred to as a Bank. When accessing memory, the controller must specify the bank, the page within that bank, and the row and column numbers. A certain amount of time is required for all these requests, especially for opening and closing the bank after a read or write operation. The total time spent on all these operations is referred to as the memory timing.

Memory capacity is defined by the maximum amount of data a memory device (MD) can store. The basic unit of information is the bit, which corresponds to a single level of a binary word or a logical state, taking values of “0” or “1.” Typically, one bit is stored in an elementary memory element—a flip-flop—built from transistors.

In modern memory devices, non-volatile field-effect transistors are widely used. These transistors consist of a source (S), gate (G), and drain (D) (Figure 1) [4].

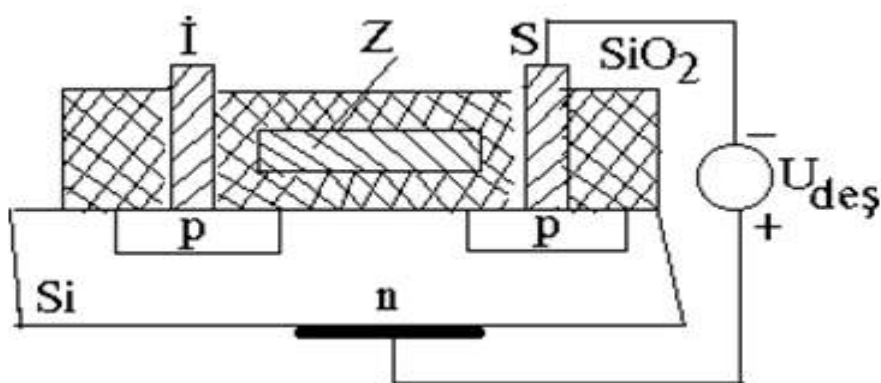


Figure 1. Structural diagram of an isolated “floating-gate” field-effect transistor

In such transistors, the charge of the gate, which is isolated by dielectric layers, is modified purely electrically, without the use of ultraviolet radiation, while the operating principle remains unchanged.

The change in the charge of the “floating” gate occurs due to electron tunneling through the thinnest dielectric layers (on the order of a few nanometers) and the resulting back-channel leakage, caused by the high electric field strength in the dielectric [4].

When the electric charge in the “floating” gate changes, the current–voltage characteristics of the structure are altered. In particular, the threshold voltage shifts when controlling the voltage at the gate, enabling the structure to store 1 bit of information. Since the charge of the floating gate is isolated from all electrical circuits (with relatively weak electric fields in the dielectric layers), microchips built on such structures can retain data for decades even when the power supply is turned off.

When a potential difference is applied between the source and drain and a positive voltage is applied to the gate, current flows from the source to the drain. However, if the potential difference is sufficiently high, some electrons penetrate the dielectric layer and reach the floating gate—a phenomenon known as the tunneling effect. A negatively charged floating gate creates an electric field that inhibits current flow from source to drain. Moreover, the presence of electrons on the floating gate increases the threshold voltage at which the transistor turns on.

Promising Memory Devices

Although research in recent years has been conducted in various directions, tangible results have emerged in at least two areas. Before discussing these most promising technologies, it is important to briefly mention other studies, challenges, and achievements. While mass-produced products may not yet be available, experimental prototypes with attractive characteristics already exist. The technical solutions show strong potential, and there is a clear and sustained drive to achieve results.

Silicon semiconductor technologies have nearly exhausted their potential, making the transition to new technical solutions inevitable. In December 2005, an official statement called the International Technology Roadmap for Semiconductors was published, noting the beginning of the post-silicon era in semiconductors. Manufacturers from Japan, Europe, Korea, the USA, and Taiwan planned to present a joint roadmap for transitioning to new technologies in the near future. It is likely that if a unique memory device—the most critical component of electronic equipment—emerges, it will be based not on silicon technologies but on entirely new technologies [3].

The following types of non-volatile, promising memory devices (MDs), which differ in their data storage principles and mechanisms, are currently relevant:

- Phase-change memory (PRAM or PCM): based on changes in the material’s phase state and the resulting variation in its electrical properties.

- Ferroelectric memory (FRAM): relies on the movement of charge within a crystal or molecular structure.

-Magnetoresistive memory (MRAM): utilizes changes in electrical resistance depending on the magnetic field.

-Nano-mechanical memory (NRAM): employs nanomechanical switches with two stable states [3].

Phase-Change Memory Devices

Since 2015, efforts have been made to develop mass production of memory technologies based on materials capable of changing their phase, using chalcogenides containing selenium, sulfur, or tellurium. These materials (chalcogenides) change their structure when heated, transitioning from a crystalline phase to an amorphous state, and retain this state after cooling. However, when reheated and held briefly in the molten state (approximately 50 ns), they return to their original crystalline phase. Optical memory devices, such as CD-ROMs, are built using such materials [3].

Prospective Memory Devices Based on Carbon Nanotubes

Another technology, utilizing the latest advancements, is nanomechanical memory implemented on carbon nanotubes. (The prefix “nano” refers to technologies in which the main structural elements are smaller than 100 nm (<0.1 micron) and whose operating principles exhibit the laws of quantum physics.) This approach employs new, previously unknown materials and solutions that were not otherwise accessible [3].

The first nanotube-based memory cell developed by NEC features a three-dimensional network of intersecting carbon nanotubes, some of which make contact and can change the circuit's resistance. Writing data, or programming the state, is achieved by applying an electric current to a specific region, while reading is performed by measuring the resistance—specifically, by comparing it to a reference threshold. This type of memory holds significant promise for the future, as the cells consume very little energy during writing and retain data in a non-volatile manner.

During the read process, the resistance between the circuit and the electrode contact element is measured. If the resistance is low (i.e., the nanotubes are in contact with the electrode), it is interpreted as a “0”; otherwise, it is read as a “1.” In experimental prototypes, the data writing speed did not exceed 5 ns. Figure 2 illustrates the principle of reading data from a Nantero memory cell.

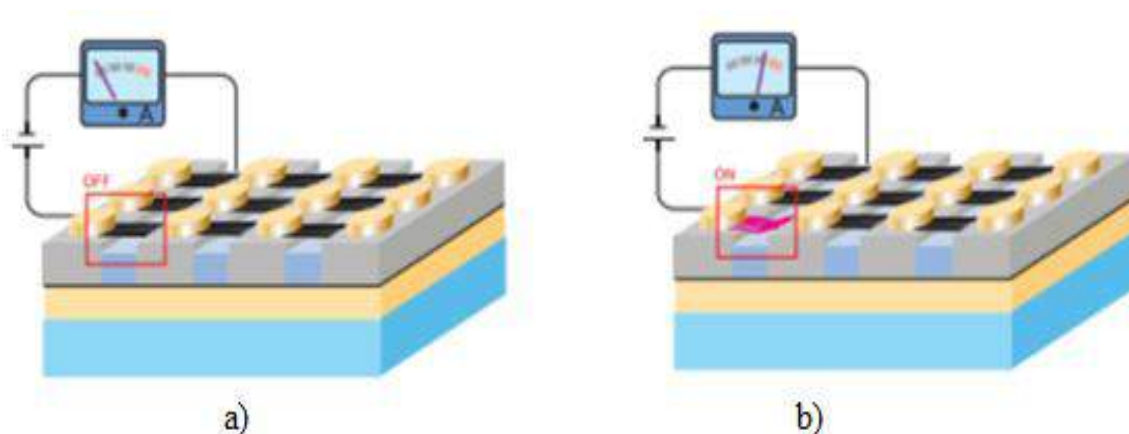


Figure 2. Reading data from an NRAM memory cell: a) logic “1”, b) logic “0”

It has been noted that writing and erasing data does not require large currents or charges, making this type of memory highly efficient. Laboratory prototypes already show great promise: with the application of nanotechnologies, the cell sizes will be smaller than those of DRAM, resulting in increased memory capacity. Energy consumption will be low, while access speeds will be high. The high strength of carbon fibers ensures that read and write operations do not damage the nanotube structure, giving the memory a practically unlimited lifespan.

Unlike Flash memory, the write cycle can be virtually infinite. Nantero memory also exhibits higher resistance to radiation and electromagnetic interference compared to conventional silicon Flash memory. (Perhaps these qualities influenced BAE Systems' decision to participate in the development of this technology.) Unfortunately, it is still not feasible to implement these devices in mass-produced products at a competitive cost [3,6].

To date, memory devices produced using new technologies cannot fully and universally replace older variants. Current integrated circuit prototypes, although combining the best features of SRAM (high operating speed and efficient access), Flash, and DRAM (low energy consumption and very high-density storage), are still not ideal or universal memory. The development of a single memory technology that meets all requirements over the long term remains a task that has been postponed for the foreseeable future.

According to research, in the coming years no new technology is expected to seriously compete with Flash memory in terms of demand. Its enormous capacity, very low energy consumption, and continuously decreasing access times make this type of memory indispensable. However, Flash cannot replace all other types of memory: it is not suitable for main memory in computing devices or program storage in auxiliary computers, and it has limitations in fast access and management capabilities. Flash is best suited for writing and storing large, infrequently updated datasets and can also be used in devices that are updated periodically.

References

1. Ganjiev, A.Sh., Huseynov, E.Q., Abdulov, E.Sh. Signals and Systems. Textbook – Baku: Printing House of the Military Institute named after Heydar Aliyev, 2024. – 244 p.
2. Khalilov, M. Informatics. Textbook / M.S. Khalilov, N.E. Hasanova – Baku: University Publishing House, 2014. – 40 p.
3. Pashayev, A. Fundamentals of Electronic Devices. Vol. III. Digital Devices. Textbook / A.M. Pashayev, A.R. Hasanov, I.E. Iskenderov, F.A. Abdurahmanov – Baku: MAA, 2014.
4. <http://www.nec.co.jp/press/en/0607/1401.html>
5. <http://www.thinfilm.se/tech/default.aspx>

УДК 004.94:614.84:665.6

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ УДАРНО- ІМПУЛЬСНОГО ВПЛИВУ

Лєвтеров О. А., д. т. н., проф.

Стативка Є. С., здобувач РВО PhD

Національний університет цивільного захисту України
м. Черкаси, Україна, statyvka.yevhenii_2023phd@nuczu.edu.ua

Анотація. Розглянуто підхід до оцінювання пожежної безпеки об'єктів зберігання нафтопродуктів в умовах ударно-імпульсного впливу на основі використання цифрових технологій. Обґрунтовано актуальність інтеграції математичного моделювання, сенсорного моніторингу, інформаційно-аналітичних систем та інструментів прогнозування для своєчасного виявлення пошкоджень резервуарів, трубопровідної обв'язки й допоміжного обладнання. Запропоновано тривірневий підхід, що охоплює моделювання параметрів ударно-імпульсного навантаження, цифрове оцінювання технічного стану конструкцій після його дії та прогнозування розвитку вторинних пожежонебезпечних сценаріїв. Показано, що застосування цифрових моделей і алгоритмів обробки даних дає змогу підвищити оперативність оцінювання ризику, точність виявлення небезпечних станів і ефективність підтримки управлінських рішень. Визначено, що подальший розвиток цього напрямку доцільно пов'язувати зі створенням цифрових двійників резервуарних парків для моніторингу технічного стану об'єктів у реальному часі та зниження ймовірності каскадного розвитку аварій.

Ключові слова: інформаційні технології, пожежна безпека, нафтопродукти, ударно-імпульсний вплив, цифрове моделювання, промислова безпека, прогнозування ризику

Сучасний розвиток промисловості супроводжується активним упровадженням інформаційних технологій у процеси моніторингу, прогнозування та керування техногенними ризиками. Особливої актуальності це набуває для об'єктів підвищеної небезпеки, зокрема об'єктів зберігання нафтопродуктів, для яких характерні висока пожежна навантаженість, значна енергоємність середовища та чутливість до зовнішніх аварійних впливів. За умов воєнних загроз, техногенних аварій або локальних вибухів істотно зростає імовірність виникнення ударно-імпульсних навантажень, здатних порушувати цілісність резервуарів, трубопровідної інфраструктури, запірної арматури та допоміжної інфраструктури. Сучасні дослідження підтверджують, що резервуари для зберігання рідин є чутливими до дії великомасштабної вибухової хвилі, а для достовірного прогнозування пошкоджень необхідне чисельне моделювання з валідацією розрахункових схем [1, с. 138].

У таких умовах традиційні підходи до оцінювання пожежної безпеки, що базуються переважно на нормативній перевірці окремих конструктивних або технологічних параметрів, уже не забезпечують належної оперативності та повноти аналізу. Перспективним напрямом є застосування цифрових технологій, які дозволяють інтегрувати результати математичного моделювання, дані сенсорного контролю, алгоритми прогнозування

пошкоджень і системи підтримки прийняття рішень в єдине інформаційне середовище. Такий підхід дає змогу перейти від статичної оцінки стану об'єкта до динамічного аналізу його вразливості в реальному або квазі реальному часі. Подібна логіка вже реалізується в концепціях цифрових двійників для об'єктів резервуарного типу, де поєднуються динамічний аналіз ризику, оперативні дані та сценарне прогнозування [2, с. 157].

Метою роботи є обґрунтування підходу до підвищення пожежної безпеки об'єктів зберігання нафтопродуктів на основі інтеграції інформаційних технологій у процес оцінювання наслідків ударно-імпульсного впливу та прогнозування вторинних пожежонебезпечних сценаріїв.

Для досягнення поставленої мети доцільним є використання комплексного цифрового підходу, що включає три взаємопов'язані рівні. Перший рівень передбачає формування розрахункової моделі ударно-імпульсного впливу на елементи резервуарного господарства. У загальному вигляді імпульсне навантаження може бути описане залежністю (1):

$$I = \int_0^{\tau} P(t) dt, \quad (1)$$

де I – імпульс навантаження; $P(t)$ – закон зміни тиску в часі; τ – тривалість дії позитивної фази навантаження. Для інженерних оцінок трикутну епюру тиску можна подати у вигляді виразу (2):

$$I \approx \frac{1}{2} P_{max} \tau, \quad (2)$$

де P_{max} – максимальний надлишковий тиск.

Другий рівень пов'язаний із цифровим оцінюванням технічного стану конструкцій після дії імпульсу. Для цього можуть бути використані інформаційно-аналітичні моделі, у межах яких функціональний стан об'єкта визначається як сукупність параметрів

$$S = f(\sigma, \varepsilon, \Delta, u, T, C), \quad (3)$$

де σ – напруження в елементах конструкції; ε – деформації; Δ – переміщення; u – ступінь пошкодження; T – температура середовища; C – концентрація горючих парів. Така постановка дає можливість інтегрувати в єдиній цифровій моделі як результати розрахунків міцності, так і параметри пожежної небезпеки. Наукові підходи до цифрових двійників у сфері пожежної безпеки також показують доцільність поєднання BIM, IoT, AI та засобів візуалізації для підтримки рішень у реальному часі [3, с. 14].

Третій рівень становить прогнозування розвитку аварійного сценарію на основі ІТ-інструментів. У цьому випадку важливим є визначення інтегрального показника ризику, який можна представити як функцію

$$R = P_f \cdot P_{ign} \cdot C_{con}$$

де P_f – імовірність втрати герметичності системи внаслідок ударно-імпульсного впливу; P_{ign} – імовірність займання вивільненого продукту; C_{con} – масштаб можливих наслідків. Саме на цьому рівні реалізуються можливості сучасних інформаційних систем щодо автоматизованого збирання даних, обробки сигналів від датчиків тиску, температури, газоаналізаторів, а також візуалізації небезпечних зон для оперативного персоналу. Підхід, за якого цифровий двійник оновлюється на основі сенсорних даних і використовується для (what-if) сценаріїв, уже запропонований для резервуарів зберігання нафти як інструмент більш динамічного ризик-аналіз.

Практична цінність інтеграції ІТ у сферу забезпечення пожежної безпеки полягає у можливості створення цифрового контуру керування безпекою об'єкта. Такий контур може включати модулі моніторингу, прогнозного аналізу, виявлення аномальних станів, формування попереджувальних повідомлень і підтримки управлінських рішень щодо локалізації аварії. Для промислових підприємств це означає скорочення часу реагування на небезпечні події, підвищення точності оцінювання пошкоджень, зменшення ймовірності каскадного розвитку аварії та зниження потенційних матеріальних збитків. Актуальність такого підходу додатково посилюється тим, що сучасні чисельні дослідження резервуарів під дією вибухової хвилі орієнтовані саме на валідацію моделей пошкодження й оцінку їх придатності для прогнозування аварійних наслідків.

Отже, застосування цифрових технологій для оцінювання пожежної безпеки об'єктів зберігання нафтопродуктів в умовах ударно-імпульсного впливу є перспективним напрямом інтеграції ІТ у промисловість. Використання математичних моделей, сенсорного контролю, інформаційно-аналітичних систем і засобів прогнозування дозволяє перейти до більш точного, оперативного та науково обґрунтованого управління ризиками. Подальший розвиток цього підходу доцільно спрямувати на створення цифрових двійників резервуарних парків, здатних у реальному часі відображати технічний стан об'єкта та підтримувати прийняття рішень у разі надзвичайних ситуацій.

Список літератури

1. Rogers A., Cannon L., Newman J., Metcalfe C., Dimech A., Munro D., Fay S., Taggart C. Storage tank response to large-scale blast: Validation of numerical analysis // International Journal of Protective Structures. – 2025. – Vol. 16. – No. 1. – P. 138–153. – DOI: 10.1177/20414196241271455.
2. Lee S., Haskins C., Paltrinieri N. Digital twin concept for risk analysis of oil storage tanks in operation: a systems engineering approach // Chemical Engineering Transactions. – 2022. – Vol. 90. – P. 157–162. – DOI: 10.3303/CET2290027.
3. Almatared M., Liu H., Abudayyeh O., Hakim O., Sulaiman M. Digital-Twin-Based Fire Safety Management Framework for Smart Buildings // Buildings. – 2024. – Vol. 14. – No. 1. – Article 4. – DOI: 10.3390/buildings14010004.

УДК 004.8:681.5

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АЛГОРИТМІВ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧОГО КОМПЛЕКСУ ЕКСКАВАТОРА

Гурко О.Г., д.т.н., проф.
Мірошник В. А., здобувач РВО PhD
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет, м. Харків, Україна
gurko@khadi.kharkov.ua

Анотація. Удосконалення одноківшевих екскаваторів пов'язане з їх автоматизацією, яка стримується наявністю значної кількості невизначеностей під час виконання земляних робіт. Виходом є використання в інформаційно-керуючих комплексах екскаваторів методів навчання з підкріпленням, що здатні враховувати вплив невизначених факторів на параметри робочого процесу та адаптувати керуючі впливи відповідно до змінних умов роботи екскаватора. У роботі сформульовано вимоги до інтелектуального інформаційно-керуючого комплексу екскаватора та визначено алгоритми навчання з підкріпленням, які відповідають встановленим вимогам.

Ключові слова: екскаватор, інтелектуальне керування, інформаційно-керуючий комплекс, навчання з підкріпленням

Післявоєнне відновлення та подальший розвиток країни нерозривно пов'язані з будівництвом. Одним з основних етапів майже кожного будівництва є земляні роботи, переважна частка яких виконується одноківшевими екскаваторами. Головним напрямком розвитку екскаваторів, спрямованим на підвищення ефективності їхньої експлуатації, є автоматизація та роботизація [1].

Розвиток автоматизованих та роботизованих екскаваторів стримується складними умовами виконання робочих процесів та наявністю значної кількості невизначеностей, що діють на машину та її робоче обладнання під час виконання земляних робіт. Традиційні ПІД-регулятори за таких умов не в змозі забезпечити потрібну якість керування, тому все більше досліджень спрямовується на інтелектуалізацію інформаційно-керуючих комплексів (ІКК) екскаваторів. Технології штучного інтелекту дозволяють прогнозувати вплив невизначених факторів на параметри робочого процесу та адаптувати керуючі впливи відповідно до умов роботи екскаватора, що постійно змінюються.

Серед інтелектуальних технологій, що застосовуються в ІКК екскаваторів для прийняття керуючих рішень на основі даних про робочий процес екскаватора та оточуюче середовище, можна виділити нечітку логіку, еволюційні алгоритми та методи машинного навчання, причому використання методів машинного навчання представляється найбільш перспективним, оскільки вони дозволяють виявляти приховані залежності у даних, враховувати вплив невизначених факторів та формувати рішення на основі накопиченого під час роботи ІКК екскаватора досвіду.

Для цілей керування екскаватором найбільш доцільним є використання навчання з підкріпленням [2], прийняття рішень у рамках якого ґрунтується на аналізі взаємодії екскаватора з середовищем. Отже, застосування цього підходу дозволяє враховувати динамічний характер робочого процесу. Крім того, він не потребує наявності розмічених даних.

Метою роботи є обґрунтування вибору алгоритмів навчання з підкріпленням для інтелектуального ІКК екскаватора з урахуванням вимог до комплексу, зумовлених особливостями роботи екскаватора.

Методи навчання з підкріпленням класифікуються за наявністю моделі середовища, способом представлення політики, типом простору дій та способом навчання (рис. 1).



Рис. 1. Класифікація методів навчання з підкріпленням

Для визначення методу машинного навчання, що найбільш доцільно використати у інтелектуальному ІКК екскаватора, проаналізуємо основні умови роботи екскаватора та визначимо вимоги до його ІКК.

Як вже було зазначено, функціонування екскаватора здійснюється в умовах змінних параметрів робочого середовища та динаміки робочого процесу. Властивості ґрунту, геометрія робочої зони, навантаження та режими роботи машини можуть істотно змінюватися навіть у межах одного робочого циклу. У зв'язку з цим ІКК повинен формувати керуючі впливи за відсутності повного математичного опису середовища та адаптуватися до змін умов виконання робіт.

В умовах змінних параметрів робочого середовища та відсутності повного математичного опису важливою вимогою до ІКК є здатність до навчання та удосконалення своєї поведінки як на основі результатів поточного

робочого процесу, так і з використанням накопиченого досвіду виконання попередніх робіт.

Ефективне керування робочим обладнанням екскаватора вимагає неперервного характеру зміни подачі та тиску робочої рідини у гідросистемі, параметрів руху золотників у гідророзподільниках тощо. Це зумовлює необхідність застосування таких методів керування, які здатні формувати керуючі впливи у неперервному просторі дій та забезпечувати їх плавну зміну.

ІКК повинен враховувати обмеження, зумовлені конструктивними та енергетичними параметрами екскаватора. До них належать обмеження на максимальні значення тиску та витрати робочої рідини, швидкість переміщення виконавчих механізмів, а також допустимі навантаження на робоче обладнання.

Крім того, формування керуючих впливів повинно здійснюватися у реальному часі, оскільки затримки у прийнятті рішень можуть призводити до погіршення якості виконання робіт, збільшення енергетичних витрат та зниження продуктивності. З урахуванням цього, а також обмежень апаратного забезпечення алгоритми, що використовуються в ІКК, мають бути ефективними з обчислювальної точки зору та простими для реалізації.

Аналіз наведених вимог показує, що для інтелектуального ІКК екскаватора необхідні безмодельні методи навчання з підкріпленням типу «актор-критик» для неперервного простору дій з навчанням поза поточною політикою. Цим критеріям відповідають алгоритми DDPG, TD3 та SAC [3], які забезпечують формування неперервних керуючих впливів, дозволяють використовувати накопичений досвід та є відносно простими для застосування в інтелектуальному ІКК екскаватора. Проте недоліком DDPG є нестійкість навчання, зокрема через переоцінку функції цінності, а також висока чутливість до вибору гіперпараметрів. Тому найбільш доцільним є використання алгоритмів TD3 або SAC. При цьому алгоритм SAC характеризується підвищеною стійкістю в умовах змінного робочого середовища, тоді як TD3 є простішим з точки зору реалізації. Вибір того або іншого алгоритму залежить від пріоритету між адаптивністю керування та простотою.

Список літератури

1. Гурко О.Г. Структурна модель системи управління робочим процесом екскаватора / О.Г. Гурко // Автомобільний транспорт. – 2016. – Вип. 39. – С. 33–38.
2. Мірошник В. А. Використання навчання з підкріпленням для планування шляху будівельного робота / В. А. Мірошник, В. О. Гурко, О. Г. Гурко // Біоніка інтелекту. – 2024. – №2(101). – С.34–38. [https://doi.org/10.30837/bi.2024.2\(101\).05](https://doi.org/10.30837/bi.2024.2(101).05).
3. Liu S. An evaluation of DDPG, TD3, SAC, and PPO: deep reinforcement learning algorithms for controlling continuous system // Proceedings of the 2023 International Conference on Data Science, Advanced Algorithm and Intelligent Computing (DAI 2023). Paris: Atlantis Press, 2024. P. 15 –2 4. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-370-2_3.

УДК: 658.5:004:330.341.1

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ

Островський О.Т., здобувач РВО магістр
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна, univ@tntu.edu.ua

Анотація. У дослідженні систематизовано та узагальнено основні бар'єри і проблеми, що виникають у процесі впровадження цифрових технологій у виробничу діяльність підприємств. Розкрито ключові складові цифрових перетворень, зокрема високу інвестиційну потребу, труднощі поєднання нових рішень із наявними інформаційними системами, необхідність розвитку компетенцій персоналу та трансформації організаційної культури. Обґрунтовано доцільність застосування стратегічно орієнтованого підходу до цифровізації, а також підкреслено значення залучення спеціалізованих експертів і партнерів для підвищення ефективності реалізації відповідних ініціатив. Акцентовано увагу на важливості формування адаптивних та інноваційно спрямованих стратегій розвитку, а також створення внутрішнього середовища, сприятливого до впровадження змін. Доведено, що, попри наявні труднощі, інтеграція цифрових технологій у виробничі процеси відкриває для підприємств суттєві можливості щодо підвищення результативності діяльності та зміцнення їх конкурентних позицій.

Ключові слова: цифровізація, виробничі процеси, інтеграція технологій, цифрова трансформація, конкурентоспроможність

Цифровізація виробничої діяльності сьогодні виступає визначальним напрямом стратегічного розвитку підприємств. Водночас реалізація таких перетворень, попри їх очевидні переваги, супроводжується низкою складних проблем, що стримують швидкість і ефективність впровадження інноваційних рішень у виробниче середовище [1]. Доцільно деталізувати найбільш типові з них.

Передусім суттєвим обмежувальним чинником є висока капіталомісткість цифрових змін. Запровадження сучасних технологічних рішень передбачає значні витрати, пов'язані із придбанням обладнання, розробленням та впровадженням програмних продуктів, оновленням інфраструктури, а також підготовкою персоналу до роботи в нових умовах.

Не менш складною є проблема узгодження нових цифрових рішень із уже функціонуючими системами. Більшість підприємств мають багаторівневі інформаційні комплекси, які формувалися тривалий час, що ускладнює їх адаптацію до нових технологічних платформ і потребує додаткових ресурсів для інтеграції.

Окремої уваги потребує людський фактор. Перехід до цифрових моделей функціонування передбачає зміну підходів до роботи, формування нових компетентностей та перегляд усталених практик [2]. Це нерідко викликає певний спротив серед працівників і може гальмувати процес трансформації.

З огляду на зазначене, подолання бар'єрів цифровізації виробництва набуває стратегічного значення для підприємств, орієнтованих на збереження

та посилення своїх ринкових позицій. Ефективним інструментом у цьому контексті є формування комплексних стратегій розвитку, що поєднують гнучкість і системність та враховують галузеву специфіку діяльності. Такі підходи передбачають діагностику поточного стану виробничих процесів, ідентифікацію пріоритетних напрямів цифровізації, розроблення поетапного плану впровадження та оцінювання потенційних ризиків і результатів [3].

Важливою передумовою успішної трансформації є формування відповідного організаційного середовища. Управлінський рівень має відігравати активну роль у просуванні цифрових ініціатив, сприяти відкритій комунікації між структурними підрозділами та створювати умови для генерації ідей і впровадження інновацій. Узгоджена взаємодія керівництва, персоналу та партнерів дозволяє забезпечити цілісність трансформаційних процесів і підвищити їх результативність.

Впровадження цифрових інструментів у виробництві характеризується багатоетапністю та потребує комплексного експертного супроводу. Ключовим завданням є обґрунтований вибір технологічних рішень, що найбільш адекватно відповідають цілям підприємства. При цьому важливо враховувати не лише технічні параметри, зокрема сумісність і функціональність, а й потенціал оптимізації існуючих виробничих процесів [4]. Такий підхід дає змогу підвищити ефективність інвестицій у цифрові перетворення та забезпечити довгострокові конкурентні переваги.

Суттєвим аспектом є також необхідність постійного моніторингу технологічних змін. Швидкість розвитку цифрових рішень обумовлює потребу у регулярному оновленні інфраструктури та адаптації бізнес-процесів до нових умов. Це вимагає від підприємств високого рівня гнучкості та здатності оперативно реагувати на появу нових можливостей.

Оскільки цифрова трансформація охоплює не лише технологічну, а й соціально-організаційну складову, підприємствам доцільно формувати сприятливий клімат для сприйняття змін. Важливими чинниками виступають мотивація персоналу, розвиток інноваційного мислення, а також налагодження ефективної взаємодії між різними рівнями управління. Значну роль відіграє підтримка з боку керівництва та системна робота з підвищення кваліфікації працівників.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що результативність цифрових перетворень визначається поєднанням таких складових, як обґрунтований вибір технологій, стратегічна підтримка керівництва, системність реалізації та трансформація організаційної культури. Важливою умовою є також глибоке розуміння специфіки бізнес-процесів, що дозволяє адаптувати інновації до реальних потреб підприємства.

Серед ключових напрямів інтеграції цифрових технологій доцільно виокремити автоматизацію виробничих операцій. Використання роботизованих комплексів і автоматизованих систем управління сприяє скороченню тривалості операцій, мінімізації помилок та підвищенню точності виконання завдань. Значну роль відіграють системи управління виробництвом (MES), які забезпечують планування, контроль і аналітичну підтримку виробничої

діяльності в режимі реального часу. Додаткові можливості відкриває застосування інструментів аналітики даних і методів машинного навчання. Обробка великих масивів інформації дозволяє виявляти закономірності, прогнозувати попит, оптимізувати використання ресурсів і попереджати технічні збої [5]. Перспективним інструментом виступає концепція цифрового двійника, що передбачає створення віртуальної моделі реального об'єкта або процесу [6]. Це дає змогу здійснювати моделювання різних сценаріїв, тестувати управлінські рішення та завчасно ідентифікувати потенційні ризики, що в підсумку скорочує витрати і підвищує якість продукції. Отже, інтеграція цифрових технологій у виробничу діяльність стає невід'ємною складовою розвитку підприємств, сприяючи підвищенню ефективності, якості продукції та конкурентоспроможності.

Подолання бар'єрів цифровізації виробництва є складним багатофакторним завданням, що потребує системного підходу та стратегічного бачення. Успіх у цій сфері визначається здатністю підприємств поєднувати технологічні інновації з організаційними змінами, забезпечувати розвиток персоналу та формувати культуру постійного вдосконалення. Реалізація таких підходів створює передумови для стійкого розвитку підприємства в умовах динамічного економічного середовища.

Список літератури

1. Островська Г., Островський О. Цифрова трансформація промисловості: сучасні реалії та пріоритети розвитку. *Економічний вісник Донбасу*. 2024. № 1. С. 166–177. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2\(75-76\)-166-177](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2(75-76)-166-177)
2. Островська Г.Й., Островський О.Т. Управління знаннями в умовах розвитку інтелектуалізації та цифровізації промислових підприємств. *Review of transport economics and management*. 2023. №10 (26). С. 277–289. DOI: <https://doi.org/10.15802/rtem2023/300881>
3. Ostrovska H., Ostrovskyy O. Digital management in the innovative development of industrial enterprises. *Bulletin of the Cherkasy Bohdan Khmelnytsky national university* 2023. 27(1–2). 53–61. DOI: [10.31651/2076-5843-2023-1-2-53-61](https://doi.org/10.31651/2076-5843-2023-1-2-53-61)
4. Островська Г., Островський О. Цифрове управління промисловими підприємствами: людиноцентричний підхід. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу – 2025», випуск 9. Херсон, Хмельницький: ХНТУ, 2025. С. 256-260. URL: https://kntu.net.ua/ukr/content/download/128040/712359/file2025_upd.pdf
5. Островська Г.Й., Островський О.Т. Застосування інтелектуальних інформаційних систем в контексті управління промисловими підприємствами. *Маркетинг і цифрові технології*. 2023. Том 7. № 1. С. 69–81. DOI: [10.15276/mdt.7.1.2023.5](https://doi.org/10.15276/mdt.7.1.2023.5)
6. Островська Г.Й., Островський О.Т. Штучний інтелект в умовах сучасних підприємств та маркетингових кампаній: ефективні інструменти та перспективи розвитку. *Маркетинг і цифрові технології*. 2023. Том 7. № 3. С. 66–82. DOI: [10.15276/mdt.7.3.2023.5](https://doi.org/10.15276/mdt.7.3.2023.5)

УДК 681.03

ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Клітний Д., здобувач РВО бакалавр,
Хітько А., здобувач РВО бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, plutan2016@ukr.net

Анотація. Проведено дослідження задачі проектування архітектури розподілених систем на базі технології Інтернету речей (IoT). Визначено основні вимоги щодо компонентів розподілених систем управління сучасними технологічними процесами. Обґрунтовано ключові етапи проектування та задачі забезпечення високої ефективності функціонування.

Ключові слова: вибір, додатки, інтернет речей, інструментарій, компоненти, комунікації, мережеві технології, проектування, розподілена система, технологічний процес

Проектування розподілених систем управління технологічними процесами на базі Інтернету речей (IoT) – це комплексна інженерна задача, яка передбачає інтеграцію фізичних пристроїв (сенсорів, актуаторів), мережевої інфраструктури, хмарних сервісів та алгоритмів обробки даних для створення інтелектуальних рішень промислової автоматизації та систем моніторингу за ходом виробничого процесу [1].

Ключові аспекти та етапи проектування розподілених систем формуються в залежності від потреб та вимог технологічного процесу.

Архітектура розподіленої IoT-системи характеризується багаторівневою моделлю, де виділяють рівні:

- рівень сприйняття (Perception Layer): датчики та виконавчі механізми (ESP32, Arduino, Raspberry Pi), що збирають дані про навколишнє середовище;
- мережевий рівень (Network Layer): шлюзи та протоколи зв'язку (MQTT, CoAP, LoRaWAN), що забезпечують передачу даних;
- рівень обробки та зберігання (Processing/Cloud Layer): хмарні сервіси (Node.js, бази даних), де дані аналізуються та зберігаються;
- рівень застосунків (Application Layer): інтерфейси для користувача (веб-додатки, мобільні програми).

Ключові етапи проектування наступні [2]:

- визначення вимог: мета (моніторинг, управління) та обмеження (бюджет, енергоспоживання);
- вибір апаратного забезпечення: вибір енергоефективних мікроконтролерів та датчиків;
- розробка мережевої інфраструктури: проектування надійної мережі для зв'язку між розподіленими сенсорами;
- розробка програмного забезпечення: програмування вузлів (firmware) та налаштування хмарної платформи (backend);

- безпека: впровадження механізмів автентифікації та захисту даних (через блокчейн для децентралізованих систем).

Ключові компоненти, які зазвичай виконуються на платформах агрегації, аналітики та візуалізації, включають програмне забезпечення для бази даних IoT та програмне забезпечення для аналізу даних.

До складу компонентів входить інтеграційне програмне забезпечення, яке пов'язує інфраструктуру IoT із існуючими ERP та системами виконання виробництва; а також будь-які додатки, які застосовуються до всіх або більшості ініціатив IoT організації [3].

Тож IoT розподілена система представляє гібридну архітектуру, яка може містити різні архітектури підсистем. У більшості випадків розподілені системи IoT формуються двома архітектурами управління: керуванням подіями та часом (рис.1).

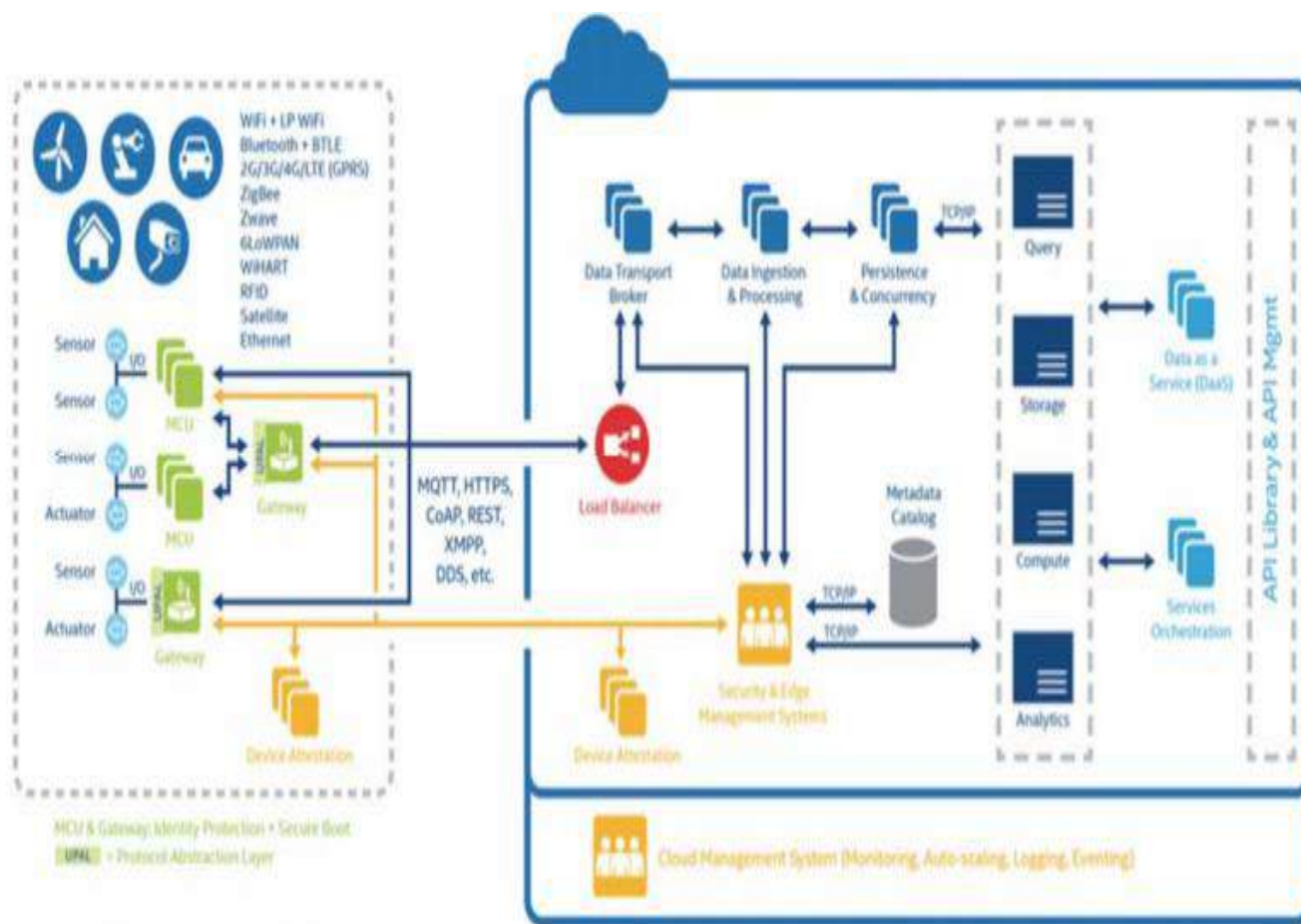


Рис. 1. Архітектура розподіленої системи управління IoT

Основні проблеми та виклики, що виникають на етапах проєктування розподілених систем пов'язані з мінливими умовами сучасних технологічних процесів [4]. Постають задачі:

- безпеки: вразливості операційних систем IoT-шлюзів та ризик доступу до відкритих даних;

- масштабованості: потреба в надійних алгоритмах автентифікації, оскільки традиційні системи (сервери сертифікатів) мають низьку масштабованість;
- енергоспоживання: ключовий фактор у загальній вартості користування розподіленими системами, що вимагає оптимізації як обладнання, так і програмного забезпечення;
- відсутності стандартів: необхідність уніфікації для сумісності пристроїв від різних виробників.

Програмне забезпечення для бази даних IoT та програмне забезпечення для аналізу даних реалізовано на технологіях Node.js, JavaScript, ESP32, MQTT для швидкого прототипування та взаємодії.

В розподілених транспортних системах використовують MQTT (Message Queue Telemetry Transport) відкритий мережевий протокол обміну даними, що працює за принципом «видавець-підписник» (pub/sub) поверх TCP/IP. Він ідеально підходить для інтернет-речей (IoT), оскільки споживає мало трафіку, працює в нестабільних мережах та не потребує значних обчислювальних ресурсів. MQTT забезпечує надійний обмін повідомленнями навіть при низькій пропускну здатності мережі, що робить його стандартом для зв'язку між машинами.



Рис. 2. Неоднорідність IoT

Прикладом розподілених систем на базі технології Інтернету речей (IoT) є промислова автоматизація (SCADA, MES), системи моніторингу довкілля, відстеження активів (asset tracking), розумний будинок, розумна машина, розумна дорога.

Неоднорідність компонентів розподілених систем є відмінною характеристикою IoT (рис.2). Складність архітектури IoT показує рівні пристроїв, орієнтованих на виконання певних функцій.

Архітектура IoT поділяється на кілька рівнів, де найнижчий рівень неоднорідності містить пристрої/сенсори зовнішнього середовища, найвищий рівень – найскладніші маршрутизатори та обчислювальні пристрої.

Неоднорідність IoT передбачає різні пристрої: персональні апаратні засоби користувача, датчики, маршрутизатори, комутатори, концентратори, бази даних, обчислювальні сервери тощо. Постає задача не перевантажити систему.

Пристрої можна розділити на три категорії: пристрої кінцевих точок, інструменти введення-виведення та обчислювальні машини.

Пристрої кінцевих точок отримують команди виконання від зовнішньої периферії (повідомлення від смартфона користувачів) або основного блоку (команда Cron) і генерують дані (реакції) залежно від отриманих параметрів. Пристрої вводу-виводу обмежені в обчислювальних ресурсах та виконують роль посередника між пристроями кінцевої точки та машинами вищого рівня.

Пристрої вищого рівня відповідають за ресурсомістку фільтрацію та загальну обробку даних. Пристрої різних рівнів архітектури спілкуються в мережі IoT як окремі фізичні пристрої, або як внутрішні логічні вузли.

Проектування IoT-систем потребує симбіозу знань з фізичного моделювання, мережових технологій та хмарних обчислень для ефективного об'єднання реального та цифрового простору.

Список літератури

1. Кашканов В. А., Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник / В. А. Кашканов, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 104 с.
2. Жураковський Б. Ю. Технології інтернету речей: навч. посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.
3. Довгий, О.В. Копійка. IT-інфраструктура як базова складова цифрової трансформації. Монографія – К.: ТОВ «Видавництво «Юостон», 2023. – 458 с.
4. Tripathy B. Internet of Things (IoT): TeChnologies, AppliCations, Challenges and Solutions (англ.) / B. Tripathy, J. Anuradha. – Florida: CRC Press, 2017. – 334 с.
5. Медиковський М. О. Інтелектуальні компоненти інтегрованих автоматизованих систем управління: монографія. – Львів. – 2015. 280 с.

УДК 681.5

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ СМАРТ ТЕПЛИЦЕЮ

Ковальчук Д.М., PhD

Гургенян А. Е., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, kovalchuk.mitia@gmail.com

Анотація. У роботі запропонована комп'ютерна система віддаленого моніторингу та керування смарт-теплицею. Система включає апаратні засоби на базі мікроконтролера та комплекс датчиків для контролю параметрів мікроклімату. Реалізовано програмну частину, яка забезпечує збір, обробку та передачу даних із можливістю віддаленого доступу через веб-інтерфейс або мобільний застосунок. Система функціонує за принципом зворотного зв'язку та дозволяє автоматично регулювати температуру, вологість, освітленість і рівень CO₂. Використання запропонованого рішення сприяє підвищенню ефективності вирощування рослин, зменшенню витрат ресурсів та автоматизації технологічних процесів.

Ключові слова: смарт-теплиця, віддалений моніторинг, мікроклімат, Інтернет речей, Arduino, система керування

Сучасні тенденції розвитку агропромислового комплексу спрямовані на впровадження інформаційних технологій та автоматизації виробничих процесів. Одним із перспективних напрямів є створення інтелектуальних (смарт) теплиць, які забезпечують оптимальні умови для росту рослин за рахунок автоматизованого контролю параметрів мікроклімату. Розробка комп'ютерних систем віддаленого моніторингу та керування дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів, знизити витрати та мінімізувати вплив людського фактору [1, 2].

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення продуктивності сільського господарства в умовах обмежених ресурсів та кліматичних змін. Традиційні методи ведення тепличного господарства не забезпечують достатнього рівня точності контролю параметрів середовища, що призводить до втрат урожаю. Використання комп'ютерних систем на базі технологій Інтернету речей (IoT) дозволяє здійснювати безперервний моніторинг температури, вологості, освітленості, рівня CO₂ та інших параметрів у режимі реального часу, а також забезпечує можливість віддаленого керування обладнанням [3, 4].

Метою роботи є розробка комп'ютерної системи віддаленого моніторингу та керування смарт-теплицею. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі рішення у сфері автоматизації теплиць;
- обґрунтувати вибір апаратних та програмних засобів;
- розробити структуру системи моніторингу;
- реалізувати алгоритми керування мікрокліматом.

Розроблена система складається з апаратної та програмної частин. Апаратна частина включає мікроконтролер Arduino, датчики температури та

вологості (DHT22), датчики рівня CO₂, освітленості та вологості ґрунту, а також виконавчі механізми: вентилятори, системи поливу, обігрівачі та освітлювальні прилади [5].

Програмна частина реалізує збір, обробку та передачу даних до серверу або хмарної платформи. Для забезпечення віддаленого доступу використовується веб-інтерфейс, який дозволяє користувачу переглядати поточні параметри середовища, аналізувати історичні дані та задавати режими роботи системи [5].

Система функціонує за принципом зворотного зв'язку: датчики вимірюють параметри середовища, після чого дані обробляються мікроконтролером і передаються до серверу. У разі відхилення параметрів від заданих значень автоматично активуються відповідні виконавчі пристрої. Наприклад, при підвищенні температури вмикається вентиляція, а при зниженні вологості ґрунту – система поливу.

Запропонована система має ряд переваг:

- можливість віддаленого контролю з будь-якої точки світу;
- автоматизація процесів без постійного втручання людини;
- підвищення врожайності за рахунок оптимізації умов вирощування;
- зниження витрат енергії та водних ресурсів;
- масштабованість та гнучкість налаштування.

У результаті дослідження було розроблено комп'ютерну систему віддаленого моніторингу та керування смарт-теплицею, яка забезпечує ефективний контроль параметрів мікроклімату та автоматизацію технологічних процесів. Впровадження таких систем сприяє підвищенню продуктивності аграрного виробництва та переходу до концепції розумного сільського господарства. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на використання методів машинного навчання для прогнозування умов вирощування та оптимізації режимів роботи системи.

Список літератури

1. Гіль, Л. С., Пашковський, А. І., Суліма, Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого та відкритого ґрунту: навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 364 с.
2. М'ялковський Р.О., Безвіконний П.В. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Тепличне господарство»: для здобувачів другого (магістерського) рівня освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 206 «Садово-паркове господарство» / Р.О. М'ялковський, П.В. Безвіконний. – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. – 85 с.
3. Барабаш, Ю., Сич, З. Д., Носко, В. Л. Догляд за овочевими культурами. – Київ: Нововведення, 2008. – 122 с.
4. Sela, G. Fertilization and irrigation: theory and best practices. – 2021. – 262 p.
5. Овочівництво: навчальний посібник / В. І. Шеманьов та ін. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2001. – 391 с.

УДК 004.318:004.056:621.391

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ТА КРИПТОГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ ДАНИХ У ПРОМИСЛОВИХ МЕРЕЖАХ

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.
Курганова А. В., здобувач РВО бакалавр
Рижов Е. В., здобувач РВО бакалавр
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна, oleksii.piskarov@nure.ua

Анотація. У статті розглянуто інтегрований підхід до забезпечення кібербезпеки промислових об'єктів шляхом створення системи, що поєднує виявлення мережових аномалій із апаратним шифруванням даних. Запропоновано архітектуру на базі мікроконтролера STM32, яка виконує аналіз трафіку в реальному часі для виявлення нетипової активності та реалізує криптографічний захист інформації. Особливу увагу приділено оптимізації алгоритмів для роботи на пристроях із обмеженими ресурсами.

Ключові слова: промислові мережі, виявлення аномалій, криптографічний захист, мікроконтролер STM32, IoT, інформаційна безпека.

Сучасна концепція "Індустрії 4.0" передбачає глибоку інтеграцію промислових мереж із глобальними інформаційними системами. Це відкриває нові можливості для моніторингу, але водночас робить критичну інфраструктуру вразливою до кібератак, несанкціонованого доступу та витоку конфіденційної інформації. Традиційні методи захисту, орієнтовані на офісні мережі, часто виявляються неефективними в умовах жорсткого реального часу та обмежених обчислювальних потужностей промислових контролерів [1]. Саме тому актуальним завданням є розробка програмно-апаратних засобів, що інтегрують механізми безпеки безпосередньо в логіку роботи периферійних вузлів на базі сучасних мікроконтролерів, таких як STM32. В основі запропонованого рішення лежить використання 32-бітної архітектури ARM Cortex-M4 для створення інтелектуального шлюзу безпеки. На відміну від типових пристроїв збору даних, цей модуль виконує глибоку інспекцію пакетів та аналіз трафіку безпосередньо на польовому рівні. Алгоритм виявлення аномалій базується на аналізі часових характеристик та структури кадрів промислових протоколів, що дозволяє фіксувати несанкціоноване впровадження коду, маніпуляції з регістрами пам'яті контролерів або спроби несанкціонованого доступу до виконавчих механізмів. Криптографічний захист реалізовано шляхом використання вбудованих апаратних прискорювачів (модулів AES, HASH), що входять до складу сучасних систем на кристалі. Це дозволяє здійснювати шифрування даних «на льоту» перед їх відправкою через бездротові або дротові інтерфейси до хмарного середовища або центрального сервера. Така організація стабільність детермінованих процесів у промисловій мережі, оскільки криптографічні операції практично не навантажують основне обчислювальне ядро, призначене для виконання алгоритмів керування.

Для забезпечення масштабованості та ефективного моніторингу результати аналізу аномалій разом із сенсорними даними можуть бути розміщені у гібридних сховищах хмарного рівня, що дозволяє застосовувати складні методи аналітики та візуалізації для оперативного прийняття управлінських рішень [2].

Ефективність запропонованого підходу полягає в реалізації концепції децентралізованої обробки, що є критично важливим для сучасної комп'ютерної інженерії. Це забезпечує високу автономність системи: навіть у разі тимчасової втрати зв'язку з глобальною мережею, локальний мікроконтролерний вузол продовжує виявляти загрози та захищати внутрішній трафік. Поєднання хмарних технологій із локальним інтелектуальним аналізом дозволяє будувати адаптивні та безпечні інфраструктури для міст, будівель і промислових підприємств [3].

Розроблена архітектура системи з функціями виявлення аномалій та криптографічного захисту забезпечує комплексний підхід до безпеки промислових мереж. Використання STM32 як бази для реалізації засобів захисту дозволяє досягти оптимального балансу між продуктивністю обчислень та енергоефективністю польового рівня. Інтеграція хмарних сервісів для зберігання та аналітики даних створює передумови для побудови масштабованих і гнучких систем, здатних адаптуватися до нових типів кіберзагроз [4]. Також планується впровадження моделей нейронних мереж для прогнозування станів системи та автоматичного налаштування параметрів безпеки без участі оператора. Такі рішення сприятимуть створенню надійної інформаційно-керуючої інфраструктури, що відповідає сучасним вимогам кібербезпеки та енергоефективності.

Список літератури

1. Скиба О. В. Методи та засоби криптографічного захисту інформації в промислових мережах IoT. // Системи обробки інформації. – 2024. – № 2 (173). – С. 28–35. <https://doi.org/10.30748/soi.2024.173.04>
2. Al-Abassi, A., Karimipour, H., Dehghantanha, A. et al. An integrated deep learning-based intrusion detection system for industrial control systems. // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2023. – Vol. 19, No. 2. – P. 1402–1411. <https://doi.org/10.1109/TII.2022.3162331>
3. Мельник А. О. Архітектура вбудованих систем для аналізу аномалій у реальному часі. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Комп'ютерні системи та мережі. – 2025. – Вип. 12. – С. 15–22.
4. Gountia, D., Sahoo, K. S. Hardware-Assisted Security for Industrial Internet of Things: A Comprehensive Survey. // Journal of Hardware and Systems Security. – 2024. – Vol. 8, No. 1. – P. 45–62. <https://doi.org/10.1007/s41635-023-00142-9>

УДК 631.03

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ІРИГАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

Тимчук С.О., д.т.н., доц.
Глущенко М.В., здобувачка РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, stym@btu.kharkov.ua

Анотація. У тезах розглянуто підхід до побудови розподіленої системи керування іригаційною системою на основі датчиків вологості ґрунту, локальних контролерів, каналів бездротового зв'язку та центрального вузла диспетчеризації. Обґрунтовано актуальність автоматизації зрошення в умовах обмеженості водних ресурсів. Проаналізовано функціональні вимоги до системи, визначено її структурні елементи та принцип роботи. Показано, що використання розподіленої архітектури дає змогу забезпечити масштабованість, підвищити надійність функціонування та організувати дистанційний моніторинг і керування процесом поливу.

Ключові слова: іригаційна система, розподілене керування, PLC, датчики, IoT, SCADA

Сільське господарство залишається найбільшим споживачем прісної води, тому питання точного та керованого зрошення безпосередньо пов'язане з ефективністю використання водних ресурсів. За матеріалами FAO, у середньому сільське господарство забезпечує близько 70 % глобальних вилучень прісної води, що підтверджує необхідність переходу від традиційних схем поливу до автоматизованих систем [1]. У цих умовах особливої ваги набуває створення систем, здатних реагувати на зміни вологості ґрунту, метеорологічних параметрів та технологічного стану обладнання в реальному часі. Одним із перспективних напрямів є використання розподілених систем керування, у яких збір даних, локальна обробка сигналів і формування керувальних дій виконуються не в одному центрі, а на кількох взаємопов'язаних вузлах. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку інтелектуального зрошення. У наукових оглядах відзначається, що бездротові сенсорні мережі в іригації забезпечують гнучкість, масштабованість, можливість самоорганізації та ефективний контроль параметрів середовища, а їх інтеграція з системами керування сприяє раціональному використанню поливної води [2]. Для реалізації розподіленої системи керування доцільно застосовувати багаторівневу архітектуру (рис. 1). На нижньому рівні розміщуються датчики вологості ґрунту, температури та, за потреби, датчики тиску/витрати води (табл. 1). На середньому рівні локальні контролери, які приймають сигнали від датчиків, порівнюють їх із заданими уставками та формують команди для електромагнітних клапанів і насосного обладнання. На верхньому рівні диспетчерський вузол або SCADA-інтерфейс, що забезпечує візуалізацію технологічного процесу, архівування даних та дистанційне втручання оператора. Практичну придатність такого підходу для іригаційних систем підтверджує праця Й. Кім, Р. Г. Еванс та В. М. Іверсен, у якій описано дистанційний контроль і керування зрошенням на базі розподіленої бездротової сенсорної мережі [3].

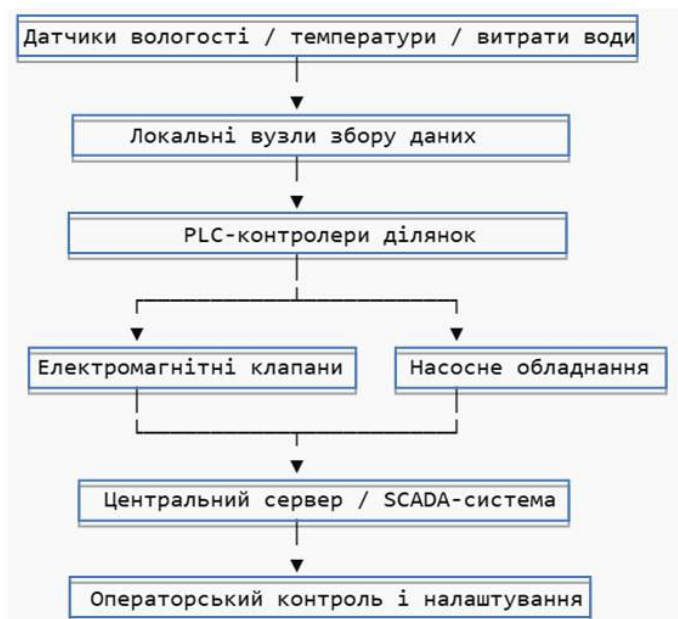


Рис. 1. Структурна схема розподіленої системи керування іригацією

Таблиця 1 – Основні компоненти розподіленої системи керування іригацією

Компонент системи	Основне призначення	Результат використання
Датчики вологості ґрунту	Вимірювання поточного стану зволоження ґрунту	Даних для прийняття рішень щодо поливу
Датчики температури та метеопараметрів	Контроль зовнішніх умов роботи системи	Уточнення режимів зрошення
Локальні вузли збору даних	Приймання та передача даних від сенсорів	Обмін інформацією між рівнями системи
PLC-контролери	Реалізація алгоритмів керування в реальному часі	Автоматичне керування клапанами й насосами
Виконавчі механізми	Безпосереднє відкриття / закриття подачі води	Фізичне виконання команд системи
Сервер або SCADA	Централізований моніторинг, архівування та візуалізація	Дистанційний контроль і аналітика роботи системи

Під час розробки системи важливо врахувати не лише функціональність, а й вимоги до надійності. Якщо структура є централізованою, вихід з ладу одного вузла може призвести до втрати керування значною частиною технологічного процесу. Натомість розподілена організація дає змогу локальним модулям продовжувати виконання базових алгоритмів навіть за втрати зв'язку з верхнім рівнем. Додатковою перевагою є зручність масштабування: під час розширення площі зрошення достатньо додати нові вузли контролю без повного перепроєктування всієї системи [2].

З погляду програмно-технічної реалізації доцільним є використання програмованих логічних контролерів, оскільки саме PLC широко застосовуються в системах промислової автоматизації завдяки роботі в

реальному часі, модульності та сумісності з виконавчими пристроями. У праці С. Тимчука, О. Піскарьова та співавторів наголошено на перспективності розширення практичного застосування PLC-архітектур для побудови логічних систем керування, що є важливим і для аграрних об'єктів автоматизації [4]. Для іригаційної системи це означає можливість побудови стабільного керуючого контуру з чітко визначеними алгоритмами вмикання та вимикання поливу залежно від поточних вимірювань. Алгоритм роботи запропонованої системи може бути поданий так. Після зчитування даних із сенсорів локальний контролер порівнює поточну вологість із встановленим діапазоном. Якщо значення нижче порогового, формується команда на відкриття клапана та запуск подачі води. Після досягнення нормативного рівня вологості подача припиняється. Паралельно всі значення передаються на центральний вузол для реєстрації, аналізу та коригування параметрів роботи. Подібний підхід відповідає сучасним IoT-рішенням у сфері краплинного зрошення, де веб-орієнтовані додатки та сенсори використовуються для безперервного моніторингу і керування подачею води [5].

Отже, розподілена система керування іригаційною системою є доцільним технічним рішенням для сучасного агровиробництва. Її впровадження сприяє підвищенню точності поливу, зменшенню залежності від людського фактора, покращенню контролю за станом обладнання та створює основу для подальшої інтеграції прогнозних алгоритмів і хмарних сервісів. Перспективою подальших досліджень є моделювання режимів роботи системи за різних типів ґрунтів, культур і каналів зв'язку, а також експериментальна перевірка енергоефективності окремих вузлів.

Список літератури

1. FAO. Water for Sustainable Food and Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i7959en>.
2. Hamami L., Nassereddine B. Application of wireless sensor networks in the field of irrigation: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. Vol. 179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105782>.
3. Kim Y., Evans R. G., Iversen W. M. Remote Sensing and Control of an Irrigation System Using a Distributed Wireless Sensor Network. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2008. Vol. 57, No. 7. P. 1379-1387. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIM.2008.917198>.
4. Tymchuk S., Piskarev O., Miroshnyk O., Halko S., Shchur T. Expansion of the Zone of Practical Application of PLC with Parallel Architecture. *Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska*. 2022. Vol. 12, No. 3. P. 16-19. DOI: <https://doi.org/10.35784/iapgos.2983>.
5. Jain R. K. Experimental performance of smart IoT-enabled drip irrigation system using and controlled through web-based applications. *Smart Agricultural Technology*. 2023. Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100215>.

УДК 631.365.2

АНАЛІЗ ЛІНІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ ЯК ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Абраменко І.Г., к.т.н., доц.
Тюльпінов М.С., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, abramenko@btu.kharkov.ua

Анотація. Приведені результати дослідження параметрів технологічного процесу виготовлення кисломолочних напоїв. Визначені функції система керування цим технологічним процесом та сформовані вимоги необхідні для забезпечення ефективної роботи системи автоматизації.

Ключові слова: молоко, ряжанка, об'єкт управління, пастеризатор, автоматизація

Кисломолочні напої одержують із молока, вершків, або рецептурних сумішей шляхом додавання закваски та сквашування. Вид та якість кисломолочного продукту залежить від штаму заквашувальної мікрофлори; якості сировини; технології виробництва.

У процесі сквашування мікроорганізми спричиняють у продукті молочнокисле бродіння та формують характерні органолептичні показники. Саме від штаму бактерій залежить смак, колір, запах та в'язкість готового продукту. Важливими представниками молочнокислих бактерій є лактококи.

До кисломолочних напоїв відносяться йогурт, кефір та ряжанка [1, с. 89].

Технологічні процеси молочного виробництва є складним технологічним комплексом, характерними особливостями якого є високий ступінь невизначеності, велика розмірність, латентність показників якості сировини та напівфабрикатів, багатоцільова поведінка, коли пріоритетність цілей залежить від ситуації, яка виникає в залежності від обстановки на об'єкті управління.

Існуючі системи автоматизації технологічних процесів молочного виробництва не забезпечують оперативного комплексного реагування на швидкоплинні зміни ситуаційної поведінки об'єктів управління, яка залежить від багатьох чинників технологічного та організаційного характеру.

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування технологічного процесу виробництва ряжанки за рахунок удосконалення систем автоматизації шляхом використання алгоритмів діагностики і прогнозування, впровадження підсистеми технологічного моніторингу, що повинно позитивно вплинути на якість продукції.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси виробництва ряжанки, що реалізовані на сучасному технологічному обладнанні.

Ряжанка – кисломолочний продукт, який виробляється сквашуванням пряженого молока чистими культурами термофільного молочнокислого стрептокока *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*.

Виготовляють ряжанку на основі пряженого молока термостатним і резервуарним способом.

Виробництво ряжанки здійснюють безперервним або періодичним способом, що включає в себе наступні основні стадії:

- підготовка жирової сировини;
- підготовка молока;
- підготовка емульгаторів та інших нежирової компонентів;
- приготування емульсії;
- отримання ряжанки;
- розфасовка, упаковка, штабелювання готової продукції.

Для цього технологічного процесу потрібно автоматизувати процеси пастеризації молока, а саме: нагрівання, очищення, витримку молока та подальше охолодження, завантаження пастеризованого молока в резервуар для сквашування, додавання закваски в молоко за допомогою спеціального насос-дозатора та одночасне перемішування суміші, підтримання температури сквашування та слідкування за кислотністю продукту, охолодження отриманого йогурту та подача готового продукту на фасування.

Система, що розробляється, призначена для автоматизації технологічного процесу з виготовлення йогурту. Тобто вона повинна керувати пастеризацією молока та заквашуванням йогурту.

Для цього повинні використовуватись датчики контролю різних параметрів.

Датчик температури потрібен для того щоб слідкувати за температурою в резервуарах, датчик тиску потрібен для контролю тиску в резервуарах. Під час процесу сквашування необхідний вимірювач кислотності, який дає змогу слідкувати за процесом сквашування і визначати коли цей процес закінчиться.

Для переміщення напівфабрикатів з одного резервуару в інший використовуються клапани та насоси. Для контролю кількості речовини до клапанів підключаються витратоміри.

Такою системою повинен управляти контролер, а оператор-технолог лише слідкує за процесом роботи і виправляє неполадки, про які повідомляє контролер.

Система повинна складатись з трьох контурів: контуру нагріву води, контуру пастеризації та контуру сквашування.

Перший контур відповідає за нагрівання води для пластинчастого теплообмінника.

Другий контур відповідає за гомогенізацію, пастеризацію і нагрів молока до температури заквашування.

Третій контур відповідає за заквашування молока.

Список літератури

1. Власенко В. В. Технологія молока та молочних продуктів / В. В. Власенко, М. П. Головка, Т. В. Семко Т. В. – Харків: ХДУХТ, 2018. – 202 с.

УДК 004.4:681.5

АДАПТИВНИЙ ЛЮДИНО-МАШИННИЙ ІНТЕРФЕЙС В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ

Демченко К.В., к.т.н., доц.
Кубась Є.С., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, yayaska31@gmail.com

Анотація. У статті розглянуто принципи побудови адаптивних людино-машинних інтерфейсів (НМІ) в автоматизованих системах керування. Проаналізовано підходи до динамічної зміни інтерфейсу залежно від ролі користувача, контексту роботи та стану технологічного процесу. Визначено роль адаптивності інтерфейсу у підвищенні ефективності взаємодії оператора з системою та зниженні ймовірності помилок.

Ключові слова: НМІ, адаптивний інтерфейс, SCADA, автоматизація, UX, людино-машинна взаємодія, промислові системи

Сучасні автоматизовані системи керування характеризуються високим рівнем складності, великою кількістю параметрів та необхідністю швидкого реагування на зміну стану технологічного процесу. У таких умовах ефективність роботи оператора значною мірою залежить від якості людино-машинного інтерфейсу. Традиційні статичні інтерфейси часто перевантажують користувача інформацією та не враховують контекст виконуваних задач, що може призводити до помилок та зниження продуктивності.

Метою роботи є дослідження підходів до реалізації адаптивних людино-машинних інтерфейсів у системах автоматизації та визначення їх впливу на ефективність взаємодії оператора з технологічними процесами.

Людино-машинний інтерфейс (НМІ) є ключовим елементом взаємодії між оператором і системою керування. У класичних реалізаціях НМІ інтерфейс залишається незмінним незалежно від ролі користувача чи поточного стану системи. Натомість адаптивні НМІ передбачають динамічну зміну структури, вмісту та поведінки інтерфейсу відповідно до контексту використання.

Одним із основних підходів до адаптації є врахування ролі користувача. Наприклад, оператору відображається лише необхідна інформація для контролю процесу, тоді як інженеру доступні розширені діагностичні дані та налаштування системи. Це дозволяє зменшити інформаційне навантаження та підвищити швидкість прийняття рішень.

Іншим важливим аспектом є контекстна адаптація інтерфейсу залежно від стану системи. У нормальному режимі роботи відображаються ключові параметри процесу, тоді як у разі виникнення аварійної ситуації інтерфейс автоматично змінюється, акцентуючи увагу користувача на критичних показниках. Це може включати зміну кольорової індикації, спливаючі повідомлення та автоматичне відкриття відповідних панелей керування.

Архітектурно адаптивні НМІ реалізуються як багаторівневі системи, що включають рівень збору даних, рівень логіки адаптації та рівень представлення.

Інтеграція з SCADA-системами забезпечує отримання даних у реальному часі, що є необхідною умовою для динамічної зміни інтерфейсу. Використання сучасних веб-технологій дозволяє створювати гнучкі інтерфейси, здатні адаптуватися до різних пристроїв та умов експлуатації.

Важливим компонентом адаптивного інтерфейсу є система керування станом, яка відслідковує поточний контекст роботи користувача. Це дозволяє забезпечити безперервність взаємодії та швидке перемикання між різними режимами відображення інформації. Використання подієво-орієнтованих механізмів забезпечує оперативне оновлення інтерфейсу у відповідь на зміну параметрів системи.

Додатково, адаптивні НМІ можуть використовувати механізми персоналізації, що базуються на аналізі поведінки користувача. Зокрема, система може запам'ятовувати часто використововувані функції та автоматично виносити їх у швидкий доступ. Це сприяє підвищенню зручності використання та зменшенню часу виконання типових операцій.

Ще одним перспективним напрямом є використання технологій машинного навчання для прогнозування дій оператора та оптимізації інтерфейсу. Аналізуючи історичні дані, система може передбачати потенційні сценарії розвитку подій і заздалегідь готувати відповідні елементи інтерфейсу, що значно підвищує ефективність реагування.

На практиці важливим є баланс між адаптивністю та передбачуваністю інтерфейсу. Надмірна динамічність може ускладнювати роботу користувача, особливо в критичних ситуаціях. Тому адаптація повинна бути обґрунтованою та відповідати принципам ергономіки і UX-дизайну.

Важливим аспектом реалізації адаптивного людино-машинного інтерфейсу є забезпечення кроссплатформеності та доступності на різних типах пристроїв. У сучасних умовах оператори можуть взаємодіяти із системою не лише через стаціонарні робочі станції, але й за допомогою планшетів або мобільних пристроїв. Це вимагає використання адаптивного дизайну (responsive design), який дозволяє автоматично змінювати структуру та масштаб елементів інтерфейсу залежно від розміру екрана. Такий підхід підвищує гнучкість системи та забезпечує безперервний доступ до критичної інформації незалежно від місця перебування користувача. Крім того, важливою складовою адаптивних НМІ є забезпечення безпеки взаємодії користувача із системою. Зокрема, реалізуються механізми аутентифікації та авторизації, які визначають рівень доступу до функціоналу інтерфейсу. Адаптація інтерфейсу може враховувати не лише роль користувача, але й контекст безпеки, наприклад, обмежуючи доступ до критичних операцій у разі підозрілої активності. Це дозволяє зменшити ризики несанкціонованого втручання та підвищити загальний рівень захищеності автоматизованих систем керування.

Список літератури

1. Hollifield B., Habibi E. The High Performance HMI Handbook. – PAS, 2010.
2. OPC Foundation. OPC Unified Architecture Specification. – 2024.

УДК 681.5

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СТІЧКОВИМ КОНВЕЄРОМ

Ковальчук Д.М., PhD

Ладоненко Д.В., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна

Анотація. У роботі запропоновано автоматизовану систему керування стрічковим конвеєром для агропромислового комплексу. Система включає апаратні засоби на базі програмованого логічного контролера та комплекс датчиків для контролю швидкості руху стрічки, навантаження, положення та параметрів навколишнього середовища. Система функціонує за принципом зворотного зв'язку та дозволяє автоматично регулювати швидкість транспортування матеріалу залежно від умов роботи. Використання частотного регулювання та засобів диспетчеризації забезпечує підвищення енергоефективності, зниження зношування обладнання та покращення безпеки експлуатації. Запропоноване рішення сприяє підвищенню продуктивності транспортних процесів, зменшенню втрат продукції та автоматизації виробничих операцій.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, автоматизована система керування, агропромисловий комплекс, програмований логічний контролер, датчики, частотний перетворювач, SCADA-система.

У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу України важливого значення набуває підвищення ефективності транспортно-технологічних процесів. Одним із ключових елементів таких процесів є стрічкові конвеєри, що широко використовуються для переміщення зерна, комбікормів, насіння та інших сипких матеріалів. Зростання обсягів виробництва, а також підвищення вимог до якості продукції обумовлюють необхідність впровадження автоматизованих систем керування, які дозволяють оптимізувати режими роботи обладнання, зменшити енерговитрати та забезпечити безпечну експлуатацію. У цьому контексті розробка та дослідження автоматизованої системи керування стрічковим конвеєром є актуальним науково-прикладним завданням [1].

Об'єктом дослідження є стрічковий конвеєр як електромеханічна система, що використовується в агропромисловому комплексі для транспортування сипких матеріалів. Предметом дослідження виступають методи та засоби автоматизованого керування режимами роботи стрічкового конвеєра. Метою роботи є розробка та дослідження ефективної автоматизованої системи керування, яка забезпечує оптимальні режими функціонування конвеєра, підвищення його продуктивності, енергоефективності та надійності.

Основою автоматизованої системи керування є програмований логічний контролер, який виконує функції центрального обчислювального та керуючого вузла. Контролер забезпечує збір, обробку та аналіз сигналів, що надходять від різноманітних датчиків, а також формує керуючі впливи на виконавчі механізми. Використання контролерів дозволяє реалізувати складні алгоритми

керування, зокрема підтримання оптимальної швидкості руху стрічки, адаптацію до змін навантаження та автоматичне реагування на аварійні ситуації. У системах агропромислового призначення контролери повинні відзначатися підвищеною надійністю, стійкістю до пилу, вологи та температурних коливань.

Важливою складовою системи є комплекс датчиків, що забезпечують отримання інформації про стан конвеєра та параметри технологічного процесу. Датчики швидкості дозволяють контролювати рівномірність руху стрічки та виявляти її прослизання. Датчики навантаження визначають кількість матеріалу, що транспортується, що є необхідним для оптимізації режимів роботи. Датчики сходу стрічки забезпечують контроль її положення відносно осі руху, запобігаючи аварійним ситуаціям. У специфічних умовах агропромислового виробництва додатково застосовуються датчики температури та вологості, які дозволяють контролювати стан продукції та запобігати її псуванню під час транспортування.

До засобів автоматизації також належать частотні перетворювачі, що використовуються для керування електроприводом конвеєра. Вони забезпечують плавний пуск і зупинку, а також регулювання швидкості руху стрічки залежно від навантаження. Це дозволяє знизити механічні навантаження на елементи конструкції, зменшити енергоспоживання та підвищити довговічність обладнання. Важливу роль відіграють системи візуалізації та диспетчеризації, які реалізуються на базі SCADA-систем. Вони забезпечують оператору доступ до інформації в режимі реального часу, дозволяють контролювати параметри процесу та оперативно реагувати на відхилення. Додатково в систему інтегруються засоби захисту, зокрема аварійні вимикачі, системи контролю перевантаження та перегріву, що забезпечують безпечну експлуатацію обладнання.

Отже, система керування стрічковими конвеєрами є важливим напрямом модернізації агропромислового виробництва. Використання сучасних засобів автоматизації, зокрема програмованих контролерів, датчиків та інтелектуальних систем керування, відкриває широкі можливості для підвищення ефективності, надійності та конкурентоспроможності підприємств аграрного сектору. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на впровадження елементів штучного інтелекту та прогнозової аналітики для оптимізації роботи обладнання та запобігання аварійним ситуаціям.

Список літератури

1. Ковальчук Д. М. Автоматизована система керування стрічковим конвеєром // Інформаційні технології і автоматизація – 2025: матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 30–31 жовтня 2025 р.). Одеса: Видавництво ОНТУ, 2025. С. 417–419. URL: <https://ontu.edu.ua/download/konfi/2025/Collection-of-abstracts-of-the-conference-ITIA-2025.pdf>

УДК 631.365.2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ РОЗЛИВУ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ У ПЛЯШКИ

Абраменко І.Г., к.т.н., доц.
Кріль А.А., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, abramenko@btu.kharkov.ua

Анотація. Приведені результати дослідження параметрів технологічного процесу розливу харчової продукції у пляшки. Визначені функції система керування технологічним процесом та відповідні контури системи регулювання

Ключові слова: харчова промисловість, розлив продукції, автоматизація, функціональна схема

Автоматизовані системи розливу рідин сьогодні є невід'ємною складовою сучасного виробництва, відіграючи ключову роль у харчовій, фармацевтичній, косметологічній та побутовій промисловості. Їх основне завдання полягає у забезпеченні максимально точного, стабільного та контрольованого дозування різних рідких продуктів у тару заданого об'єму або ваги.

Завдяки впровадженню таких систем підвищується продуктивність підприємств, покращується якість кінцевої продукції, скорочуються витрати на сировину, а також зводиться до мінімуму вплив людського фактора. Однією з найважливіших галузей, де широко впроваджується автоматизований розлив рідин, є харчова промисловість [1, с. 212].

На лініях виробництва напоїв (води, соків, рослинної олії, солодких газованих напоїв, енергетиків та молочних продуктів) такі системи виконують чітке наповнення пляшок певним об'ємом, пакування і маркування готової продукції.

Метою досліджень є проведення розробки системи автоматизованого управління лінією розливу мінеральної води.

Лінії розливу рідин представляють собою високотехнологічні комплекси, основна функція яких – забезпечення точного, стабільного та контрольованого дозування різних типів рідин в упаковки визначеного об'єму і форми.

Вони інтегрують механічні, електронні, програмні та сенсорні компоненти, що спільно формують цілісну автоматизовану систему управління процесом [2, с. 115].

У процесі дослідження проведено ретельний аналіз сучасних методів розливу, які активно використовуються на підприємствах харчової промисловості, а також опрацьовано наявні технічні рішення в цій сфері.

Здійснено класифікацію систем автоматичного розливу, розглянуто їх конструктивні особливості та досліджено принципи функціонування.

Особливу увагу приділено аналізу методів вимірювання об'єму рідини,

серед яких виділяються дозування за часовим інтервалом, ваговий метод та використання потокових датчиків.

На основі проведеного дослідження можна визначити основні вимоги до проекрованої системи.

Система повинна забезпечувати точне дозування мінеральної води відповідно до заданих параметрів. Вона має підтримувати налаштування об'єму дозування, можливість роботи з різними типами тари.

Процес дозування повинен бути синхронізований із транспортною системою для мінімізації простоїв. Система повинна бути зручною для оператора, включаючи наявність інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу управління, який дозволяє задавати параметри роботи, переглядати стан системи та отримувати повідомлення про помилки. Конструкція системи повинна забезпечувати легкість обслуговування, включаючи швидкий доступ до дозатора, фільтрів та інших вузлів.

Проектована система має працювати зі швидкістю, достатньою для обслуговування виробничих ліній високої продуктивності.

Система повинна забезпечувати високу точність дозування, щоб відхилення від заданого об'єму не перевищувало $\pm 1\%$.

Система повинна мати низьке енергоспоживання за рахунок використання енергоефективних компонентів, таких як сучасні насоси, приводи та контролери. Вона також повинна підтримувати режими енергозбереження під час простоїв.

Розробка системи повинна базуватися на стандартах надійності, зокрема, забезпечувати стійкість до перепадів напруги, використовувати механізми аварійної зупинки, а також датчики для запобігання переливанню рідин.

Матеріали, що контактують із продуктом, мають відповідати вимогам щодо харчової безпеки або хімічної стійкості (наприклад, нержавіюча сталь чи спеціалізовані полімери) для уникнення забруднення продукції.

Система повинна бути спроектована за модульним принципом, що дозволяє легко модернізувати або замінювати окремі компоненти, наприклад, дозувальний пристрій або програмне забезпечення.

Це забезпечує адаптивність системи до змін у виробництві чи нових вимог.

Система має підтримувати інтеграцію в автоматизовані виробничі лінії й ефективно функціонувати у взаємодії з іншими системами, такими як пакувальні, маркувальні та контрольно-аналітичні модулі.

Запропоновані вимоги спрямовані на розробку високоінтелектуальної, продуктивної та безпечної системи, яка відповідає сучасним стандартам автоматизації та виробничим запитам, забезпечуючи ефективність і гнучкість.

Список літератури

1. Черниш О. В. Технологічне обладнання харчових виробництв. Дозувальні та розливні машини / О. В. Черниш. – Львів: Новий Світ, 2017. – 356 с.
2. Пальчевський Б. О. Автоматизація технологічних процесів / Б. О. Пальчевський. – Львів: Світ, 2007. – 392 с.

УДК 631.365.2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Абраменко І.Г., к.т.н., доц.
Лисиця А.Є., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, abramenko@btu.kharkov.ua

Анотація. Приведені результати дослідження параметрів технологічного процесу очищення стічних вод фермерського господарства. Визначені функції система керування технологічним процесом та відповідні контури системи регулювання

Ключові слова: стічні води, очищення, автоматизація, біогазова установка

У сучасному агропромисловому комплексі найбільший вплив на стан довкілля спричиняють промислові стоки тваринницьких підприємств, у складі яких переважає значна кількість рідкого гною. Україна належить до держав із розвиненим аграрним сектором, у якому тваринництво відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки країни та сприяє стабільності її економічного розвитку.

У сучасних умовах розвитку великих підприємств тваринництва, особливо свинарських комплексів, питання зменшення їхнього негативного впливу на навколишнє середовище стають вкрай актуальними [1, с. 67]. Інтенсивне вирощування тварин супроводжується утворенням значної кількості відходів, таких як сеча, гній, стічні води, залишки кормів, стимулятори росту, ветеринарні препарати та засоби дезінфекції. Ці відходи є основними джерелами хімічних і біологічних забруднень. Одним із найбільш ефективних, екологічно безпечних та енергетично вигідних рішень є анаеробна (метанова) переробка відходів тваринництва.

Метою досліджень є проведення розробки системи автоматизації біогазової установки для анаеробної переробки відходів тваринництва.

Виконано аналіз сучасних технологій утилізації гноєвих стоків, які застосовуються на таких підприємствах. Виявлено, що найбільш перспективним, екологічно безпечним та енергоефективним методом переробки гноєвих стоків є анаеробна, або метанова, технологія. Ця технологія передбачає розкладання органічних відходів у біогазових установках без доступу кисню, за участю спеціальних бактерій, у результаті чого утворюється біогаз.

Проведений аналіз технологічного процесу в біогазовій установці дозволяє зробити висновок, що одним із ключових завдань є створення ефективної та надійної системи автоматизації. Основною метою цього є забезпечення стабільної роботи установки, підвищення її ефективності та оперативність реагування на зміну умов.

У зв'язку з цим до системи автоматизації висувуються наступні вимоги та функціональні можливості.

Автоматизація і контроль завантаження вихідної сировини. Важливо забезпечити точне дозування компонентів, які додаються до процесу, щоб гарантувати коректні умови мікробіологічного бродіння.

Організація ефективного перемішування субстрату за допомогою мішалок. Перемішування має бути безперервним і рівномірним, щоб уникнути утворення зон застою та забезпечити оптимальні умови для біохімічних реакцій.

Підтримання необхідного температурного режиму в реакторі, зокрема у межах мезофільного чи термофільного режиму, залежно від типу технологічного процесу. Це потребує високоточного контролю і регулювання температурних параметрів.

Впровадження безперервного моніторингу таких важливих параметрів, як температура, рівень субстрату в резервуарах, тиск газу в газгольдері, а також кислотність середовища (рівень рН). Такий підхід дозволяє оперативно виявляти можливі відхилення і запобігати позаштатним ситуаціям.

Автоматизація включає також контроль роботи основних механізмів: насосів, шнеків, дозаторів і систем підготовки сировини. Це стосується регулювання вологості сировини і ступеня її подрібнення, щоб забезпечити найкращі умови для подальшого бродіння.

Робота аварійних систем також є критичним компонентом. Безпека повинна забезпечуватися через швидке реагування на позаштатні ситуації, зокрема режими аварійної зупинки установок або скидання надлишкового тиску газу в газгольдері.

Крім основних функцій контролю і регулювання, система автоматизації повинна містити засоби для візуалізації ходу всього технологічного процесу. Це можуть бути мнемосхеми та інші візуальні інтерфейси, що дозволяють диспетчерам оперативно оцінювати стан установки. Додатково потрібна функція архівування даних та формування звітів для подальшого аналізу ефективності роботи установки.

З метою реалізації вказаних вимог до автоматизації необхідно розробити спеціалізовану SCADA-систему. Вона має виконувати функції диспетчеризації, оперативного відображення параметрів на екранах у вигляді мнемосхем, зберігання історичних даних у системному архіві та оперативного сповіщення про виникнення аварійних ситуацій.

Система автоматизації біогазової установки має бути оснащена засобами для точного регулювання температури у метантенку, контролю рівня вологості біомаси в резервуарах та моніторингу кислотності субстрату.

Досліджено ключові екологічні переваги виробництва біогазу, включаючи зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу, а також визначено можливі недоліки даного методу.

Список літератури

1. Слободяник М. С. Біоконверсія органічних відходів: теорія і практика / М. С. Слободяник – Київ, 2015. – 208 с.

УДК 004.4:567.5

ПІДХОДИ ДО САМОДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛК

Демченко К.В., к.т.н., доц.
Абанышина А.П., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, yayaska31@gmail.com

Анотація. У статті розглянуто сучасні підходи до побудови систем самодіагностики в автоматизованих технологічних комплексах із використанням програмованих логічних контролерів (ПЛК). Проаналізовано методи виявлення несправностей, архітектурні рішення та механізми реалізації діагностичних функцій у реальному часі. Визначено роль вбудованих засобів моніторингу та алгоритмів обробки подій у підвищенні надійності та безпеки функціонування систем автоматизації.

Ключові слова: ПЛК, самодіагностика, автоматизація, промислові системи, SCADA, fault detection, надійність

Сучасні системи автоматизації технологічних процесів характеризуються високим рівнем складності, розподіленістю компонентів та жорсткими вимогами до безперервності роботи. У таких умовах своєчасне виявлення несправностей та попередження аварійних ситуацій є критично важливими завданнями. Традиційні підходи до обслуговування, що базуються на періодичній перевірці обладнання, поступово поступаються місцем інтелектуальним системам самодіагностики, здатним у режимі реального часу аналізувати стан обладнання. Метою роботи є дослідження та узагальнення підходів до реалізації механізмів самодіагностики в системах автоматизації на базі програмованих логічних контролерів.

Програмовані логічні контролери (ПЛК) є ключовими елементами сучасних автоматизованих систем управління. Завдяки своїй надійності, модульності та можливості роботи в жорстких промислових умовах, ПЛК широко застосовуються для керування технологічними процесами. Сучасні ПЛК мають вбудовані засоби діагностики, які дозволяють контролювати стан як апаратної частини (модулі вводу/виводу, комунікаційні інтерфейси), так і програмного забезпечення. Одним із базових підходів до самодіагностики є використання внутрішніх механізмів контролю стану ПЛК. До них належать перевірка цілісності пам'яті, контроль виконання циклу програми (watchdog-таймери), а також моніторинг помилок вводу/виводу. У разі виявлення відхилень система генерує діагностичні повідомлення, які можуть бути передані до SCADA-системи для подальшого аналізу оператором. Іншим важливим підходом є реалізація алгоритмів функціональної діагностики безпосередньо в логіці керування. Це передбачає аналіз технологічних параметрів і виявлення аномалій на основі заданих порогових значень або моделей поведінки системи. Наприклад, різке відхилення температури або тиску від нормального діапазону може свідчити про несправність датчика або виконавчого механізму [1].

Архітектурно системи самодіагностики можуть бути централізованими або розподіленими. У централізованому підході всі діагностичні дані збираються та обробляються на рівні SCADA або серверів верхнього рівня. У розподіленому підході частина обчислень виконується безпосередньо на рівні ПЛК, що дозволяє зменшити затримки реагування та підвищити автономність системи. Особливу роль відіграє інтеграція ПЛК із SCADA-системами, що забезпечує візуалізацію стану обладнання, журналювання подій та формування аналітичних звітів. Використання протоколів промислового зв'язку (Modbus, OPC UA) дозволяє організувати ефективний обмін діагностичною інформацією між компонентами системи. Для підвищення ефективності самодіагностики застосовуються методи обробки подій та журналювання (logging). Аналіз історичних даних дозволяє виявляти тенденції деградації обладнання та реалізовувати підходи предиктивного обслуговування. У цьому контексті перспективним є використання методів машинного навчання для автоматичного виявлення аномалій. Додатковим важливим підходом є використання механізмів резервування та самоконтролю каналів зв'язку між компонентами системи. У промислових умовах збої комунікації можуть призводити до втрати критичних даних або некоректного керування технологічними процесами [2]. Реалізація дублювання каналів передачі даних, а також застосування протоколів із вбудованими механізмами перевірки цілісності (CRC, контрольні суми) дозволяє підвищити надійність системи. ПЛК можуть автоматично визначати втрату зв'язку з периферійними пристроями та переходити у безпечний режим роботи. Ще одним перспективним напрямом є впровадження адаптивних алгоритмів самодіагностики, які враховують зміну умов експлуатації обладнання. На відміну від статичних порогових моделей, такі алгоритми здатні коригувати параметри діагностики на основі накопичених даних та поточних характеристик процесу. Це дозволяє зменшити кількість хибних спрацьовувань та підвищити точність виявлення реальних несправностей. Реалізація подібних підходів можлива як на рівні ПЛК, так і з використанням зовнішніх аналітичних систем. На практиці важливим аспектом є оптимізація навантаження на ПЛК. Надмірна кількість діагностичних перевірок може призвести до збільшення часу циклу виконання програми. Тому необхідно знаходити баланс між глибиною діагностики та продуктивністю системи.

Використання програмованих логічних контролерів як основи для реалізації систем самодіагностики дозволяє значно підвищити надійність і безпеку автоматизованих технологічних процесів. Поєднання вбудованих механізмів контролю, алгоритмів функціональної діагностики та інтеграції зі SCADA-системами забезпечує своєчасне виявлення несправностей і мінімізацію простоїв. Подальший розвиток даного напрямку пов'язаний із впровадженням інтелектуальних методів аналізу даних та концепцій Industry 4.0.

Список літератури

1. Bolton W. Programmable Logic Controllers. – Oxford: Newnes, 2015.
2. OPC Foundation. OPC Unified Architecture Specification. – 2024.

УДК 631.365.2

ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ

Абраменко І.Г., к.т.н., доц.
Мушенко Б.А., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, abramenko@btu.kharkov.ua

Анотація. Приведені результати дослідження параметрів технологічного процесу приготування кисломолочного сиру. Визначені функції система керування цим технологічним процесом та сформовані вимоги необхідні для забезпечення ефективної роботи системи автоматизації.

Ключові слова: кисломолочний сир, методи сквашування молока, автоматизація

Виробництво молочних продуктів є одним із ключових напрямів розвитку економіки України. Кисломолочний сир, як важлива складова цього сектору, є дуже популярним продуктом харчування, який вирізняється своєю універсальністю. Він може бути вжитий як окрема страва та використовуватись як основа для приготування інших страв і десертів.

Кисломолочний сир – це традиційний білковий кисломолочний продукт, який має високі харчові і лікувально-дієтичні властивості. Його виготовляють з молока шляхом коагуляції білків, обробки отриманого білкового згустку та подальшого дозрівання сирної маси. При дозріванні всі складові сирної маси піддаються глибоким змінам, в результаті яких в ній накопичуються смакові та ароматичні речовини, набуваються властиві даному виду сиру консистенція і характеристики.

Молоко є дуже чутливою сировиною, яка потребує суворого дотримання технологічних параметрів [1, с. 37]. З огляду на це, автоматизація виробництва це одне з першочергових завдань при виготовленні молочної продукції. Завдяки автоматизації можна досягти більшої точності, зменшити ризик помилок, забезпечити зручність управління та покращити якість і безпеку готової продукції. Метою досліджень є проведення розробки енергоефективної автоматизованої системи керування, що забезпечує високу продуктивність та якість виробництва кисломолочного сиру, а також зниження витрат на його виробництво.

Виконано детальний аналіз актуальних методів сквашування молока, які широко застосовуються в харчовій промисловості, та проведено оцінку існуючих технічних рішень у цій галузі. Для забезпечення безперервного виробництва кисломолочного сиру необхідно проводити постійний контроль у автоматичному режимі за рядом параметрів, що гарантують стабільність технологічного потоку [2, с. 367]. Перед розробленням системи управління процесом безперервного виробництва кисломолочного сиру необхідно ідентифікувати технологічні параметри, що підлягають контролю та

автоматичному регулюванню.

Особливий акцент зроблено на вивченні способів оптимізації процесу автоматичного регулювання температури на виході гріючої "сорочки" вертикального апарата для сквашування молока, який було обрано як основний об'єкт керування. На основі аналізу технологічного процесу, особливостей об'єкта керування та вимог до його функціонування сформульовано вимоги, необхідні для забезпечення ефективної роботи системи автоматизації.

Автоматизована система керування виготовленням кисломолочного сиру повинна забезпечувати широкий спектр функціональних можливостей, спрямованих на оптимізацію виробничих процесів. Її основна задача полягає у виконанні наступних операцій:

- автоматичне регулювання, постійний контроль і своєчасна сигналізація температурних параметрів, необхідних для процесу нагріву і охолодження згустку, забезпечуючи стабільність технологічного циклу;
- забезпечення регулювання, моніторингу та подачі сигналів щодо верхнього граничного рівня тиску кисломолочного сиру перед подачею в систему охолодження, що сприятиме превентивному управлінню можливими коливаннями параметрів;
- контроль температури кисломолочного сиру після проходження етапу охолодження, автоматизоване відстеження змін і сигналізація у разі невідповідності встановленим стандартам;
- регулювання температурних умов для процесів нагріву і охолодження згустку, що сприяє підтриманню необхідних характеристик продукту;
- автоматичне управління температурою охолодження кисломолочного сиру;
- енергоефективне управління роботою електродвигунів обладнання, забезпечуючи їх злагоджене функціонування в діапазонах заданих параметрів роботи;
- постійний контроль і моніторинг обсягів витрати маси згустку для запобігання порушенням технології переробки сировини;
- своєчасну сигналізацію у випадку досягнення максимального значення тиску згустку перед введенням його в апарат теплової обробки, дозволяючи реагувати на зміну тиску;
- оперативну сигналізацію щодо верхнього і нижнього рівнів продукту, що міститься в резервуарі сквашування, для забезпечення безперервності його виробництва;
- моніторинг роботи клапанів і насосів із поданням сигналізації про їх стан, що дає змогу запобігти виникненню несправностей та забезпечити технічну надійність системи.

Список літератури

1. Єресько Г. О. Технологічне обладнання молочних виробництв / Г. О. Єресько, М. М. Шинкарик, В. Я. Ворошук. – Київ: ІНК ОС, 2007. – 337 с.
2. Гончаренко Б. М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк. – Київ: НУХТ, 2014. – 600 с.

УДК 631.365.2

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦУКРУ ЯК ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Абраменко І.Г., к.т.н., доц.
Павліченко І.О., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, abramenko@btu.kharkov.ua

Анотація. Приведені результати дослідження параметрів технологічного процесу приготування цукру. Визначені функції система керування технологічним процесом та відповідні контури системи регулювання

Ключові слова: цукор, випарювання, автоматизація, екстракція

На сучасному етапі розвитку виробництва цукру, виходячи з безперервності технологічного процесу з використанням основного безперервно працюючого обладнання, є всі передумови для всебічної та повної автоматизації.

Метою досліджень є теоретичне обґрунтування та розробка принципів побудови автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва цукру з урахуванням вимог до ефективності, надійності та якості продукції.

Проектування сучасних автоматизованих систем здійснюється за ієрархічним принципом, що охоплює три рівні: польовий, контролерний та диспетчерський. Робота такої системи реалізується через механізм зворотного зв'язку, де поточні показники з датчиків порівнюються з еталонними уставками, після чого система генерує коригувальний сигнал. Для стабілізації процесів та досягнення максимальної точності найчастіше застосовується алгоритм ПІД-регулювання [1].

До системи висуваються жорсткі вимоги щодо відмовостійкості, енергоефективності та зручності людино-машинного інтерфейсу (НМІ). Таким чином, впровадження комплексної АСУ ТП дозволяє не лише стабілізувати якість цукру, а й суттєво знизити енерговитрати та усунути ризики, пов'язані з людським фактором, що є ключовим для подальшої модернізації галузі.

Як витікає із аналізу параметрів, що характеризують процеси виготовлення цукру, головні енерговитрати та втрати цукру відбуваються у процесах дифузії та кристалізації. Тому, відповідно до визначеної мети роботи, сформулюємо головні завдання керування об'єктом: стабілізація витрат стружки бурякорізки та рівня маси у бункері; оптимізація процесу екстракції; керування гідродинамічним та температурним режимом установки.

Список літератури

1. Ладанюк А. П. Автоматизація технологічних процесів та систем керування. – Київ: Ліра, 2019. – 484 с.

УДК 004.382.7:004.93'1

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ СПЕКТРУ ЗВУКОВОГО СИГНАЛУ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.
Артеменко В. О. здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkiv.ua

Анотація. У статті розглянуто підхід до побудови спеціалізованої системи обробки звукових сигналів на базі сучасних мікроконтролерів. Запропоновано архітектуру пристрою, що поєднує високошвидкісне аналого-цифрове перетворення із алгоритмами швидкого перетворення Фур'є (FFT) для отримання спектральних характеристик у реальному часі. Особливу увагу приділено оптимізації обчислювальних ресурсів ядра мікроконтролера для забезпечення високої частоти дискретизації та візуалізації результатів аналізу. Продemonстровано переваги використання вбудованих модулів DSP для обробки сигналів у децентралізованих системах моніторингу.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, цифрова обробка сигналів, мікроконтролер STM32, аналіз спектру, швидке перетворення Фур'є (FFT), вбудовані системи

Стрімкий розвиток цифрових технологій обробки сигналів (DSP) змінює підходи до розробки систем акустичного моніторингу та діагностики. Особливої актуальності набуває впровадження інтелектуальних засобів аналізу спектру, що забезпечує можливості ідентифікації звукових образів, дефектоскопії обладнання та фільтрації шумів у режимі реального часу. Традиційні аналізатори базувалися на стаціонарних обчислювальних комплексах, й поступово витісняються компактними мікроконтролерними рішеннями завдяки їх гнучкості, енергоефективності та мобільності [1]. Саме тому концепція інтеграції засобів спектрального аналізу в структуру сучасних АСК вважається однією з провідних у галузі комп'ютерної інженерії та промислового Інтернету речей. Підвищення точності розпізнавання сигналів, створення адаптивних систем шумозаглушення та діагностика механічних вузлів за їх акустичним профілем – усе це є ключовими завданнями, які стоять перед розробниками вбудованих систем. У зв'язку з цим виникає потреба у побудові архітектур, здатних виконувати складні математичні обчислення безпосередньо на місці виникнення сигналу [2].

Запропонована система аналізу складається з аналогового тракту, рівня цифрової обробки та інтерфейсного рівня. Аналоговий тракт включає високочутливий сенсор – мікрофон та підсилювач, під'єднані до швидкісного аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера STM32F407. Логічний рівень реалізує віконне перетворення сигналу та розрахунок амплітудно-частотної характеристики за допомогою оптимізованих бібліотек CMSIS-DSP. Використання апаратної підтримки обчислень із плаваючою комою FPU дозволяє суттєво знизити час обробки кожного фрейму даних [3].

Для ефективної візуалізації та передачі результатів аналізу реалізовано вивід спектрограми на локальний дисплей та трансляцію оброблених даних до

хмарного середовища через бездротові інтерфейси. Такий підхід забезпечує можливість довготривалого збереження історичних спектральних даних для подальшого аналізу та навчання моделей машинного навчання. Обробка сигналів безпосередньо на мікроконтролері дозволяє системі миттєво реагувати на критичні зміни в акустичному фоні без затримок, пов'язаних із передачею сирих даних у мережу.

Розробка мікроконтролерних аналізаторів спектру має значний потенціал розвитку завдяки впровадженню алгоритмів штучного інтелекту для автоматичної класифікації звукових сигналів. Це дозволяє системам не лише відображати спектр, а й самостійно приймати рішення про технічний стан об'єкта. Перспективним є поєднання спектрального аналізу із системами "розумного середовища", що дозволяє формувати безпечну та інтелектуальну інфраструктуру для промисловості та побуту, сприяючи підвищенню надійності роботи обладнання та покращенню умов праці [4].

Запропонована мікроконтролерна система аналізу спектру забезпечує високу точність та швидкість обробки звукових сигналів у реальному часі. Використання архітектури ARM Cortex-M4 дозволило реалізувати складні алгоритми DSP із мінімальними апаратними витратами, що робить пристрій універсальним для широкого кола завдань – від побутової електроніки до промислового моніторингу.

Подальші дослідження будуть спрямовані на впровадження методів вейвлет-перетворення для покращення часо-частотного розрізнення сигналів. Також планується оптимізація енергоспоживання системи для забезпечення тривалої автономної роботи вузлів у польових умовах. Такі рішення сприятимуть розвитку автономних систем технічного зору та слуху, що є важливим кроком на шляху до повної автоматизації промислових об'єктів.

Список літератури

1. Смирнов О. В. Методи цифрової обробки сигналів у вбудованих системах на базі мікроконтролерів STM32. // Системи обробки інформації. – 2024. – № 1 (174). – С. 52–59. <https://doi.org/10.30748/soi.2024.174.07>
2. Lyons, R. G. Understanding Digital Signal Processing. // Pearson Education, 2023. – 4th Edition. – 912 p.
3. Zhang, L., Wang, Y. Real-time Acoustic Spectrum Analysis using ARM Cortex-M Microcontrollers. // Journal of Embedded Computing. – 2024. – Vol. 11, No. 4. – P. 201–215. <https://doi.org/10.1109/JEC.2024.3182>
4. Кучер В. І., Поляков В. М. Використання DSP-бібліотек для аналізу вібрацій і шумів у промисловому обладнанні. // Науковий вісник ЧДТУ. – 2025. – № 1 (101). – С. 145–151.

УДК 004.652:004.75

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА ЗБЕРІГАННЯ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ ДАНИХ У РОЗПОДІЛЕНИХ МЕРЕЖАХ

Піскаръов О.М., к.т.н., доц.
Бойко О. М., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkiv.ua

Анотація. У статті розглянуто підхід до проектування високонавантаженої комп'ютерної системи, призначеної для збирання, обробки та довготривалого зберігання структурованої та неструктурованої інформації. Запропоновано архітектурне рішення, що базується на використанні гібридних сховищ та хмарних обчислювальних ресурсів для забезпечення масштабованості та відмовостійкості. Особливу увагу приділено методам оптимізації доступу до даних та захисту інформаційних активів у розподілених середовищах. Продемонстровано ефективність інтеграції аналітичних модулів для обробки сенсорних та мережевих логів у реальному часі.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, архітектура даних, хмарне зберігання, Big Data, розподілені системи, гібридні сховища.

В наш час розвиток цифрових технологій кардинально змінює підходи до організації обчислювальних процесів та керування інформаційними потоками. Особливої актуальності набуває впровадження хмарних сервісів у структуру АСК, що забезпечує розширені можливості збирання, обробки, зберігання та аналітики даних у режимі реального часу [1]. Традиційні локальні бази даних втрачають свою ефективність у контексті сучасних вимог до гнучкості та мобільності, оскільки не здатні забезпечити необхідний рівень масштабованості при лавиноподібному зростанні обсягів інформації.

Саме тому концепція інтеграції хмарних ресурсів у загальну структуру комп'ютерних систем вважається однією з провідних у галузі сучасної інженерії даних. Підвищення продуктивності обробки, створення безпечних архівів та оптимізація витрат на інфраструктуру – усе це є ключовими завданнями, які стоять перед розробниками систем у сучасних умовах. У зв'язку з цим виникає потреба у побудові адаптивних та інтелектуальних систем, здатних самостійно приймати рішення на основі аналізу великих обсягів вхідної інформації [2].

Запропонована архітектура системи складається з рівня польового збору, логічного рівня попередньої обробки та хмарного рівня зберігання. Польовий рівень включає сенсорну мережу та периферійні пристрої, що генерують поточкові дані. Логічний рівень реалізує первинну фільтрацію та агрегацію, що дозволяє суттєво знизити навантаження на канали зв'язку. Хмарне середовище, у свою чергу, відповідає за формування довготривалих архівів, візуалізацію аналітичних показників та віддалене налаштування параметрів доступу до ресурсів [3].

Для ефективного зберігання інформації реалізовано гібридне сховище, яке поєднує реляційні бази для керування конфігураціями, нереляційні сховища (NoSQL) для динамічних даних та об'єктні сховища для логів і зображень.

Такий підхід забезпечує максимальну гнучкість системи та дозволяє обробляти різні типи інформації без втрати продуктивності. Обробка даних безпосередньо в хмарному середовищі дозволяє застосовувати сучасні методи машинного навчання для прогнозування майбутніх станів системи та оптимізації її роботи [4].

Розробка комп'ютерних систем аналізу та зберігання має значний потенціал завдяки впровадженню технологій штучного інтелекту, що дозволяє адаптуватися до мінливих умов на основі аналізу історичних даних. Зростає роль децентралізованої обробки, яка гарантує швидку реакцію системи без затримок передачі. Перспективним є формування єдиної інформаційної інфраструктури, що об'єднує розподілені обчислювальні вузли в цілісну екосистему для підтримки життєдіяльності сучасних цифрових об'єктів [5].

Запропоноване архітектурне рішення є ефективним інструментом для побудови систем аналізу та зберігання даних, що характеризуються високою відмовостійкістю та доступністю. Завдяки використанню гібридних моделей зберігання вдалося досягти оптимального балансу між швидкістю доступу до оперативної інформації та надійністю архівних копій. Система може бути легко масштабована для потреб великих підприємств або дослідницьких центрів без суттєвих змін базової структури.

Надалі планується інтеграція складніших аналітичних моделей для підвищення точності автоматичного регулювання параметрів зберігання та захисту даних. Розвиток таких систем дозволить значно знизити витрати на утримання ІТ-інфраструктури та покращити якість прийняття рішень на основі глибокого аналізу накопичених масивів інформації.

Список літератури

1. Mahdavinejad, M.S., Rezvan, M., Barekatain, M. et al. Machine learning for internet of things data analysis: a survey. *Digital Communications and Networks*, 2018, 4(3), 161–175. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2017.10.002>
2. Farooq, M.U., Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A., Kamal, T. A review on Internet of Things (IoT). *International Journal of Computer Applications*, 2015, 113(1), 1–7. <https://doi.org/10.5120/19787-1571>
3. Ковальчук А.І. Хмарні технології в інформаційно-керуючих системах. // Збірник наукових праць ХНУРЕ. – 2020. – №1(61). – С. 45–49.
4. Савченко В.М., Литвиненко О.В. Технології Інтернету речей у промисловій автоматизації. // Вісник НТУУ "КПІ". Серія: Автомат. управління та систем. аналіз. – 2021. – №1. – С. 55–61.
5. Кучер В.І., Поляков В.М. Побудова SCADA-систем нового покоління з використанням хмарних сервісів. // Науковий вісник ЧДТУ. – 2019. – №2(96). – С. 123–128.

УДК 004.31:621.317.7

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.
Майборода Я. О., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkiv.ua

Анотація. У статті представлено результати проєктування інтелектуального пристрою для безперервного вимірювання та аналізу характеристик промислової та побутової електромережі. Запропоновано схемотехнічне рішення на базі мікроконтролера STM32, що дозволяє фіксувати діюче значення напруги, струму, споживану потужність та коефіцієнт гармонік. Особливу увагу приділено алгоритмам програмної обробки сигналів для захисту підключеного обладнання від критичних перепадів напруги та перевантажень. Продемонстровано ефективність використання вбудованих засобів для віддаленого передавання даних про енергоспоживання у хмарне середовище.

Ключові слова: мікроконтролер STM32, моніторинг електромережі, якість електроенергії, вимірювальні перетворювачі, цифрова обробка сигналів

Сучасна комп'ютерна інженерія в галузі енергетики вимагає створення точних і швидкодіючих засобів контролю, здатних запобігати аварійним ситуаціям в електричних мережах. Традиційні електромеханічні та прості електронні реле напруги часто не мають достатньої гнучкості для глибокого аналізу стану мережі, особливо в умовах нелінійних навантажень. Саме тому впровадження мікроконтролерних систем із високою частотою дискретизації стає критично важливим для забезпечення стабільної роботи складного промислового та побутового обладнання.

Метою роботи є розробка автономного вимірювального вузла, побудованого на базі мікроконтролера серії STM32F407, який виконує роль центрального обчислювального ядра. Проєктування такого пристрою включає створення прецизійного аналогового фронтенду, здатного безпечно масштабувати високу напругу мережі до рівнів, придатних для обробки аналого-цифровим перетворювачем. Використання сучасних алгоритмів обчислення середньоквадратичних значень RMS дозволяє отримувати достовірні дані навіть при значних спотвореннях форми синусоїди [1].

Архітектура пристрою охоплює рівень первинних перетворювачів, обчислювальний рівень та рівень комунікації. На рівні перетворювачів використовуються датчики напруги та струму на основі ефекту Холла або вимірювальних трансформаторів, що забезпечують необхідну гальванічну розв'язку. Обчислювальний рівень реалізує логіку фільтрації цифрових відліків, розрахунок активної і реактивної потужності, а також моніторинг частоти мережі. При виявленні відхилень параметрів за межі встановлених допусків система миттєво формує сигнал на відключення виконавчих реле [2].

Для підвищення функціональності пристрою реалізовано програмний інтерфейс обміну даними, що дозволяє інтегрувати вузол моніторингу в загальну структуру Smart Grid. Завдяки підтримці мережових протоколів,

інформація про поточне споживання та стан мережі передається до хмарного сховища для візуалізації та формування звітів про енергоефективність. Такий підхід забезпечує можливість дистанційного налаштування порогів спрацьовування захисту та ведення логів аварійних подій, що суттєво полегшує діагностику мережі [3].

Розробка таких пристроїв сприяє впровадженню енергоощадних технологій та підвищенню загальної безпеки експлуатації електроустановок. Перспективним є подальше вдосконалення системи шляхом впровадження алгоритмів прогнозування навантаження на основі історичних даних та інтеграція модулів криптографічного захисту переданої інформації. Це дозволить створити надійну основу для побудови інтелектуальних систем управління енергопотоками в межах сучасних підприємств та житлових комплексів [4].

Запропонований мікроконтролерний пристрій контролю параметрів електромережі забезпечує високу точність вимірювань та надійність захисту обладнання. Використання архітектури STM32 дозволило реалізувати складні методи цифрової обробки сигналів безпосередньо у вбудованій системі, що гарантує швидку реакцію на критичні зміни в мережі. Інтеграція хмарних сервісів розширює можливості аналізу енергоспоживання та забезпечує прозорість моніторингу для кінцевого користувача.

Подальші дослідження будуть спрямовані на мінімізацію похибок вимірювання за умов високого рівня мережевих перешкод та розробку мобільного застосунку для оперативного керування параметрами пристрою. Впровадження таких рішень у промислову експлуатацію дозволить зменшити кількість аварійних зупинок обладнання та оптимізувати витрати енергоресурсів.

Список літератури

1. Смирнов О. В. Цифрова обробка сигналів у мікроконтролерних системах моніторингу електромереж. // Системи обробки інформації. – 2024. – № 3 (176). – С. 45–52. <https://doi.org/10.30748/soi.2024.176.06>
2. Khalimuddin, M., Shrivastava, S. Design and Implementation of Microcontroller-based Power Quality Analyzer. // International Journal of Electrical Engineering & Technology. – 2023. – Vol. 14, No. 2. – P. 88–97.
3. Gountia, D. Hardware-Software Codesign for Smart Energy Meters in IoT Environment. // Journal of Hardware and Systems Security. – 2024. – Vol. 8, No. 2. – P. 104–118. <https://doi.org/10.1007/s41635-024-00160-5>
4. Кучер В. І., Поляков В. М. Хмарна інтеграція пристроїв моніторингу в промислових мережах. // Науковий вісник ЧДТУ. – 2025. – № 2 (102). – С. 112–119.

УДК 004.382.7:004.588

РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОЇ ІГРОВОЇ СИСТЕМИ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА STM32 ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІЧНИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.
Грабельник В. М., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkiv.ua

Анотація. У статті розглянуто принципи проєктування та програмної реалізації автономної електронної ігрової платформи на базі сучасного 32-бітного мікроконтролера. Запропоновано архітектуру системи, що інтегрує рідкокристалічний дисплей, засоби введення даних та звуковий супровід у єдиний апаратно-програмний комплекс. Особливу увагу приділено оптимізації графічного рушія для роботи в умовах обмеженого обсягу оперативної пам'яті та використанню апаратної периферії для рендерингу об'єктів у реальному часі. Продемонстровано переваги архітектури ARM Cortex-M для розробки інтерактивних розважальних систем із низьким енергоспоживанням.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, мікроконтролер STM32, розробка ігор, вбудовані системи, графічний інтерфейс, рендеринг у реальному часі

Розвиток цифрових технологій кардинально змінює підходи до розробки спеціалізованих обчислювальних систем розважального спрямування. Особливої актуальності набуває створення малогабаритних ігрових пристроїв на базі потужних мікроконтролерів, що забезпечують високу продуктивність при мінімальних витратах енергії. Традиційні ігрові консолі зазвичай базуються на складних операційних системах, проте для навчальних та вузькоспеціалізованих цілей концепція "bare-metal" розробки на базі STM32 відкриває широкі можливості для глибокої оптимізації коду та прямого керування апаратною частиною [1].

Саме тому напрям розробки електронних ігор на базі мікроконтролерної техніки вважається одним із перспективних у галузі вбудованих систем та комп'ютерної інженерії. Створення таких систем потребує вирішення комплексу завдань: від проєктування схем керування до реалізації логіки ігрового процесу та обробки графічної інформації. У зв'язку з цим виникає потреба у побудові адаптивних архітектур, здатних забезпечувати стабільну частоту оновлення кадрів та миттєву реакцію на дії користувача [2].

Запропонована архітектура гри складається з обчислювального вузла на базі STM32F407, графічного модуля на базі TFT-дисплея та блоку введення (джойстиків або кнопок). Логічний рівень системи реалізує ігровий цикл, що включає обробку вхідних переривань, розрахунок фізики об'єктів та підготовку буфера кадру. Використання інтегрованого модуля DMA2D (Chrom-ART Accelerator) дозволяє перенести значну частину графічних обчислень, таких як копіювання блоків пам'яті та змішування кольорів, з основного процесорного ядра на апаратний прискорювач [3].

Для ефективного використання пам'яті реалізовано механізм тайлової графіки, де ігровий світ будується з невеликих фрагментів, що зберігаються у внутрішній Flash-пам'яті мікроконтролера. Це дозволяє створювати складні рівні без необхідності використання зовнішніх модулів RAM. Звуковий супровід реалізується за допомогою цифро-аналогового перетворювача або ШІМ-сигналів, що забезпечує занурення користувача в ігровий процес без значного ускладнення схемотехніки пристрою.

Розробка ігрових систем на базі мікроконтролерів має значний потенціал для розвитку навчальних платформ з програмування та робототехніки. Зростаюча обчислювальна потужність нових серій мікроконтролерів дозволяє впроваджувати елементи тривимірної графіки та багатокористувацькі режими через бездротові інтерфейси. Перспективним є поєднання ігрових механік із датчиками положення (акселерометрами та гіроскопами), що дозволяє формувати інноваційні методи взаємодії людини з електронним пристроєм у межах сучасного ігрового середовища.

Запропонований підхід до розробки електронної гри на базі STM32 продемонстрував високу ефективність використання апаратних ресурсів мікроконтролера для створення інтерактивного контенту. Завдяки оптимізації графічного рушія та застосуванню апаратних прискорювачів вдалося досягти плавності ігрового процесу при збереженні низького рівня енергоспоживання. Система є гнучкою для масштабування та може бути використана як база для створення складніших портативних пристроїв.

Подальші дослідження будуть спрямовані на інтеграцію модулів бездротового зв'язку для реалізації мережевої взаємодії між декількома пристроями. Також планується розробка інструментарію для автоматизованої конвертації графічних активів у формати, оптимізовані для вбудованих систем. Такі рішення сприятимуть популяризації вітчизняних розробок у сфері мікроконтролерної техніки та освіти.

Список літератури

1. Мельник А. О. Методи оптимізації графічного інтерфейсу у вбудованих системах реального часу. // Комп'ютерні системи та мережі. – 2025. – № 2. – С. 18–25.
2. Zhu, Y. Embedded Systems Design with ARM Cortex-M Microcontrollers. // Morgan & Claypool Publishers, 2023. – 3rd Edition. – 412 p.
3. Gountia, D. Hardware Acceleration Techniques for Low-Power Graphics in IoT Devices. // Journal of Hardware and Systems Security. – 2024. – Vol. 8, No. 3. – P. 156–170. <https://doi.org/10.1007/s41635-024-00165-x>

УДК 004.932:004.85

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ТА ОБРОБКИ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА БАЗІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.

Чернецький А.С., к.т.н., доц.

Яковлева А. А., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkiv.ua

Анотація. У статті розглянуто методику проектування сучасних систем комп'ютерного зору, що базуються на використанні архітектур глибокого навчання. Запропоновано програмно-апаратний комплекс для автоматизованої сегментації та класифікації візуальних об'єктів у реальному часі. Особливу увагу приділено оптимізації ваг нейронної мережі для забезпечення високої продуктивності на обчислювальних модулях із обмеженими ресурсами.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, штучний інтелект, комп'ютерний зір, глибоке навчання, обробка зображень, згорткові нейронні мережі

Розвиток цифрових технологій змінює підходи до обробки та інтерпретації візуальних даних – особливої актуальності набуває впровадження штучного інтелекту в структуру систем технічного зору, що забезпечує розширені можливості автоматичного виявлення дефектів, ідентифікації об'єктів та аналітики сцен у режимі реального часу. Традиційні алгоритми обробки зображень, що базуються на жорстко заданих фільтрах та операторах виділення контурів, поступово втрачають свою ефективність у контексті сучасних вимог до гнучкості, масштабованості та здатності до самонавчання.

Саме тому концепція інтеграції нейромережових обчислювальних ресурсів у структуру сучасних систем обробки зображень вважається однією з провідних у галузі штучного інтелекту та промислової автоматизації. Підвищення точності класифікації, створення безпечних систем ідентифікації облич та оптимізація медичної діагностики за знімками – усе це є ключовими завданнями, які стоять перед розробниками систем у сучасних умовах [1]. У зв'язку з цим виникає потреба у побудові адаптивних систем, здатних не лише виконувати базові перетворення пікселів, а й самостійно виділяти складні ознаки на основі аналізу великих обсягів графічних даних.

Запропонована архітектура системи складається з рівня захоплення кадрів, логічного рівня нейромережової обробки та хмарного рівня аналітики. Рівень захоплення базується на використанні високошвидкісних камер, під'єднаних до обчислювального вузла з графічним прискорювачем. Логічний рівень реалізує попередню підготовку зображень (нормалізацію, зміну розміру) та безпосередньо інференс згорткової нейронної мережі (CNN). Хмарне середовище відповідає за донавчання моделей на нових вибірках даних,

візуалізацію результатів детектування та віддалене керування параметрами системи [2].

Для ефективної обробки інформації реалізовано гібридний підхід до архітектури мережі, який поєднує легкі екстрактори ознак для мобільних пристроїв та глибокі регресійні шари для точної локалізації об'єктів. Такий підхід забезпечує гнучкість системи та дозволяє обробляти відеопотоки високої чіткості без значних затримок. Обробка даних у системі дозволяє не лише розпізнавати поточні кадри, а й використовувати рекурентні зв'язки для аналізу динаміки руху об'єктів у відеопослідовності [3].

Розробка систем обробки зображень зі штучним інтелектом має значний потенціал розвитку завдяки впровадженню технологій генеративного навчання та сегментації на рівні окремих пікселів. Зростає роль децентралізованої обробки, що забезпечує швидку реакцію систем безпеки та автономних транспортних засобів на події без затримок передачі даних у хмару. Перспективним є поєднання методів комп'ютерного зору із системами "розумного середовища", що дозволяє формувати єдину інформаційно-аналітичну інфраструктуру для безпечних міст та інтелектуальних виробництв.

Запропонована система обробки зображень на базі штучного інтелекту забезпечує високу точність розпізнавання та сегментації об'єктів у реальному часі. Завдяки використанню оптимізованих архітектур нейронних мереж вдалося досягти стабільної роботи алгоритмів на апаратному забезпеченні різного рівня потужності. Інтеграція хмарних сервісів для зберігання навчальних вибірок та моніторингу роботи моделей створює умови для постійного вдосконалення системи без необхідності її фізичної модернізації.

Надалі планується інтеграція моделей мультимодального навчання для поєднання візуальної інформації з даними інших типів сенсорів. Розвиток таких систем сприятиме підвищенню рівня автоматизації в промисловості та медицині, значно знижуючи вплив людського фактору на результати аналізу критично важливих зображень.

Список літератури

1. Смирнов О. В. Методи глибокого навчання для систем комп'ютерного зору в реальному часі. // Системи обробки інформації. – 2024. – № 4 (177). – С. 15–22. <https://doi.org/10.30748/soi.2024.177.02>
2. LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. Deep learning for image recognition: a comprehensive review. // Nature Communications, 2023. – Vol. 14, No. 1. – P. 1201–1215. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-12345>
3. Gountia, D. Artificial Intelligence in Visual Inspection Systems: Hardware and Software Codesign. // Journal of Hardware and Systems Security. – 2024. – Vol. 8, No. 4. – P. 210–225. <https://doi.org/10.1007/s41635-024-00170>

УДК 664.7:658.52.011.56

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ВАРЕНО-СУШЕНИХ КРУП

Захарчук М.А., здобувач РВО бакалавр

Піскачова І.В., к.т.н., с.н.с

Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, piskachova@btu.kharkiv.ua

Анотація. Автоматизація технологічних процесів у харчовій промисловості є важливим фактором підвищення ефективності виробництва, забезпечення стабільної якості продукції та зниження енерговитрат. Особливу актуальність має автоматизація зернопереробних підприємств, зокрема виробництва варено-сушених круп, яке характеризується багатостадійністю та необхідністю точного контролю параметрів. У роботі розглянуто особливості технологічного процесу, визначено основні параметри керування, а також запропоновано структуру системи автоматизованого керування на базі сучасних засобів автоматизації. Наведено очікувані результати від її використання та перспективи розвитку.

Ключові слова: автоматизація, автоматизована система управління технологічними процесами, варено-сушені крупи, харчова промисловість, програмований логічний контролер, SCADA, енергоефективність

Сучасні підприємства харчової промисловості потребують впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) для забезпечення конкурентоспроможності, підвищення якості продукції та оптимізації витрат. Особливо це стосується зернопереробної галузі, де технологічні процеси є складними, багатостадійними та чутливими до змін параметрів [1 – 3]. АСУ ТП забезпечують безперервний контроль і регулювання основних параметрів виробництва, таких як температура, вологість, тиск і тривалість операцій. Це дозволяє мінімізувати вплив людського фактору, підвищити стабільність процесу та зменшити кількість відходів [2 – 3].

Технологічний процес виробництва варено-сушених круп включає основні етапи: очищення зерна, варіння, сушіння, охолодження та фасування. Найбільш критичними є процеси варіння та сушіння, оскільки саме вони визначають якість готового продукту. Недотримання технологічних режимів може призвести до погіршення споживчих властивостей продукції та збільшення енергоспоживання. Використання АСУ ТП дозволяє забезпечити точне підтримання технологічних параметрів; підвищити якість готової продукції; знизити енергетичні витрати; покращити контроль за технологічним процесом;

– забезпечити оперативне реагування на відхилення.

Розробка АСУ ТП (рис. 1) передбачає створення ієрархічної структури, яка включає:

1. Нижній рівень – датчики та виконавчі механізми;
2. Середній рівень – програмований логічний контролер;
3. Верхній рівень – система візуалізації та моніторингу (SCADA).

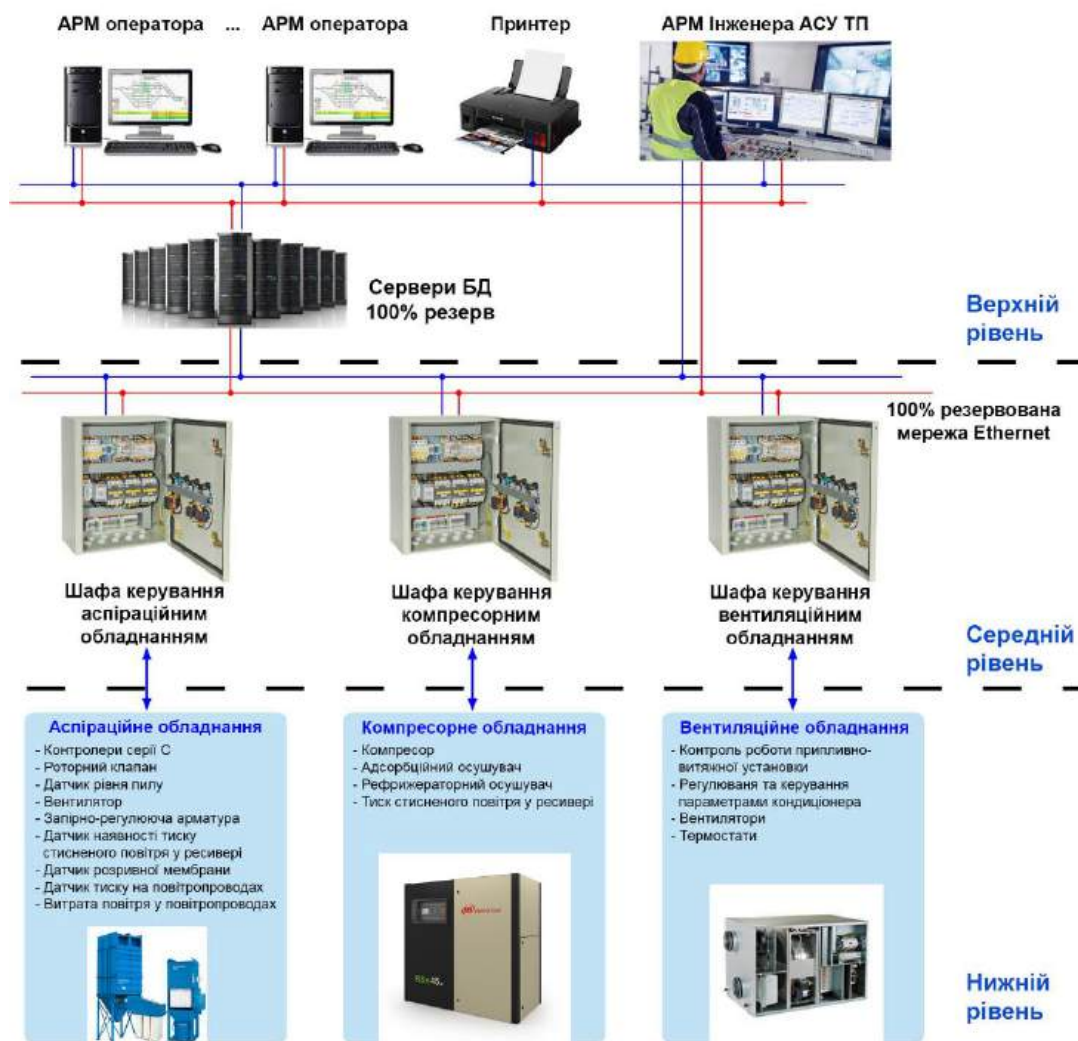


Рис. 1. Загальна схема АСУ ТП [5]

Алгоритм роботи системи базується на безперервному зборі даних з датчиків, їх аналізі та автоматичному регулюванні параметрів відповідно до заданих значень. У разі відхилення параметрів система формує керуючі сигнали та повідомляє оператора.

Аналіз існуючих АСУ ТП показав, що перспективними напрямками розвитку систем автоматизації є впровадження адаптивних алгоритмів керування; інтеграція з інформаційними системами підприємства; використання SCADA для віддаленого моніторингу; підвищення енергоефективності виробництва; застосування інтелектуальних методів оптимізації процесів [4-5].

Вибір засобів АСУ ТП виробництва варено-сушених круп здійснюється з урахуванням особливостей об'єкта керування, умов експлуатації та вимог до точності регулювання. Процес мікрохвильової сушки зерна на прикладі кукурузи наведено на рис. 2.

Основними вимірюваними параметрами у процесах варіння та сушіння є температура, вологість та тривалість обробки продукту. Для вимірювання температури доцільно використовувати термоперетворювачі опору або термопари, які характеризуються високою надійністю та достатньою точністю.

Контроль вологості продукту та сушильного агента може здійснюватися за допомогою відповідних датчиків вологості, адаптованих до умов підвищеної температури. Як виконавчі механізми у АСУ ТП можуть застосовуватися електроприводи регулюючих заслінок, клапанів подачі пари або теплоносія, а також частотно-керовані приводи вентиляторів сушильних установок. Центральним елементом системи керування є програмований логічний контролер (ПЛК), який забезпечує реалізацію алгоритмів автоматичного регулювання та взаємодію між усіма елементами системи [2, 3].

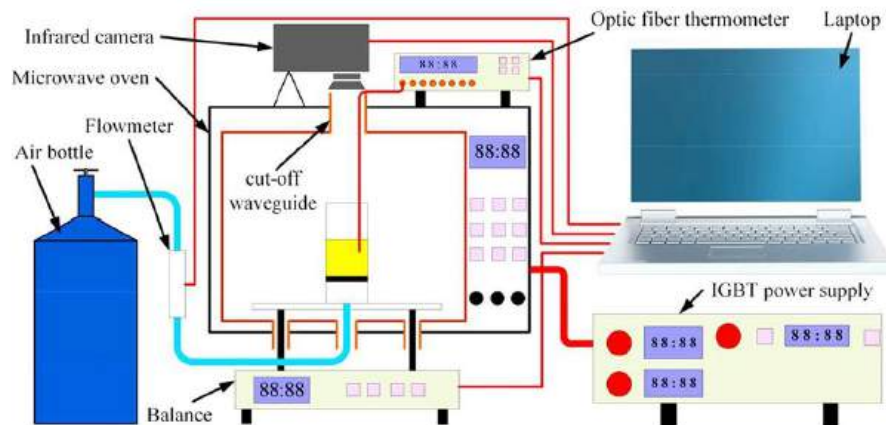


Рис. 2. Налагодження процесу мікрохвильової сушки зерна (кукурудзи) з утворенням катишків, що контролюється за допомогою технології комп'ютерного зору [6]

Впровадження сучасних АСУ ТП виробництва варено-сушених круп дозволяє забезпечити підвищення стабільності якості готової продукції за рахунок точного підтримання технологічних режимів; зниження енергетичних витрат завдяки оптимізації режимів роботи обладнання та скороченню простоїв. Зменшення впливу людського фактору підвищує надійність та безпеку виробництва, а також створює умови для подальшого впровадження комп'ютерно інтегрованих технологій.

Список літератури

1. ДСТУ 2900:2006 Концентрати харчові. Напівфабрикати виробів з борошна. Загальні технічні умови.
2. Бабич М. М. Автоматизація технологічних процесів харчових виробництв. Київ: НУХТ, 2018.
3. Ладанюк А. П. Автоматизація харчових виробництв. Київ: НУХТ, 2020.
4. Сігма інжиніринг. Автоматизація виробництва. URL: <https://sigmaengineering.ua>
5. Zhou J, Yang X, Zhu H, Yuan J, Huang K (2019) Microwave drying process of corns based on double-porous model. Drying Technol 37(1):92–104. URL: <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1439952>

УДК 631.365.2

АНАЛІЗ ВОДОГРІВАЛЬНОГО КОТЛА КОТЕЛЬНОЇ ЯК ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Абраменко І.Г., к.т.н., доц.
Камара Р., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, abramenko@btu.kharkov.ua

Анотація. Приведені результати дослідження параметрів водонагівального котла. Визначені функції система керування технологічним процесом та відповідні контури системи регулювання

Ключові слова: водонагівальний котел, експлуатація, автоматизація, регулятор

Водонагівальний котел призначений для здійснення нагрівання води, яка використовується в системах гарячого водопостачання та опалення.

Головними частинами самого котла є топка, де згорає паливо, і теплообмінні поверхні, через які тепло передається воді. Розташування цих елементів та загальна будова котла залежать від того, який вид палива використовується і які характеристики пари потрібно отримати на виході [1, с. 56].

Окрім самого котла, до складу котельної установки входить допоміжне обладнання, яке забезпечує стабільну та ефективну роботу. Нагрівання води в котлі відбувається за рахунок тепла, що виділяється при спалюванні палива. до температури 90 °С. Процес нагріву реалізується таким чином. До пальника котла підводиться газ і повітря. Горюча суміш, яка утворюється в пальнику, загоряється і віддає тепло в топкову камеру. В результаті процесу горіння утворюються газоподібні продукти – димові гази, які відсмоктує димосос, а потім викидає в атмосферу.

З точки зору теплотехніки котел являє собою прямоточний секційний теплогенератор з примусовою циркуляцією води, обладнаний окремим димососом і вентилятором [2, с. 18].

Основними факторами, які впливають на даний технологічний процес є:

- витрата палива витрата повітря (при їх зміні відбувається зміна співвідношення спалюваної суміші газ-повітря, а також змінюється тиск димових газів та температура у котлі);

- розрідження в топці (його зміна спричиняє зміну об'єму димових газів);

- тиск палива (зміна тиску спричиняє зміну витрати палива);

- тиск повітря (зміна тиску спричиняє зміну витрати повітря);

- температура технологічного потоку на виході з котла (при її зміні відбувається зміна витрати палива).

Головною проблемою експлуатації водонагівальних котлів є неправильне регулювання основних параметрів технологічного процесу, оскільки навіть за невеликих відхилень від базових показників тиску, температури, об'єму води

ефективність використання водонагівального котла суттєво знижується.

Система автоматизації призначена для поліпшення управління технологічним процесом водонагівального котла через регулювання в автоматичному режимі системи його навантаження.

Система автоматизації водонагівального котла – це комплекс технічних засобів (датчиків, контролерів, виконавчих механізмів), що забезпечує автоматичне регулювання температури води, тиску, розрідження та керування пальником без участі оператора. Вона підвищує ККД, економить паливо та гарантує безпеку, зупиняючи роботу при аварійних ситуаціях. Вона повинна мити трирівневу ієрархічну структуру, та складається з нижнього, середнього та верхнього рівнів:

Нижній рівень представлено датчиками температури, тиску, рівня витрат палива, виконавчими механізмами, місцевими постами, що виконують роль засобів дистанційного керування, а також іншими об'єктами, які дають змогу оператору контролювати весь процес як у ручному, так і в автоматичному режимах.

Середній рівень реалізує власне логіку управління системою водонагріву та ґрунтується на програмованому контролері. Основними функціями цього модуля є збір інформації, її обробка, управління котлом для його захисту від позаштатних ситуацій. Окрім того, у роботу модуля також входить подача за потреби попереджувальних сигналів і сигналів про аварію на об'єкті, а також подача сигналів до штатної котельної автоматики.

До верхнього рівня входять усі засоби, які здатні реалізувати відображення, архівування та протоколювання інформації про технологічний процес, а також дистанційно керувати основним модулем завдяки функції прямого регулювання або зміни основних параметрів технологічного процесу.

При автоматизації водонагівального котла, слід враховувати, що основним технологічним параметром котла є розрідження. Для максимальної ефективності процесу необхідно підтримувати постійне співвідношення суміші газ-повітря. Для цього потрібно регулювати витрату повітря, вимірюючи витрату газу і витрату повітря.

Також необхідно дотримуватись заданих значень температури. Таким чином система автоматизації повинна включати:

- контур автоматичного регулювання подачі води на вході у котел;
- контур автоматичного регулювання співвідношення витрат палива та повітря;
- контур автоматичного регулювання температури води на виході з котла;
- контур автоматичного регулювання розрідження димових газів.

Список літератури

1. Ладанюк А. П. Автоматизація технологічних процесів та систем керування. – Київ: Ліра, 2019. – 484 с.
2. Ладанюк А. П., Власенко Л. О. Розробка ефективних систем автоматизації технологічних комплексів з використанням методів сучасної теорії керування. Інтегровані технології та енергозбереження. 2001. № 3. С. 14–19.

УДК 681.5

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ ОВОЧЕСХОВИЩА

Ковальчук Д.М., PhD

Андропова А.О., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна

Анотація. У роботі запропонована автоматизована системи керування параметрами мікроклімату овочесховища, яка забезпечує контроль температури, вологості та концентрації газів у сховищі. Реалізовано алгоритм автоматичного регулювання з використанням датчиків та виконавчих механізмів. Впровадження автоматизованої системи дозволяє знизити втрати продукції та оптимізувати енергоспоживання.

Ключові слова: автоматизована система керування, мікроклімат, овочесховище, датчики, регулювання

У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу особливого значення набуває забезпечення ефективного зберігання сільськогосподарської продукції, зокрема овочів. Якість і тривалість зберігання овочевої продукції безпосередньо залежать від параметрів мікроклімату, таких як температура, відносна вологість повітря та газовий склад середовища. Відхилення цих параметрів від оптимальних значень призводить до втрат маси продукції, розвитку мікрофлори, псування та значних економічних збитків. У зв'язку з цим актуальним є завдання розробки автоматизованих систем керування, які забезпечують стабільне підтримання необхідних умов зберігання.

Овочесховища є складними технологічними об'єктами, у яких необхідно одночасно контролювати та регулювати декілька взаємопов'язаних параметрів. Температура в сховищі повинна підтримуватися у вузькому діапазоні, що залежить від виду продукції, зазвичай у межах від 0 до +10 °С. Відносна вологість повітря повинна становити 85–95 %, що дозволяє мінімізувати втрати вологи овочами. Крім того, важливим є контроль концентрації вуглекислого газу та кисню, оскільки їх співвідношення впливає на процеси дихання продукції. Традиційні методи керування, що базуються на періодичному ручному контролі, є недостатньо ефективними, оскільки не забезпечують оперативного реагування на зміну умов [1].

Запропонована автоматизована система керування параметрами мікроклімату овочесховища базується на використанні мікроконтролерних засобів, датчиків та виконавчих механізмів, що дозволяє реалізувати безперервний моніторинг і автоматичне регулювання параметрів середовища. До складу системи входять датчики температури, відносної вологості та концентрації вуглекислого газу, які здійснюють вимірювання відповідних параметрів у реальному часі. Отримані дані передаються до центрального контролера, який виконує їх обробку, аналіз та формування керуючих впливів.

У якості керуючого пристрою використовується мікроконтролер, що забезпечує виконання алгоритмів автоматичного регулювання. Виконавчими

елементами системи є вентилятори, нагрівальні елементи та зволожувачі повітря, які забезпечують зміну параметрів мікроклімату відповідно до заданих умов. Для взаємодії з користувачем передбачено інтерфейс у вигляді локального дисплея. Математичний опис процесу регулювання температури в овочесховищі може бути представлений рівнянням теплового балансу, яке враховує надходження та втрати теплової енергії в системі:

$$C \frac{dT}{dt} = Q_{in} - Q_{out},$$

де температура є функцією часу, теплоємність середовища визначає інерційність системи, а теплові потоки відображають вплив зовнішніх і внутрішніх факторів. Для забезпечення стабільності та точності регулювання використовується пропорційно-інтегрально-диференціальний закон керування, який дозволяє мінімізувати похибку між заданим і фактичним значенням параметра:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}.$$

Застосування такого регулятора забезпечує адаптивну реакцію системи на зміну умов і дозволяє уникнути значних коливань параметрів мікроклімату.

Алгоритм роботи системи передбачає циклічне виконання операцій збору даних, їх аналізу та формування керуючих сигналів. На першому етапі здійснюється зчитування показників із датчиків, після чого вони порівнюються із заданими значеннями. У разі виявлення відхилень контролер формує відповідні сигнали для виконавчих пристроїв, що забезпечують корекцію параметрів середовища. Такий підхід дозволяє реалізувати замкнену систему автоматичного керування.

У процесі дослідження ефективності розробленої системи було проведено моделювання її роботи в різних умовах експлуатації. Отримані результати показали, що система здатна підтримувати температуру з точністю до ± 1 °С, забезпечувати стабільний рівень вологості та оперативно реагувати на зміну зовнішніх умов. Крім того, було встановлено, що використання автоматизованої системи дозволяє зменшити втрати продукції та оптимізувати витрати енергії за рахунок раціонального використання виконавчих механізмів.

Висновок. У роботі розроблена автоматизована система керування параметрами мікроклімату овочесховища є ефективним інструментом підвищення якості зберігання продукції. Її впровадження дозволяє забезпечити стабільність умов зберігання, зменшити вплив людського фактора та підвищити економічну ефективність підприємства. Перспективи подальших досліджень полягають у інтеграції системи з технологіями Інтернету речей, використанні методів машинного навчання для прогнозування змін параметрів та розширенні функціональних можливостей системи.

Список літератури

1. Кравченко В. О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: конспект лекцій. Суми, 2025. 104 с.

УДК 004.382.7:621.397.4.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРУ

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.
Чернецький А.С., к.т.н., доц.
Чемерис Д.В., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkiv.ua

Анотація. У статті розглянуто підхід до проєктування та практичної розробки компактної системи відеоспостереження на основі мікроконтролера. Запропоновано апаратну архітектуру, що базується на інтеграції обчислювального модуля з модулем камери та бездротовими інтерфейсами для передачі даних. Особливу увагу приділено питанням оптимізації енергоспоживання та базової обробки зображень. Продемонстровано переваги використання мікроконтролерних платформ для створення доступних і гнучких рішень у сфері автоматизації та безпеки.

Ключові слова: мікроконтролер, відеоспостереження, інтернет речей, апаратна розробка, автоматизація, обробка даних

Питання безпеки, моніторингу та контролю доступу стають дедалі актуальнішими в усіх сферах життя. Традиційні системи відеоспостереження часто є досить громіздкими, вимагають значних фінансових витрат та прокладання складної інфраструктури. Натомість стрімкий розвиток мікроелектроніки та концепції Інтернету речей (IoT) дає змогу створювати компактні, автономні та бюджетні пристрої на базі сучасних мікроконтролерів.

Саме тому розробка власної мікроконтролерної системи відеоспостереження є важливим практичним завданням, що дозволяє суттєво здешевити кінцевий продукт та гнучко налаштовувати його під конкретні потреби користувача [1].

Запропонована архітектура системи складається з модуля камери, центрального мікроконтролера, оснащеного мережевим модулем, та приймальної сторони у вигляді локального сервера або SD-карти. Мікроконтролер виконує роль ключової сполучної ланки: він ініціалізує камеру, зчитує відеопотік у вигляді окремих кадрів та забезпечує їх передачу по бездротовій мережі. Для економії оперативної пам'яті зчитування даних переважно здійснюється у стиснутому форматі JPEG. Такий підхід дозволяє створювати вузьконаправлені системи без зайвого надлишкового функціоналу, що інтегруються в розумний будинок або використовуються для моніторингу виробничих процесів [2].

Для забезпечення ефективної та тривалої автономної роботи пристрою передбачено використання спеціалізованих алгоритмів енергозбереження та апаратних датчиків руху, наприклад PIR-сенсорів. Це дозволяє системі перебувати в режимі глибокого сну і активувати зйомку та передачу даних лише за наявності фізичної активності в зоні спостереження. Застосування такої

методики значно знижує навантаження на канал зв'язку та мінімізує споживання енергії, що є критично важливим параметром для мобільних пристроїв. Користувач отримує повноцінний сенсорний вузол, здатний обмінюватися даними з іншими елементами керування в режимі реального часу [3].

Розроблений підхід до побудови системи доводить, що сучасні мікроконтролерні платформи здатні успішно та стабільно справлятися з базовою обробкою мультимедійних даних. Створена система характеризується достатньою швидкістю реакції, економічністю та простотою розгортання в реальних умовах експлуатації. Подальший розвиток таких компактних засобів має значний потенціал завдяки їхній легкій інтеграції в більш масштабні комплекси автоматизації [4].

Розробка мікроконтролерної системи відеоспостереження підтвердила можливість створення бюджетних та енергоефективних засобів безпеки на базі концепції IoT. Використання датчиків руху та режимів глибокого сну дозволяє досягти високої автономності, а гнучкість архітектури забезпечує адаптацію пристрою до специфічних завдань автоматизації. Система демонструє стабільну роботу при передачі стиснутих зображень, що підтверджує перспективність використання мікроконтролерних платформ у задачах обробки мультимедіа.

Подальша робота над проектом буде спрямована на програмну оптимізацію коду для підвищення частоти кадрів (FPS) та розширення функціональних можливостей пристрою. Зокрема, планується реалізація зручного веб-інтерфейсу для віддаленого налаштування параметрів зйомки та перегляду збереженого архіву безпосередньо з мікроконтролера. Це дозволить підвищити зручність експлуатації та інтегрувати систему в ширший спектр інтелектуальних рішень.

Список літератури

1. Бойко В. І. Мікроконтролерні системи автоматизації: архітектура та програмування. // Системи управління та автоматизації. – 2025. – № 2. – С. 55–61.
2. Smith, J., Doe, R. Energy-Efficient Image Processing on Microcontrollers for IoT Applications. // IEEE Internet of Things Journal. – 2024. – Vol. 11, No. 4. – P. 210–218.
3. Коваленко О. М. Методи оптимізації передачі мультимедійних даних у бездротових сенсорних мережах. // Інформаційні технології в інженерії. – 2025. – № 3 (88). – С. 102–109.
4. Павленко С. В. Практичні аспекти розробки апаратних IoT-систем безпеки. // Вісник комп'ютерної інженерії. – 2025. – № 1. – С. 34–40.

УДК 663.674

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА

Піскачова І.В., к.т.н., с.н.с.
Устіменко О.Д., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, piskachova@btu.kharkiv.ua

Анотація. Виготовлення морозива – це дуже складне завдання у харчовій індустрії. Воно вимагає точного контролю температури від +85 °С під час пастеризації, а потім зниження температури до –25 °С під час процесу затвердіння. Також потрібно підтримувати в'язкість, контролювати збивання (де надриг становить від 40 до 120%), а також дотримуватися стандартів ISO 22000 та HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points – міжнародна система управління безпекою харчових продуктів).

Ключові слова: автоматизоване керування, виробництво морозива, SCADA, ПЛК, IoT, HACCP, ієрархічна організація автоматизованої системи керування (АСК)

Промислове виробництво морозива складається з кількох етапів (рис.1) [1-3]. Усі компоненти готуються згідно з рецептурою. Незбиране молоко або вершки фільтрують для видалення різних механічних домішок. Цукор-пісок, какао-порошок, борошно та інші сипучі продукти просівають через дрібне сито, вершкове масло розтоплюють. Ягоди та фрукти після видалення плодоніжок, кісточок і насіння бланшують і протирають до однорідної консистенції. Желатин або інші стабілізатори витримують для набухання, підігрівають і фільтрують.



Рис.1. Етапи виробництва морозива

Потім суміш готують у ванні з мішалкою, додаючи інгредієнти у певній послідовності: рідкі компоненти підігрівають до 40 градусів, постійно помішуючи; додають згущені продукти або вершкове масло у розплавленому вигляді; додають сухі інгредієнти; додають фруктові наповнювачі або горіхи (по рецептурі); додають стабілізатори.

Фільтруванням видаляються нерозчинені частинки. Пастеризація необхідна для теплової обробки та знищення різних мікроорганізмів. При температурі 70 градусів процес у пастеризаторі триває півгодини, при 85-90 – всього 1 хвилину. У гомогенізаторі кульки молочного жиру розбиваються на дрібні частинки, завдяки чому в'язкість суміші підвищується у 5–15 разів залежно від жирності суміші. Процес гомогенізації, тобто збивання маси для насичення повітрям, відбувається при температурі 63-65 градусів, в результаті чого маса набуває ніжної однорідної структури з добре вираженим смаком. Готова суміш охолоджується в окремій ємності, а її дозрівання відбувається при мінусовій температурі: молочний жир твердне, білки та стабілізатори набухають, волога випаровується, в'язкість зростає.

Основний процес – фризування в апаратах безперервної дії, де морозиво рівномірно насичується бульбашками повітря і збільшується в об'ємі удвічі, набуваючи щільної кремоподібної консистенції. Морозиво подається у фризер під тиском зі стиснутими бульбашками повітря, а при виході вони розширюються, за рахунок чого і збільшують об'єм продукту [1-3]. Після цього збите морозиво фасують. Десерт піддають загартуванню в морозильних камерах, де він набуває щільної структури. Сотрудники заводських лабораторій делают выборку образцов мороженого для проведения анализов. Десерт по органолептическим показателям должен соответствовать вкусу, запаху, цвету и плотной однородной консистенции, по физико-химическим – массовой доле жира, сахарозы, сухих веществ и кислотности. Проведение микробиологических анализов на соответствие гигиеническим требованиям выявляет общее количество микроорганизмов, наличие или отсутствие патогенных микробов и бактерий.

При виробництві морозива впроваджують також інноваційне обладнання та системи: інфрачервоного нагрівання, за допомогою якого всі інгредієнти нагріваються рівномірно; використання штучного інтелекту для моніторингу всіх етапів виробництва; технологія 3D-друку для створення індивідуальних форм морозива. Використання сучасного обладнання дає змогу запропонувати широкий вибір смаків відповідно до вподобань різних покупців. Точне дозування морозива на автоматичних лініях дозволить уникнути відходів та забезпечить стабільність якості, що сприятиме підвищенню продуктивності, рентабельності та ефективності фабрики, розширенню асортименту та збільшенню обсягів продажів.

Ринок морозива в Україні досяг 13,3 мільярда гривень. Такі компанії, як «Rud» та «Laska», експортують у Європу. На старих лініях рівень дефектів становить від 5 до 15%, енергія втрачається у атмосферу, а процес виробництва переважно залежить від людей. Розглянемо практичну реалізацію системи автоматизованого керування (АСК) технологічним процесом виробництва

морозива (рис. 2). На схемі позначено: (U) змішувальний бак, (V) насос, (W) вирівнювальний бак, (X) насос, м(Y) пластинчастий теплообмінник, (Z) утримувальна труба, (AA) гомогенізатор, (AB) бак для дозрівання, (AC) насос, (AD) безперервна морозильна камера, (AE) пакувальна машина, (AF) установка для затвердіння, (AH) насос та (AG) пластинчастий теплообмінник (за матеріалами [4]).

Розробка АСК базується на аналізі технологічних етапів, таких як підготовка суміші, пастеризація, гомогенізація, фризерування, фасування та загартовування. Мета – створення ефективної, надійної та масштабованої системи, яка забезпечує точний контроль параметрів, мінімізацію втрат і підвищення продуктивності. Розробка включає створення структурної схеми, вибір обладнання, моделювання процесів у програмному середовищі та розрахунок ключових параметрів.

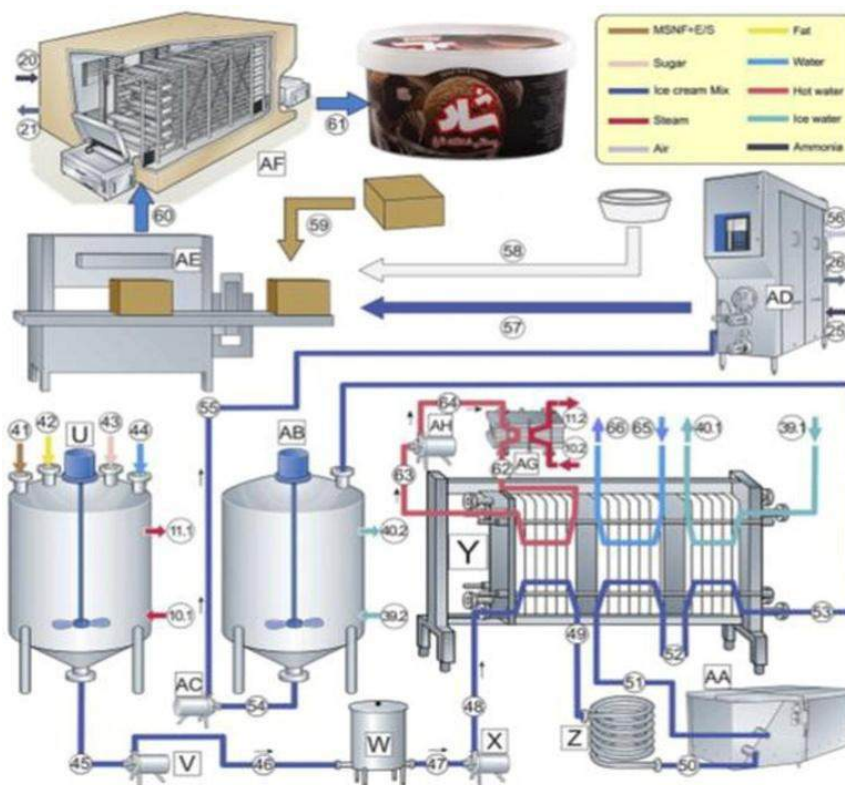


Рис. 2. Схема лінії з виробництва морозива на підприємстві

В ієрархічній організації АСК центральним елементом є програмований логічний контролер (ПЛК), що інтегрує датчики, виконавчі пристрої та інтерфейс оператора. Система побудована за принципом SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), з елементами IoT для віддаленого моніторингу. На нижньому рівні (рівень польових пристроїв) розміщуються датчики та актуатори: датчики температури, потоку, рівня, тиску, а також клапани, насоси та мішалки. Середній рівень – ПЛК, який обробляє сигнали та керує процесами в реальному часі. Верхній рівень – SCADA-система для візуалізації, реєстрації даних і формування звітів (рис. 3). Архітектура апаратного забезпечення системи SCADA наведена на рис. 4.

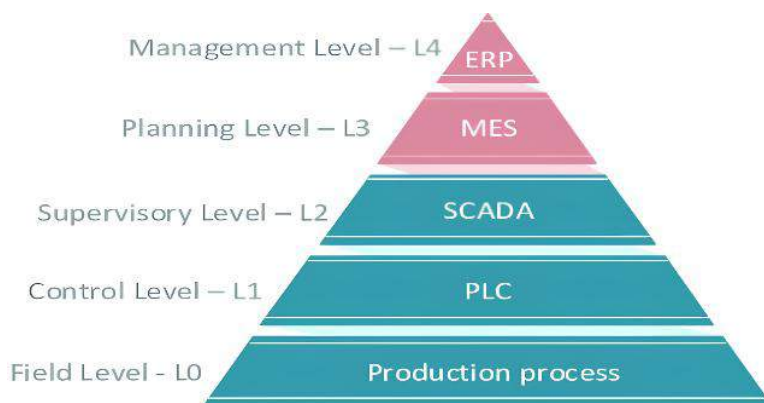


Рис. 3. Ієрархічна схема АСК виробництва морозива

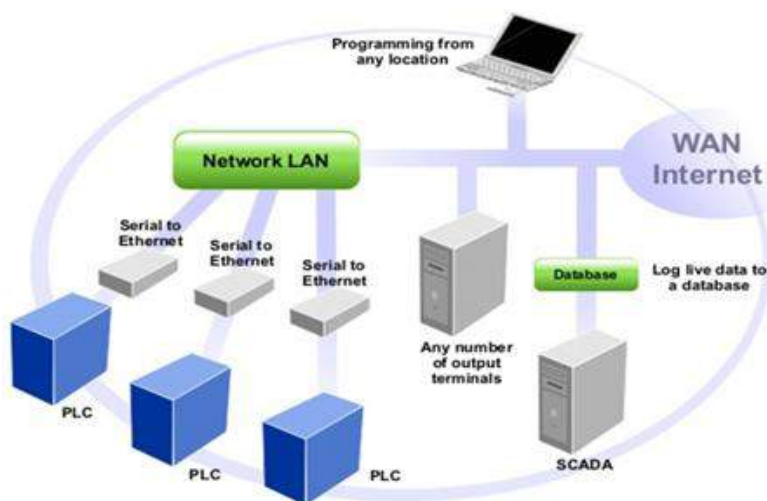


Рис. 4. Архітектура апаратного забезпечення системи SCADA

Розроблено комплексну автоматизовану систему керування, адаптовану до потреб сучасних підприємств харчової переробки. Архітектура, побудована навколо Siemens S7-1500 та датчиків Endress+Hauser, забезпечує точність, надійність та спрощення подальшого розвитку. Система дозволить українським виробникам покращити якість продукції, істотно зменшити втрати та конкурувати на європейському ринку без обмежень.

Список літератури

1. Digital solutions for ice cream. Tetra Pak. URL: <https://www.tetrapak.com/en-us/solutions/integrated-solutions-equipment/processing-equipment/ice-cream-automation>
2. Automation of ice cream production line with data analysis. Dewesoft, 2025. <https://dewesoft.com/blog/automation-of-ice-cream-production-line>
3. Виробництво морозива в Україні. ТМ «Рудь». URL: <https://rud.ua/company/manufacture/>
4. A review of ice cream manufacturing process and system improvement strategies / A. Harfoush et al. *Manufacturing Letters*. 2024. Vol. 41. P. 170–181. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2024.09.021>

УДК 624.04:519.8:004.94

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ПОКРІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Филипенко Г.І., викл. вищ. кат., викл.-метод.
Точенюк О.В., здобувач РВО фаховий молодший бакалавр
Харківський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну
м. Харків, Україна, tochenuk_av@gmail.com

Анотація. Розглянуто застосування математичного моделювання для оптимізації витрат покрівельних матеріалів у процесі проєктування будівельних об'єктів. Обґрунтовано доцільність формалізації геометрії покрівлі як сукупності просторових елементів та використання підходів задачі двовимірного пакування для мінімізації відходів. Проаналізовано вплив технологічних обмежень, зокрема параметрів нахлесту, орієнтації матеріалів та можливості повторного використання залишків, на побудову математичної моделі. Запропоновано модель оптимізації, що базується на методах лінійного програмування та ітераційних алгоритмах, і дозволяє мінімізувати витрати матеріалів та підвищити точність розрахунків. Показано, що використання таких підходів сприяє зниженню витрат ресурсів і підвищенню ефективності організації будівельного процесу.

Ключові слова: математичне моделювання, мінімізація відходів, оптимізація витрат, ресурсозбереження, ефективність будівельного процесу

Математичне моделювання процесу оптимізації витрат покрівельних матеріалів є важливим етапом сучасного архітектурно-конструкторського проєктування, оскільки дозволяє суттєво зменшити технологічні втрати та оптимізувати загальну кошторисну вартість будівельного об'єкта. У сучасних умовах підвищення вартості будівельних матеріалів і зростання вимог до економічної ефективності проєктів проблема раціонального використання ресурсів набуває особливої актуальності. Використання математичних методів дозволяє перейти від інтуїтивного або досвідного підходу до прийняття рішень до науково обґрунтованих розрахунків, що забезпечують підвищення точності планування. Актуальність даного підходу також зумовлена впровадженням принципів сталого розвитку та ресурсозбереження у будівельній галузі, де зменшення відходів є не лише економічною, а й екологічною необхідністю.

В основі математичних моделей лежить формалізація геометрії покрівлі як сукупності плоских багатокутників, розміщених у тривимірному просторі. Такий підхід дозволяє описати складні покрівельні конструкції, включаючи багатоскатні дахи, ламані поверхні та комбіновані архітектурні форми, у вигляді системи взаємопов'язаних елементів. Кожен із цих елементів потребує покриття листовими або модульними матеріалами із заданими геометричними характеристиками, зокрема корисною площею, довжиною, шириною та параметрами нахлесту, що визначаються технологією монтажу. Додатково враховуються особливості кріплення, допустимі відхилення розмірів і необхідність забезпечення герметичності покриття. Такий комплексний підхід дозволяє перейти від наближених розрахунків до точного визначення

необхідної кількості матеріалів, зменшити ризик перевитрат і підвищити якість проєктних рішень [1].

Задача оптимального використання покрівельних матеріалів тісно пов'язана з класичною задачею двовимірного пакування (Cutting Stock Problem), яка передбачає мінімізацію відходів шляхом раціонального розкрою матеріалу. У межах цієї задачі необхідно визначити таке розміщення елементів покриття на стандартних листах матеріалу, яке забезпечує максимальне використання їх площі при мінімальних залишках. У цьому випадку цільова функція спрямована на зменшення площі відходів за рахунок оптимального комбінування геометричних параметрів окремих елементів покриття, а також врахування можливості використання залишків у подальших розрахунках [2]. Особливістю задачі є її комбінаторний характер, що призводить до значної складності при збільшенні кількості елементів та варіантів їх розміщення.

Розв'язання таких задач здійснюється з використанням методів комбінаторної оптимізації, евристичних алгоритмів та засобів лінійного програмування. Зокрема, застосовуються алгоритми жадібного типу, методи гілок і меж, а також генетичні алгоритми, які дозволяють знаходити ефективні наближені рішення за прийнятний час. Лінійне програмування, у свою чергу, дає можливість формалізувати задачу у вигляді системи обмежень і цільової функції та отримати оптимальний або близький до оптимального результат. Поєднання цих підходів забезпечує високу точність розрахунків і можливість їх автоматизації у складі сучасних програмних комплексів для проєктування будівельних конструкцій.

Особливу складність математичного моделювання створюють технологічні обмеження, що накладаються на процес монтажу покрівельних матеріалів і безпосередньо впливають на кінцевий результат оптимізації. До таких обмежень належать необхідність точного дотримання кроку хвилі металочерепиці або профнастилу, що визначає кратність розмірів елементів покриття, а також орієнтація капілярних канавок, яка забезпечує правильний відвід води та герметичність стиків. Важливим фактором є також обмеження щодо напрямку укладання листів, яке часто задається технологією виробника та умовами експлуатації покрівлі. Окрему роль відіграє урахування так званих «ділових відходів», тобто залишків матеріалу, які не відповідають стандартним розмірам, але можуть бути повторно використані на інших ділянках конструкції. Зокрема, у складних багатоскатних дахах такі залишки можуть застосовуватися на симетричних або протилежних схилах, що дозволяє частково компенсувати втрати матеріалу. Усі ці фактори суттєво ускладнюють математичну модель, однак одночасно підвищують її адекватність реальним умовам будівельного процесу та практичну цінність отриманих результатів [3].

Застосування ітераційних алгоритмів, зокрема методів покрокової оптимізації, локального пошуку та варіаційного аналізу, дозволяє знаходити наближені до оптимальних рішення навіть для складних конфігурацій дахів із великою кількістю елементів. Такі алгоритми забезпечують поступове покращення початкового рішення шляхом послідовного перерозподілу матеріалу та мінімізації залишків на кожному кроці. У поєднанні з методами

лінійного програмування це створює потужний інструментарій для формалізації процесу прийняття рішень і подальшої автоматизації розрахунків. Практичні результати застосування подібних підходів свідчать про можливість скорочення обсягів закупівель матеріалів у середньому на 10–15 %, а в окремих випадках і більше, залежно від складності геометрії покрівлі та рівня деталізації моделі. Крім того, підвищується точність формування специфікацій, що зменшує ризики помилок при замовленні матеріалів та виконанні будівельних робіт [4].

Крім безпосереднього економічного ефекту, математичне моделювання забезпечує істотне підвищення організаційної ефективності будівельного процесу. Точне визначення потреби в матеріалах дозволяє мінімізувати простой, пов'язані з їх нестачею, а також уникнути надлишкових запасів, що можуть призводити до додаткових витрат на зберігання або логістику. Це особливо важливо в умовах жорстких термінів реалізації будівельних проєктів та обмежених бюджетів. Водночас інтеграція математичних моделей у сучасні програмні комплекси автоматизованого проєктування відкриває перспективи створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у будівництві, які здатні враховувати як геометричні, так і технологічні параметри в режимі реального часу та пропонувати оптимальні варіанти використання матеріалів.

Формалізація задачі оптимізації витрат покрівельних матеріалів може бути представлена у вигляді математичної моделі. Нехай покрівля розбивається на n окремих ділянок (схилів), кожна з яких має площу S_i , $i=1,2,\dots,n$. Для покриття використовуються стандартні листи матеріалу з параметрами довжини l та ширини w , причому корисна ширина з урахуванням нахлесту становить w_{eff} .

Цільова функція задачі полягає у мінімізації загальної площі відходів:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (A_i - S_i)$$

де A_i – сумарна площа матеріалу, використаного для покриття i -ї ділянки, а S_i – її фактична площа.

При цьому площа використаного матеріалу визначається як:

$$A_i = x_i \cdot l \cdot w_{eff}$$

де x_i – кількість листів, необхідних для покриття відповідної ділянки.

Обмеження моделі враховують геометричні та технологічні умови. Зокрема, для кожної ділянки має виконуватися умова покриття:

$$x_i \cdot l \cdot w_{eff} \geq S_i$$

Також можуть вводитися додаткові обмеження, пов'язані з орієнтацією листів, кратністю довжин (наприклад, відповідно до кроку хвилі), а також можливістю повторного використання залишків:

$$x_i \in Z^+, l = k \cdot l_0, k \in N.$$

У більш загальному вигляді задача може бути розширена до класичної задачі лінійного програмування з урахуванням вартості матеріалу:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (c \cdot x_i)$$

де c – вартість одного листа покрівельного матеріалу.

Запропонована математична модель дозволяє формалізувати процес прийняття рішень щодо визначення оптимальної кількості покрівельних матеріалів, їх раціонального розкрою та мінімізації технологічних відходів. Завдяки чіткому математичному опису стає можливим врахування як геометричних параметрів конструкції, так і технологічних обмежень, що виникають у процесі монтажу. Це забезпечує більш точне планування матеріальних ресурсів і підвищує обґрунтованість інженерних рішень на етапі проектування. Практична реалізація такої моделі може здійснюватися із застосуванням спеціалізованих програмних засобів автоматизованого проектування, а також середовищ динамічної математики, які поєднують можливості аналітичних обчислень, чисельного моделювання та візуалізації результатів. Використання подібних інструментів дозволяє не лише отримувати оптимальні або наближені до оптимальних рішення, але й аналізувати різні сценарії використання матеріалів у режимі реального часу, що суттєво підвищує ефективність проєктної діяльності.

Отже, впровадження математичного моделювання у процес оптимізації витрат покрівельних матеріалів забезпечує перехід від емпіричних, наближених методів оцінювання до науково обґрунтованих підходів управління ресурсами, заснованих на точних розрахунках та формалізованих алгоритмах. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку будівельної галузі, яка орієнтується на цифровізацію, підвищення точності проєктних рішень та раціональне використання матеріальних ресурсів. Крім того, він сприяє інтеграції математичного апарату в практичну інженерну діяльність, що є важливим кроком до створення інтелектуальних систем проєктування та автоматизованого управління будівельними процесами.

Список літератури

1. Теорія та практика розрахунку будівельних конструкцій: підручник / О.П. Кузнецов та ін. Київ: Основа, 2018. 320 с.
2. Стоян Ю.Г., Гіль М.І. Математичне моделювання геометричних об'єктів. Харків: Основа, 1993. 345 с.
3. Левицький В.М. Методи оптимізації в будівництві: навч. посіб. Одеса: Астропринт, 2020. 212 с.
4. Андрієвський С.І. Проектування покрівель сучасних будівель: техн. довідник. Львів: Світ, 2021. 158 с.

УДК 631.365.2

АНАЛІЗ ЛІНІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ЯК ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Абраменко І.Г., к.т.н., доц.
Гриб Д.В., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, abramenko@btu.kharkov.ua

Анотація. Приведені результати дослідження параметрів технологічного процесу приготування макаронних виробів. Визначені функції система керування цим технологічним процесом та сформовані вимоги необхідні для забезпечення ефективної роботи системи автоматизації.

Ключові слова: макаронні вироби, об'єкт управління, екструзія, автоматизація

Автоматизовані лінії з виробництва макаронних виробів призначені для виробництва макаронних виробів масового споживання, таких як спагеті, локшина, вермішель.

Макаронні вироби - це харчові продукти, які формуються з пшеничного тіста у вигляді трубочок, ниток стрічок і фігурок і потім висушені до вологості 13 %.

Характерною особливістю сучасного макаронного виробництва є широке використання поточкових ліній, які об'єднують в єдиний комплекс всі технологічні операції, починаючи від надходження сировини на виробництво і закінчуючи відправленням на склад готової продукції. На окремих ділянках цих ліній здійснюється автоматичне регулювання і керування процесами.

Технологічний процес виготовлення макаронних виробів можна поділити на два етапи [1, с. 212]: заміс тіста, ущільнення та формування виробів шляхом продавлювання через формуючі отвори матриці; обробка відформованих сирих виробів - обдування, різання та сушіння.

У зв'язку з цим, автоматизація виробництва може стати вирішальним фактором для забезпечення конкурентоспроможності підприємства та задоволення потреб споживачів.

В Україні на сьогоднішній день є велика кількість підприємств з виробництва макарон, але проблема в тому що в основному виробництво відбувається на застарілому обладнанні. Це зменшує потужності виробництва, якість продукції і як наслідок продажі таких виробів доволі швидко падають.

Автоматизована лінія з виробництва макаронних виробів представляє собою комплекс взаємопов'язаних етапів і компонентів, які можуть варіюватися залежно від специфіки моделі та виробничих потреб. В узагальненому вигляді до складу такої лінії входять наступні функціональні елементи.

Система змішування та перемішування інгредієнтів, до складу якої входять силоси для зберігання сировини, системи дозування та відважування, а

також пристрої для змішування і механічного перемішування всіх компонентів для забезпечення однорідної консистенції тіста. 2.

Система формування тіста шляхом використання тістоформувальних пресів, які дозволяють виготовляти продукти різних форм і розмірів відповідно до технологічних вимог.

Система різання, представлена різальними машинами, що здійснюють поділ тістових смуг або маси на порції заданої довжини й форми.

Система сушіння, яка у спеціалізованих сушильних камерах забезпечує обробку продукту при строго контрольованих параметрах температури та вологості для досягнення необхідної структури та фізичних властивостей.

Ця структура забезпечує ефективне виробництво макаронних виробів із мінімізацією людського фактору, покращенням якості продукції та оптимізацією виробничих витрат.

Для приготування тіста використовують тістомісильну машину, до якої надходять відповідні інгредієнти. Після чого відбувається заміс тіста впродовж 15-20 хвилин і його підігрів.

Готове тісто видавлюється через фільтеру для того, щоб отримати макаронні вироби різної форми та розмірів. Зазвичай для цього використовується екструзійне обладнання, наприклад макаронний прес або екструдер.

Макаронний прес призначений для замішування тіста, формування та різання макаронних виробів, що забезпечує повну автоматизацію технологічного процесу виготовлення макаронної продукції. В макаронній промисловості найбільш широке застосування отримали машини, формуючі тістові заготовки методом екструзії з шнеками.

Після екструзії тісто надходить до спеціального нарізного обладнання, де макаронні вироби нарізаються до потрібних довжини.

Випресовувані вироби перед різкою і під час різання інтенсивно обдуваються повітрям для отримання на їх поверхні підсушеної скоринки. Це запобігає приливанню сирих виробів до сушильним поверхонь і злипання виробів між собою під час сушіння.

Просушка макарон відбувається у контрольованому середовищі для досягнення бажаного вмісту вологи. Для цього використовується спеціальна макаронна сушарка або дегідратор. Цей процес необхідно контролювати, щоб недопустити пересушування або недосушування макаронних виробів.

Таким чином задачами розробки системи автоматизації є створення слідуєчих контурів керування: контуру змішування інгредієнтів; контуру приготування тіста; контуру нарізки та просушки; контуру охолодження, розфасовки та зберігання.

Список літератури

1. Лісовенко О. Т. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв / О. Т. Лісовенко, О. А. Руденко, І. М. Литовченко. - Київ: Ліра, 2000. - 284 с.

УДК 004.93:004.056:658.5

СТРУКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ НА ВИРОБНИЧОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Кононихін О.С., к.т.н., доц.
Забавський Д.С., здобувач РВО бакалавр
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, makonon@i.ua

Анотація. У статті розглядається проблема ідентифікації персоналу на великих промислових підприємствах в умовах переходу до «Індустрії 4.0». Запропонована адаптована багатопланова тривірнева комп'ютерна технологія, яка поєднує апаратний рівень для збору й швидкої обробки даних на місці за допомогою оптичних сенсорів та периферійних обчислень, клієнтський рівень із програмним терміналом для динамічної адаптації порогу чутливості та забезпечення високої пропускну здатності, а також серверне інтелектуальне ядро, що використовує нейромережі YOLOv8 та ArcFace.

Ключові слова: ідентифікація персоналу, периферійні обчислення, YOLOv8, ArcFace, безпека на виробництві

У сучасних умовах глобалізації та стрімкого переходу до концепції «Індустрії 4.0», автоматизація виробничих процесів стає не просто конкурентною перевагою, а важливою необхідністю для великих промислових підприємств. Одним з ключових елементів інтелектуального управління виробництвом є система контролю та управління доступом, а також інтегрована система ідентифікації персоналу. Традиційні методи ідентифікації, що базуються на використанні магнітних карток, RFID-міток або паролів, дедалі частіше демонструють свою неефективність в умовах динамічного та високотехнологічного промислового середовища [1].

На великих підприємствах, де задіяні тисячі працівників, людський фактор відіграє критичну роль. Помилки при ідентифікації, можливість передачі перепусток третім особам, а також труднощі з доступом до небезпечних зон можуть призвести не лише до фінансових втрат, але й до загрози життю та здоров'ю людей. Більше того, специфіка виробничих цехів — наявність пилу, агресивних середовищ, коливання температури та освітлення — створює значні перешкоди для стабільної роботи стандартних біометричних систем, таких як сканери відбитків пальців [2].

Сучасні алгоритми глибинного навчання дозволяють здійснювати ідентифікацію безконтактно, на відстані та в русі. Це критично важливо для великих заводів, де в години пік через контрольно-пропускні пункти проходить величезна кількість людей. Проте впровадження комп'ютерного зору на виробництві стикається з серйозними технічними викликами. Працівники часто одягнені в спецодяг, носять захисні шоломи, окуляри чи респіратори, що перекриває значну частину обличчя. Крім того, умови освітлення в цехах часто

є далекими від ідеальних: від тьмяного світла в складських приміщеннях до яскравих відблисків металевих поверхонь або зварювальних дуг [3].

Метою даного дослідження є підвищення безпеки на підприємстві за рахунок розробки структури комп'ютерної технології ідентифікації персоналу, яка була б адаптована до специфічних умов виробничого підприємства [4].

Комп'ютерна технологія (рисунок 1) ідентифікації персоналу на виробничому підприємстві являє собою складну, багат шарову цифрову екосистему. В основі цієї технології лежить ієрархічна трирівнева архітектура, розроблена для забезпечення максимальної швидкодії, стійкості до збоїв та високої точності розпізнавання в умовах агресивного промислового середовища. Кожен рівень — апаратний, клієнтський та серверний — виконує специфічний набір завдань, забезпечуючи безперервний цикл від первинної фіксації фізичного сигналу до прийняття інтелектуального рішення про допуск особи в робочу зону.

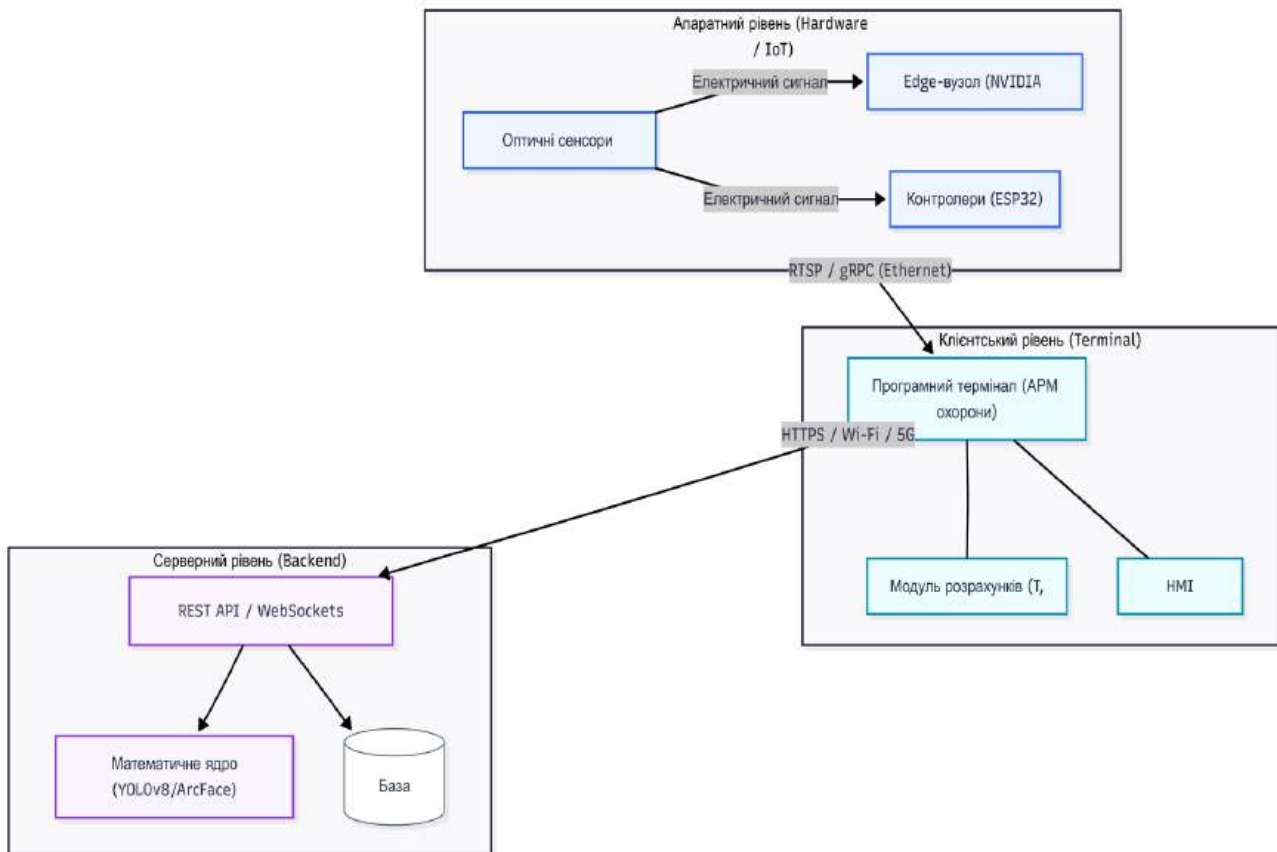


Рис. 1. Структура комп'ютерної технології ідентифікації персоналу на виробничому підприємстві

Початковим етапом функціонування технології є апаратний рівень, який відповідає за фізичне сприйняття навколишнього середовища. Головним інструментом збору даних тут виступають оптичні сенсори, які в сучасних умовах повинні володіти не лише високою роздільною здатністю, а й здатністю працювати в інфрачервоному спектрі. Отримані візуальні дані у вигляді

аналогових електричних сигналів миттєво оцифровуються та передаються на периферійні обчислювальні вузли. У даній технології роль таких вузлів виконують модулі на базі архітектури NVIDIA Jetson. Використання саме цих пристроїв обумовлене наявністю спеціалізованих тензорних ядер, що дозволяють виконувати нейромережеву детекцію об'єктів безпосередньо на місці, що суттєво зменшує обсяг даних, які потрібно передавати на центральний сервер. Паралельно з цим, контролери на базі мікросхем ESP32 забезпечують низькорівневу взаємодію з виконавчою інфраструктурою: вони зчитують стан датчиків наближення та готують команди для приводів турнікетів, шлюзових камер або звукових сповіщувачів.

Наступною ланкою, що забезпечує логічний міст між сенсорами та інтелектуальним ядром, є клієнтський рівень. Його функціонування базується на дротовій інфраструктурі Ethernet, яка гарантує стабільність зв'язку в умовах сильних електромагнітних завад, характерних для промисловості. Для передачі відеоданих використовуються протоколи RTSP (Real Time Streaming Protocol), а для обміну структурованими даними між периферійними пристроями та терміналом застосовується сучасний бінарний протокол gRPC. Центральним елементом цього рівня є програмний термінал — автоматизоване робоче місце охорони. Це не просто візуалізатор, а активний аналітичний вузол, в якому інтегрований модуль розрахунків. Цей модуль у реальному часі обчислює два ключові параметри: час відгуку системи (T) та поріг чутливості ідентифікації (τ). Параметр T є критичним для забезпечення високої пропускну здатності на прохідних: система повинна ідентифікувати людину швидше, ніж вона підійде до турнікета. Параметр τ (поріг впевненості) динамічно адаптується залежно від рівня зашумленості зображення, щоб збалансувати ймовірність помилкового допуску та помилкової відмови.

Серверний рівень виступає інтелектуальним «мозком» всієї технології, де зосереджені основні обчислювальні потужності. Взаємодія терміналу з сервером може здійснюватися як через захищені локальні Wi-Fi мережі, так і через високошвидкісні канали 5G, що особливо актуально для територіально розподілених підприємств. Вхідною точкою для даних на сервері є програмний шлюз, реалізований на базі REST API та WebSockets. REST API використовується для асинхронних запитів та управління адміністративними даними, тоді як WebSockets забезпечують двосторонній обмін даними в реальному часі для миттєвого відображення подій. Основа серверного рівня — математичне ядро, в якому функціонують дві фундаментальні нейромережеві моделі. Перша модель, побудована на архітектурі YOLOv8 (You Only Look Once), виконує завдання детекції: вона миттєво знаходить обличчя в кадрі та одночасно класифікує атрибути безпеки, такі як наявність каски, окулярів або сигнального жилета. Друга модель — ArcFace — відповідає за власне розпізнавання. Вона перетворює нормалізоване зображення обличчя у 512-вимірний вектор ознак, який є унікальним для кожної людини та інваріантним до змін зовнішності (наприклад, появи бороди чи носіння маски) [5-7].

Кінцевою точкою обробки інформації є база даних, архітектура якої спеціально оптимізована для роботи з великими векторами даних. Подальший розвиток технології передбачає впровадження методів федеративного навчання, що дозволить моделям самостійно вдосконалюватися на периферійних пристроях без передачі конфіденційних біометричних даних у відкриті мережі. Це підвищить рівень кібербезпеки та конфіденційності, що є вкрай важливим для великих корпорацій. Також перспективним є інтеграція з системами доповненої реальності (AR), де охоронець через спеціальні окуляри зможе миттєво бачити статус допуску та медичні протипоказання працівника, просто подивившись на нього.

Таким чином, розроблена комп'ютерна технологія є гнучкою платформою, яка готова до інтеграції нових модулів та адаптації під мінливі потреби сучасного високотехнологічного виробництва.

Список літератури

1. Приймак В. Захист персональних даних та правила біометричної ідентифікації / В. Приймак // Інформаційна безпека. – 2013. – № 3. – С. 49–70.
2. Бабачук В. П. Теоретичні основи біометричної ідентифікації особистості: підручник / В. П. Бабачук. – [Б. м.]: Книжкове видавництво КНТУ, 2015. – 152 с.
3. Deng J., Guo J., Xue N., Zafeiriou S. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2019. P. 4690–4699. DOI: 10.1109/CVPR.2019.00482.
4. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, HI, USA, 2001. Vol. 1. P. 511–518.
5. Imtiaz H., Fattah S. A. A Face Recognition Scheme using Wavelet Based Dominant Features // Signal & Image processing. - 2011. - Vol. 2. - №. 3. - p. 69-80.
6. Jones M., Viola P. Fast multi-view face detection // Mitsubishi Electric Research Lab TR-20003-96. - 2003. - Vol.3, -p. 14
7. Lee K. C., Ho J., Yang M. H., Kriegman D. Video-Based Face Recognition Using Probabilistic Appearance Manifolds // Computer Vision and Pattern Recognition, 2003. Proceedings. 2003 IEEE Computer Society Conference. - 2003. - Vol. 1. - p. 313-320.

УДК 004.415.2:004.77

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ПРИЙНЯТТЯ ЗАМОВЛЕНЬ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.

Чернецький А.С., к.т.н., доц.

Тузов І. В., здобувач РВО бакалавр

Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkiv.ua

Анотація. У статті розглянуто підхід до проектування та розробки мобільного застосунку для сфери електронної комерції. Запропоновано архітектуру, що базується на інтеграції клієнтської частини з хмарними сервісами для забезпечення швидкої обробки транзакцій та синхронізації даних про залишки товарів. Особливу увагу приділено оптимізації інтерфейсу користувача та впровадженню механізмів безпечної передачі платіжної інформації. Продемонстровано переваги використання кроссплатформених фреймворків для створення масштабованих торговельних майданчиків.

Ключові слова: мобільна розробка, електронна комерція, інтернет-магазин, кроссплатформеність, UI/UX дизайн, обробка даних

У XXI столітті стрімкий розвиток цифрових технологій кардинально змінює підходи до організації роздрібної торгівлі та взаємодії з клієнтами. Особливої актуальності набуває впровадження мобільних рішень у структуру бізнес-процесів, що забезпечує розширені можливості доступу до товарів та послуг у режимі реального часу. Традиційні веб-сайти, які раніше були основним інструментом інтернет-торгівлі, поступово поступаються мобільним застосункам у контексті зручності, персоналізації та швидкості здійснення покупок.

Саме тому концепція створення високопродуктивного мобільного клієнта для інтернет-магазину вважається однією з провідних у галузі комп'ютерної інженерії та розробки програмного забезпечення. Підвищення конверсії, створення персоналізованих пропозицій та спрощення шляху користувача до покупки — усе це є ключовими завданнями, які стоять перед розробниками сучасних торговельних систем [1]. У зв'язку з цим виникає потреба у побудові адаптивних застосунків, здатних не лише відображати каталог, а й ефективно взаємодіяти з серверною частиною для обробки великих обсягів даних.

Запропонована архітектура системи складається з клієнтського рівня, логічного рівня API та серверного хмарного рівня. Клієнтська частина, розроблена з використанням сучасних фреймворків, забезпечує плавність роботи інтерфейсу та підтримку автономного режиму для базових функцій перегляду [2]. Логічний рівень відповідає за автентифікацію користувачів, фільтрацію пошукових запитів та керування кошиком, тоді як хмарний рівень забезпечує збереження історичних даних про замовлення, аналітику продажів та інтеграцію з платіжними шлюзами.

Для ефективного функціонування магазину реалізовано механізм push-сповіщень, який дозволяє оперативно інформувати клієнтів про зміну статусу замовлення або появу нових пропозицій. Використання кешування на стороні пристрою дозволяє значно знизити навантаження на мережу та підвищити швидкість завантаження зображень товарів. Такий підхід забезпечує гнучкість і масштабованість системи з урахуванням зростання кількості активних користувачів та розширення асортименту [3].

Розробка мобільних застосунків для електронної комерції має значний потенціал розвитку завдяки впровадженню елементів доповненої реальності та персоналізованих рекомендаційних систем на основі штучного інтелекту. Це дозволяє користувачам отримувати більш повне уявлення про товар та спрощує процес прийняття рішення. Перспективним є подальше поєднання мобільних рішень із системами автоматизованого обліку складських запасів, що дозволяє формувати єдину інформаційну інфраструктуру для управління торговельним підприємством [4].

Розроблений підхід до побудови мобільного застосунку для інтернет-магазину дозволяє створити ефективний інструмент для сучасної електронної комерції, що характеризується високою швидкістю роботи та зручністю для кінцевого споживача. Застосування хмарних технологій для синхронізації даних та обробки замовлень забезпечує надійність системи та можливість її швидкого масштабування. Інтеграція сучасних методів захисту даних гарантує безпеку фінансових операцій та конфіденційність інформації клієнтів.

Подальші дослідження будуть спрямовані на впровадження алгоритмів машинного навчання для аналізу поведінки користувачів та автоматичного формування індивідуальних маркетингових стратегій. Також планується розробка додаткових модулів для інтеграції з логістичними сервісами, що дозволить автоматизувати процес відстеження доставки товарів у реальному часі. Такі рішення сприятимуть підвищенню лояльності клієнтів та оптимізації витрат на управління продажами.

Список літератури

1. Мельник А. О. Методи проєктування мобільних застосунків для систем електронної комерції. // Комп'ютерні системи та мережі. – 2025. – № 1. – С. 42–48.
2. Gupta, A., Singh, R. Architecture of Scalable Mobile E-Commerce Platforms: A Review. // International Journal of Software Engineering. – 2024. – Vol. 12, No. 3. – P. 115–122. <https://doi.org/10.5120/ijse-2024-912>
3. Rodriguez, J., Lee, K. UX/UI Optimization Strategies for Mobile Shopping Applications. // Journal of Digital Business and Commerce. – 2025. – Vol. 9, No. 2. – P. 78–85. <https://doi.org/10.1007/s41635-024-00155-2>
4. Савченко В. М. Безпека платежів у мобільних торговельних платформах. // Системи обробки інформації. – 2025. – № 1 (175). – С. 12–19.

УДК 004.9:62-52

ІНТЕГРАЦІЯ ІТ У ПРОМИСЛОВІСТІ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ

Самченко В. Р., здобувач РВО ФМБ

Кам'янський енергетичний фаховий коледж

м.Кам'янське, Дніпропетровська обл., Україна, det_dndz@ukr.net

Анотація. У роботі розглянуто сучасні тенденції інтеграції інформаційних технологій у промисловості в умовах розвитку Індустрії 4.0. Проаналізовано ключові напрями цифрової трансформації виробництва, зокрема промисловий Інтернет речей, штучний інтелект, роботизацію, хмарні та крайові обчислення, а також цифрові двійники. Визначено основні переваги впровадження ІТ та окреслено проблеми і перспективи розвитку галузі.

Ключові слова: Індустрія 4.0, ПоТ, штучний інтелект, автоматизація, цифрові двійники

Сучасна промисловість перебуває на етапі глибокої трансформації, відомої як Індустрія 4.0, сутність якої полягає в інтеграції інформаційних технологій у виробничі процеси. Це сприяє створенню «розумних» підприємств, автоматизованих систем і цифрових екосистем. Інформаційні технології стають ключовим чинником підвищення ефективності, конкурентоспроможності та інноваційності промислових підприємств. Важливим напрямом є інтеграція інформаційних (ІТ) та операційних технологій (ОТ), що забезпечує отримання даних у реальному часі, автоматизацію процесів і покращення управління. Об'єднання систем SCADA, MES і ERP формує єдину цифрову інфраструктуру підприємства. Значну роль відіграє промисловий Інтернет речей (ПоТ), який передбачає використання датчиків і підключених пристроїв для збору та аналізу даних, забезпечуючи моніторинг обладнання, зниження простоїв і оптимізацію виробництва. Штучний інтелект застосовується для прогнозного обслуговування, аналізу даних і оптимізації процесів, сприяючи прийняттю ефективних управлінських рішень і зменшенню витрат. Роботизація, зокрема використання колаборативних роботів, підвищує продуктивність праці, зменшує кількість помилок і покращує безпеку.

Хмарні та крайові обчислення забезпечують ефективну обробку великих обсягів даних: хмарні технології — масштабованість і гнучкість, а edge computing — мінімізацію затримок. Важливим елементом є цифрові двійники, що дозволяють моделювати й оптимізувати виробничі процеси без ризиків. Інтеграція ІТ забезпечує підвищення ефективності, зниження витрат, покращення якості продукції та гнучкість виробництва. Водночас існують виклики: кібербезпека, висока вартість впровадження, нестача фахівців і складність інтеграції систем.

Подальший розвиток пов'язаний із переходом до Індустрії 5.0, орієнтованої на взаємодію людини і технологій, екологічність та персоналізацію виробництва. Отже, інтеграція інформаційних технологій є ключовим чинником розвитку сучасної промисловості та формування інноваційних виробничих систем.

Список літератури

1. Industrial revolution. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial>
2. Digital transformation. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Digital>
3. Automation. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Automation>

УДК 657.6:004.8

ШІ В БУХГАЛТЕРІЇ: АВТОМАТИЗАЦІЯ, РИЗИКИ ТА НОВІ МОЖЛИВОСТІ

Башчук І.Г., к.е.н, доц.,

Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця

Харків, Україна, iryna.voloshan@hneu.net

Анотація. Досліджено застосування штучного інтелекту у бухгалтерії як інструменту автоматизації облікових процесів, підвищення аналітичного потенціалу та оптимізації фінансових рішень. Розглянуто ключові напрями автоматизації. Проаналізовано основні ризики використання штучного інтелекту. Визначено нові можливості для бухгалтерів, які полягають у стратегічній аналітиці, управлінських консультаціях та цифровій трансформації професії.

Ключові слова: штучний інтелект, бухгалтерський облік, автоматизація обліку, фінансова аналітика, цифрові технології, ризики ШІ

Стрімкий розвиток цифрових технологій та впровадження штучного інтелекту (ШІ) у бізнес-процеси змінюють традиційне уявлення про професію бухгалтера. Бухгалтерський облік завжди був однією з перших сфер, у якій впроваджувалися технологічні новації. Одним із найбільш перспективних інструментів трансформації цієї сфери є використання штучного інтелекту (ШІ). Його застосування дозволяє автоматизувати значну частину рутинних операцій, підвищити точність обробки даних та оптимізувати процес прийняття управлінських рішень. Якщо раніше основна роль спеціаліста полягала у введенні та контролі облікових даних, то сьогодні автоматизовані системи здатні виконувати більшість рутинних операцій, залишаючи людині функції стратегічного та аналітичного характеру. Впровадження ШІ у бухгалтерію не лише підвищує точність і швидкість облікових процесів, а й створює нові виклики та ризики, що потребують переосмислення професійних компетентностей.

Застосування ШІ також змінює роль бухгалтера в організації. Якщо раніше основна увага приділялася ручній обробці документів та виконанню рутинних операцій, то сьогодні бухгалтер дедалі більше виконує функції аналітика та консультанта. Він контролює правильність роботи автоматизованих систем, інтерпретує результати аналізу даних та бере участь у стратегічному плануванні діяльності підприємства.

Метою дослідження є визначення потенціалу, обмежень і нових можливостей застосування ШІ у бухгалтерській практиці.

Штучний інтелект у бухгалтерському обліку використовується для автоматичного оброблення первинних документів, класифікації фінансових операцій, формування бухгалтерських проводок та підготовки звітності. Системи на основі ШІ здатні аналізувати великі обсяги даних, розпізнавати текст у рахунках, актах чи накладних, а також автоматично переносити інформацію до облікових систем. Це значно скорочує час на введення даних та

мінімізує ризик помилок, пов'язаних із людським фактором.

Важливою перевагою використання ІІ є можливість проведення аналітики в режимі реального часу. Алгоритми машинного навчання можуть виявляти аномалії у фінансових операціях, прогнозувати грошові потоки, оцінювати фінансові ризики та допомагати керівництву підприємства приймати обґрунтовані управлінські рішення. Крім того, інтелектуальні системи можуть автоматично контролювати відповідність операцій вимогам податкового законодавства та внутрішніх політик підприємства.

Використання інтелектуальних систем у цій сфері охоплює декілька ключових напрямів діяльності, які є критично важливими для сучасного управління фінансами підприємства.

1. Обробка первинних документів. Системи на базі ІІ здатні розпізнавати скановані рахунки, накладні, контракти та інші первинні документи, автоматично інтегруючи їхні дані до облікових систем. Такий підхід не лише значно скорочує час обробки документації, а й зменшує ризик людської помилки. Крім того, автоматизація дозволяє стандартизувати введення даних та забезпечує високу точність їхнього обліку, що особливо важливо для великих підприємств із значними обсягами транзакцій.

2. Класифікація операцій. Алгоритми машинного навчання аналізують фінансові транзакції та автоматично формують бухгалтерські проведення відповідно до облікової політики підприємства та чинних нормативних вимог. Використання ІІ у цьому контексті дозволяє швидко обробляти великі масиви даних, виявляти нетипові або аномальні операції та запобігати помилкам, які можуть виникнути через людський фактор.

3. Фінансова аналітика та прогнозування. Інтелектуальні системи здатні моделювати сценарії розвитку бізнесу, аналізувати тенденції у фінансових потоках та виявляти приховані закономірності у великих масивах даних. Це дозволяє прогнозувати доходи, витрати, ліквідність та інші ключові показники ефективності підприємства. Завдяки такому прогнозуванню керівники отримують можливість приймати більш обґрунтовані стратегічні рішення, визначати потенційні ризики та оптимізувати розподіл ресурсів.

4. Контроль ризиків та податкове планування. Інтелектуальні системи аналізують податкові звіти та фінансові операції на предмет невідповідностей, потенційних штрафів, помилок або ризикових транзакцій. Вони можуть автоматично визначати області, що потребують додаткової уваги бухгалтера, і формувати рекомендації щодо мінімізації фінансових та податкових ризиків. Такий підхід підвищує точність звітності, сприяє дотриманню нормативних вимог, зменшує ймовірність порушень та відповідальності підприємства. [1, с. 24; 2].

Отже, використання штучного інтелекту в автоматизації обліку сприяє підвищенню ефективності облікових процесів, скороченню витрат часу та ресурсів, а також покращенню якості фінансової інформації. У перспективі роль ІІ у сфері бухгалтерського обліку лише зростатиме, що вимагатиме від фахівців нових цифрових компетентностей та готовності працювати з інноваційними технологіями.

Загалом, застосування ІІІ у бухгалтерії дозволяє значно підвищити ефективність облікових процесів, скоротити час на виконання рутинних операцій та зменшити ймовірність помилок. Водночас воно звільняє фахівців від низки стандартних завдань, надаючи можливість зосередитися на стратегічних аспектах фінансового управління, аналітичній роботі та прийнятті обґрунтованих управлінських рішень. Таким чином, інтеграція ІІІ сприяє трансформації професійних функцій бухгалтера, роблячи його роль більш аналітичною та стратегічною, ніж операційною.

Незважаючи на численні переваги, застосування штучного інтелекту в обліку та управлінні пов'язане з низкою потенційних ризиків, які потребують системного підходу до їх оцінки та мінімізації, а саме:

1) алгоритмічні помилки. Однією з основних проблем є ймовірність неправильного функціонування алгоритмів, що може проявлятися у некоректній класифікації фінансових операцій, помилковому розрахунку податків або неправильному обробленні великих масивів даних. Такі помилки здатні призвести до значних фінансових втрат, викривленню звітності та зниження довіри до системи обліку. Крім того, алгоритмічні збої можуть стати джерелом систематичних помилок у довгостроковій перспективі, якщо вони залишаються непоміченими та не коригованими.

2) кібербезпека та конфіденційність. Використання цифрових платформ та ІІІ створює додаткові загрози для захисту інформації. Цифрові системи є вразливими до хакерських атак, шкідливого програмного забезпечення, несанкціонованого доступу та випадкового або навмисного витоку даних. У бухгалтерському контексті такі ризики можуть призвести до компрометації конфіденційної фінансової інформації підприємства, що, у свою чергу, впливає на конкурентоспроможність та репутацію організації.

3) залежність від технологій. Надмірна автоматизованість системи та ІІІ може спричинити деградацію професійних навичок бухгалтерів. У критичних або нестандартних ситуаціях, коли алгоритм може діяти некоректно, працівники, які втратили практичні навички, можуть виявитися не здатними оперативно та ефективно вирішувати проблеми. Це підкреслює необхідність збереження балансу між технологічною автоматизацією та розвитком компетенцій персоналу.

4) етичні аспекти. Автоматизовані рішення, створені на основі алгоритмів ІІІ, не завжди здатні враховувати етичні, соціальні та культурні чинники, які можуть впливати на управлінські рішення та корпоративну відповідальність. Наприклад, автоматизоване скорочення витрат може призвести до непередбачуваних наслідків для співробітників або клієнтів, що потребує додаткового людського контролю та оцінки. [3, с. 443, 4, с. 71]

Важливо зазначити, що, незважаючи на високий рівень автоматизації, відповідальність за результати роботи систем штучного інтелекту залишається за бухгалтером або фінансовим аналітиком. Працівники повинні забезпечувати контроль правильності обробки даних, верифікацію результатів та відповідність облікових записів чинним нормативним та законодавчим вимогам. Такий підхід дозволяє поєднати ефективність технологій із

принципами надійності, прозорості та етичності у бухгалтерській практиці.

Застосування ІІІ змінює роль бухгалтера в організації. Якщо раніше основна увага приділялася ручній обробці документів та виконанню рутинних операцій, то сьогодні бухгалтер дедалі більше виконує функції аналітика та консультанта. Він контролює правильність роботи автоматизованих систем, інтерпретує результати аналізу даних та бере участь у стратегічному плануванні діяльності підприємства. Отже, використання штучного інтелекту в автоматизації обліку сприяє підвищенню ефективності облікових процесів, скороченню витрат часу та ресурсів, а також покращенню якості фінансової інформації. У перспективі роль ІІІ у сфері бухгалтерського обліку лише зростатиме, що вимагатиме від фахівців нових цифрових компетентностей та готовності працювати з інноваційними технологіями.

У зв'язку з цим виникає закономірне питання: чи може ІІІ повністю замінити бухгалтера, чи він стане лише інструментом для підвищення ефективності його роботи? Штучний інтелект уже сьогодні виконує значну частину функцій, які раніше виконували люди, його використання значно підвищує ефективність облікових процесів і допомагає підприємствам швидше отримувати необхідну інформацію для управління.

ІІІ здатний замінити рутинні та стандартизовані операції та функції бухгалтера. До таких належать: введення первинних документів; формування стандартних бухгалтерських проводок; підготовка типових звітів; обробка великого обсягу даних; перевірка правильності розрахунків. Ці процеси легко піддаються алгоритмізації, тому програмні системи можуть виконувати їх швидше та з меншою кількістю помилок. Саме тому в багатьох компаніях уже спостерігається тенденція до скорочення часу на виконання рутинних завдань. Частина традиційних функцій бухгалтера переходить до автоматизованих систем.

Враховуючи значні можливості ІІІ, повністю замінити бухгалтера він навряд чи зможе. Це пов'язано з кількома важливими факторами.

Перш за все, бухгалтерський облік тісно пов'язаний із законодавством, яке постійно змінюється. Штучний інтелект може аналізувати нормативні документи, однак інтерпретація законодавчих норм часто потребує професійного судження та досвіду фахівця.

Другим важливим аспектом є необхідність прийняття управлінських рішень. Бухгалтер не лише фіксує господарські операції, а й аналізує фінансові результати діяльності підприємства, консультує керівництво та бере участь у плануванні.

Крім того, у багатьох випадках виникають нестандартні ситуації, які не можна передбачити заздалегідь у програмному алгоритмі. У таких випадках саме професійні знання та аналітичне мислення бухгалтера допомагають знайти правильне рішення.

Ще одним важливим фактором є відповідальність. Фінансова звітність підприємства має юридичне значення, тому відповідальність за її достовірність несе конкретна людина. Повністю перекласти цю відповідальність на програму практично неможливо.

Замість повної заміни професії відбувається її трансформація. Сучасний бухгалтер поступово переходить від виконання технічних операцій до виконання більш аналітичних і стратегічних функцій.

Сьогодні від бухгалтера все частіше очікують не лише знань обліку, а й умінь працювати з цифровими технологіями, аналізувати фінансові дані, оцінювати ризики та брати участь у стратегічному розвитку підприємства.

В умовах сьогодення бухгалтер на підприємстві виконує такі ролі:

- фінансовий аналітик;
- консультант із податкового планування;
- спеціаліст із фінансового контролю;
- експерт із використання облікових інформаційних систем;
- радник керівництва у фінансових питаннях.

Таким чином, професія бухгалтера не зникає, а змінюється відповідно до нових технологічних умов.

Разом з тим, впровадження штучного інтелекту відкриває нові перспективи для професії обліковця: аналітична та стратегічна роль – бухгалтер стає консультантом керівництва, аналізує фінансові дані та формує рекомендації для прийняття рішень; фокус на управлінський облік – автоматизація рутинних операцій звільняє час для прогнозування витрат, планування бюджету та оптимізації ресурсів; цифрові компетентності – зростає важливість навичок роботи з аналітичними платформами, хмарними сервісами та алгоритмами ШІ; підвищення прозорості та достовірності обліку – автоматизовані системи зменшують ймовірність помилок та шахрайських операцій, що підвищує довіру до фінансової звітності. Таким чином, професія бухгалтера трансформується: від виконавця рутинних операцій до стратегічного аналітика та цифрового консультанта.

У зв'язку з розвитком технологій змінюються вимоги до професійних компетентностей бухгалтерів. Серед ключових навичок майбутнього можна виділити:

- цифрову грамотність;
- вміння працювати з обліковими інформаційними системами;
- навички аналізу даних;
- знання фінансового планування;
- розуміння бізнес-процесів підприємства;
- критичне мислення та здатність до прийняття рішень.

Також важливим стає постійне професійне навчання та адаптація до нових технологій.

У найближчі роки використання штучного інтелекту в бухгалтерії лише зростатиме. Очікується подальший розвиток систем автоматичного аналізу фінансових даних, інтеграція облікових програм із банківськими сервісами, податковими платформами та іншими інформаційними системами. Також можливе широке застосування технологій прогнозування фінансових результатів, автоматичного аудиту та контролю фінансових операцій. Однак навіть за таких умов людський фактор залишатиметься важливим елементом облікової системи.

Таким чином, штучний інтелект не є загрозою для професії бухгалтера, а скоріше виступає інструментом її розвитку та поступової трансформації відповідно до вимог сучасної цифрової економіки. Штучний інтелект у бухгалтерії стає не лише засобом автоматизації, а й інструментом підвищення аналітичної та стратегічної цінності фахівця, що дозволяє більш ефективно працювати з великими обсягами даних і формувати якісну інформаційну базу для прийняття управлінських рішень. Автоматизація рутинних процесів, таких як обробка первинної документації, формування звітності та контроль правильності даних, дозволяє зосередитись на прогнозуванні, плануванні та управлінських консультаціях, що робить бухгалтерію ключовою складовою цифрової трансформації підприємства та підвищує її роль у системі управління.

Разом із новими можливостями виникають ризики, пов'язані з алгоритмічними помилками, безпекою даних та етичними аспектами використання штучного інтелекту. Неправильна інтерпретація даних або збої в алгоритмах можуть призводити до викривлення фінансової інформації, що підкреслює необхідність контролю з боку людини. Успішне впровадження ШІ потребує розвитку цифрових компетентностей, аналітичного мислення та професійної відповідальності бухгалтерів, а також готовності до постійного навчання та адаптації до нових технологічних умов.

У майбутньому бухгалтер буде не лише виконавцем облікових операцій, а й фінансовим аналітиком, консультантом і партнером керівництва підприємства, який бере активну участь у стратегічному управлінні. Тому головним завданням сучасних фахівців є адаптація до нових технологій та розвиток цифрових і аналітичних компетентностей. Таким чином, штучний інтелект не замінить бухгалтера, але змінить характер його роботи, підвищуючи вимоги до професійних знань і навичок. Фахівці, які зможуть ефективно поєднати професійні знання з використанням сучасних технологій, матимуть значні переваги на ринку праці та забезпечать свою конкурентоспроможність у майбутньому.

Список літератури

1. Тарлопов І. О. Організація бухгалтерського обліку на підприємствах в умовах цифрової економіки. // Інвестиції: практика та досвід. – 2020. – № 17-18. – С. 24–28. DOI: [10.32702/2306-6814.2020.17-18.24](https://doi.org/10.32702/2306-6814.2020.17-18.24)
2. Лемішовська, О., Лінинська, В. Бухгалтерський облік в умовах впровадження інформаційних технологій і систем. // Економіка та суспільство. – 2022. – №44. DOI: [10.32782/2524-0072/2022-44-23](https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-23)
3. Реслер М. Вплив цифрової економіки на обліково-аналітичну систему. // Acta Academiae Beregsasiensis. Economics. – 2024. – Volume 5. – P 441 – 450. DOI: [10.58423/2786-6742/2024-5-441-450](https://doi.org/10.58423/2786-6742/2024-5-441-450)
4. Безручук С. Л., Грабчук І. Л. Основні концепції впливу цифровізації на якість бухгалтерського обліку. // Економіка, управління та адміністрування. – 2021. – № 4(98). – С. 69-74. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2021-4\(98\)-69-74](https://doi.org/10.26642/ema-2021-4(98)-69-74)

УДК 338.48:004.738.5

ЕЛЕКТРОННІ ПЛАТЕЖІ ТА ЇХ РОЛЬ У ПІДВИЩЕННІ ДОСТУПНОСТІ ТУРИЗМУ

Даниленко В.В., к.е.н., доц.
Кобцева А.С., здобувачка РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, danylenko.14@btu.kharkov.ua

Анотація. У тезах досліджується роль електронних платежів у підвищенні доступності туризму для різних груп населення. На основі аналізу актуальних міжнародних наукових досліджень 2025 року систематизовано ключові тенденції розвитку платіжних технологій у туристичній галузі, обґрунтовано зв'язок між фінансовою інклюзивністю та розширенням туристичних можливостей, виявлено психологічні та інфраструктурні бар'єри прийняття цифрових платіжних рішень і сформульовано прогнози подальшого розвитку платіжної екосистеми туризму.

Ключові слова: електронні платежі, цифрові платіжні системи, доступність туризму, фінансова інклюзивність, мобільні платежі, безготівкові розрахунки, цифровий туризм, фінтех

Глобальна цифровізація фінансових послуг докорінно змінила умови здійснення туристичної діяльності. Якщо ще два десятиліття тому готівка та банківські картки були основними засобами розрахунків у подорожах, сьогодні туристична платіжна екосистема охоплює мобільні гаманці, безконтактні NFC-платежі, системи миттєвих переказів, криптовалютні рішення та цифрові валюти центральних банків (CBDC). Ця еволюція має безпосередні наслідки не лише для зручності туристичного досвіду, а й для доступності туризму як такого, адже платіжна інфраструктура DESTINATIONI дедалі більше визначає, які групи туристів можуть реально скористатися її пропозицією [1]. Метою роботи є аналіз ролі електронних платежів у підвищенні доступності туризму на основі актуальних наукових досліджень, виявлення ключових тенденцій і бар'єрів, а також формулювання прогнозів розвитку платіжних технологій у галузі.

Систематичний огляд Wang і Chan (2025), який охопив 265 наукових публікацій за останнє десятиліття, пропонує найповніший на сьогодні аналіз трансформації платіжних методів у туристичній галузі крізь чотири аналітичні перспективи: споживача, технологій, торговців та макrorівня [2]. Ключовий висновок дослідження полягає в тому, що безготівкові платежі підвищують задоволеність споживачів і знижують операційні витрати на обробку готівки, а туристи, які надають перевагу зручним цифровим платіжним опціям, з більшою імовірністю обирають DESTINATIONI, де такі можливості доступні. Це означає, що платіжна інфраструктура перетворилася із суто сервісного елемента на конкурентний чинник розвитку туристичних DESTINATIONI. Автори також фіксують технологічну перспективу – криптовалюти та CBDC визначені як наступна хвиля платіжних інновацій у туризмі, що потенційно здатна вирішити проблему транскордонних конвертацій і знизити транзакційні витрати для міжнародних туристів.

Критично важливим виміром аналізу є зв'язок між поширенням електронних платежів і фінансовою інклюзивністю як передумовою доступності туризму. Shahan і Sharaf (2025) у систематичному огляді 37 емпіричних досліджень за 2016–2025 роки переконливо демонструють, що цифрові платіжні системи послідовно сприяють зниженню фінансової бар'єрності, розширюючи доступ до базових фінансових послуг для незабезпечених і маргіналізованих груп населення – передусім у країнах, що розвиваються [3]. Цей висновок має пряму проєкцію на туристичну галузь. Відсутність банківського рахунку або кредитної картки традиційно була суттєвим бар'єром для участі у міжнародному туризмі. Мобільні платіжні рішення, які не потребують традиційного банківського обслуговування, принципово змінюють цю ситуацію, відкриваючи туристичні можливості для груп, що раніше були фактично виключені з ринку міжнародних подорожей. Цей аспект набуває особливої актуальності в контексті досягнення ЦСР 10 (скорочення нерівності) та ЦСР 8 (гідна праця та економічне зростання).

Поряд із технологічними та інфраструктурними чинниками суттєву роль у прийнятті електронних платежів відіграють психологічні бар'єри. Емпіричне дослідження Banerjee і Jhawar (2025) на вибірці 386 туристів виявило, що сприйнятий ризик є ключовим стримуючим чинником готовності використовувати цифрові платіжні системи під час подорожей, тоді як довіра до цих систем виступає вирішальним позитивним медіатором між сприйнятим ризиком і реальним наміром використання [4]. Особлива цінність цього дослідження полягає у виявленні ролі особистої інноваційності туриста. Вища схильність до прийняття нових технологій суттєво пом'якшує негативний вплив сприйнятого ризику на готовність до цифрових платежів. Це означає, що підвищення доступності туризму через електронні платежі неможливе без паралельних зусиль із підвищення цифрової грамотності туристів, формування довіри до платіжних платформ і прозорості комунікації щодо заходів безпеки транзакцій.

Синтез аналізованих досліджень дозволяє окреслити ключові вектори розвитку платіжних технологій у туризмі найближчих років. По-перше, впровадження CBDC центральними банками провідних країн створить нову інфраструктуру транскордонних платежів, яка може суттєво знизити вартість і складність міжнародних туристичних транзакцій, передусім для туристів із країн із нестабільними національними валютами. По-друге, біометрична автентифікація платежів – розпізнавання обличчя, відбитків пальців та голосу – поступово стає стандартом у провідних туристичних дестинаціях, одночасно підвищуючи безпеку і знижуючи транзакційні тертя. По-третє, зростатиме роль суперзастосунків, що інтегрують планування подорожі, бронювання та платежі в єдиному інтерфейсі, знижуючи когнітивне навантаження на туриста і розширюючи охоплення аудиторії. Нарешті, регуляторна гармонізація платіжних стандартів у рамках міжнародних угод і директив (зокрема PSD3 в ЄС) формуватиме більш інклюзивне середовище для транскордонного туристичного обміну.

Підвищення доступності туризму через електронні платежі є задачею не стільки інфраструктурного, скільки системного характеру. Забезпечення наявності мобільного гаманця або інтегрованого платіжного застосунку є необхідною, але не достатньою умовою. Паралельно мають розвиватися механізми формування довіри, як от прозора комунікація щодо безпеки даних, зрозумілі механізми захисту споживача, доступна цифрова грамотність. Без цього компонента навіть технологічно досконала платіжна інфраструктура відтворює нерівність у новій формі – вона залишається інструментом для тих, хто вже має навички та впевненість для її використання, а не для тих, кому вона призначена розширити можливості.

Варто також зазначити, що описана динаміка має виразний регіональний вимір. У туристичних DESTINAЦІЯХ з менш зрілими фінтех-ринками розрив між технологічними можливостями і поведінковою готовністю як туристів, так і туристичних операторів, може виявитися значно глибшим, ніж у провідних цифрових економіках. Регуляторна гармонізація здатна створити спільні стандарти, але не автоматично усуне асиметрію в рівні цифрової компетентності та інституційної довіри між різними частинами туристичного ринку. Електронні платежі перетворилися із технічної зручності на системний чинник доступності туризму. Дослідження Wang і Chan (2025) фіксують трансформацію платіжної екосистеми туристичної галузі та доводять вплив платіжної інфраструктури на вибір DESTINAЦІЙ. Shahen і Sharaf (2025) обґрунтовують зв'язок між цифровими платежами та фінансовою інклюзивністю, що відкриває туризм для широких верств населення. Banerjee і Jhavar (2025) розкривають поведінковий вимір проблеми, акцентуючи увагу на ролі довіри та цифрової грамотності у подоланні бар'єрів прийняття електронних платежів. Підвищення доступності туризму через електронні платежі вимагає комплексного підходу: розвитку технологічної та регуляторної інфраструктури, підвищення цифрової грамотності населення та формування довіри до платіжних систем. Саме ці виклики визначають порядок денний подальших наукових досліджень у перетині фінансових технологій і туристичної галузі.

Список літератури

1. Омельченко Г. Ю., Даниленко В. В., Мерчанський В. В. Інклюзивна безпека: як інновації забезпечують доступність і безпечність рекреаційних послуг. *Acta academia ebergsasiensis: geographica etrecreatio*. 2025. № 2. С. 57–63.
2. Wang C., Chan R. A systematic literature review on payment methods in hospitality and tourism. *Information Technology & Tourism*. 2025. DOI: 10.1007/s40558-024-00311-1.
3. Shahen A. M., Sharaf M. F. The Role of Digital Payment Technologies in Promoting Financial Inclusion: A Systematic Literature Review. *FinTech*. 2025. Vol. 4, No. 4. Article 59. DOI: 10.3390/fintech4040059.
4. Banerjee A. K., Jhavar A. What if I shy away from cash payments during travel? The changing dynamics of intentions to use digital payment systems. *Loisir et Société / Society and Leisure*. 2025. Vol. 48, No. 2. DOI: 10.1080/07053436.2025.2524196.

УДК 004:339.138

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ІНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

Морозова О.О., асистент
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
м. Харків, Україна, olha.morozova@karazin.ua

Анотація. У роботі розглядається роль інформаційних систем в інтернет-маркетингу як інструменту цифрової трансформації підприємства. Охарактеризовано основні види інформаційних систем, зокрема CRM-системи, системи веб-аналітики, платформи автоматизації маркетингу та інструменти цифрових комунікацій. Підкреслено їх значення для управління маркетинговою діяльністю, аналізу поведінки споживачів та оптимізації взаємодії з клієнтами. Встановлено, що використання інформаційних систем сприяє підвищенню ефективності маркетингових рішень, зниженню витрат і зміцненню конкурентних позицій підприємства.

Ключові слова: інформаційні системи, інтернет-маркетинг, цифрова трансформація, підприємство, CRM-системи, веб-аналітика, автоматизація маркетингу, цифрові комунікації

Сучасний етап розвитку економіки супроводжується активним впровадженням цифрових технологій, що трансформують підходи до управління підприємствами, комунікації зі споживачами та організації бізнес-процесів. За таких умов цифрова трансформація підприємства стає не лише напрямом інноваційного розвитку, а й необхідною умовою підвищення його конкурентоспроможності. Важливу роль у цьому процесі відіграють інформаційні системи в інтернет-маркетингу, які забезпечують ефективне управління маркетинговою діяльністю в цифровому середовищі.

Інтернет-маркетинг у сучасних умовах виступає комплексною системою цифрової взаємодії підприємства зі споживачами, партнерами та ринковим середовищем. Ефективність інтернет-маркетингу значною мірою визначається використанням сучасних інформаційних систем, які дозволяють автоматизувати маркетингові процеси, збирати й аналізувати великі масиви даних, оцінювати поведінку цільової аудиторії, формувати персоналізовані пропозиції та приймати обґрунтовані управлінські рішення. У зв'язку з цим, інформаційні системи формують технологічну основу цифрової трансформації підприємства у сфері маркетингу.

У системі інтернет-маркетингу використовуються різні інформаційні інструменти, зокрема CRM-системи, системи веб-аналітики, платформи автоматизації маркетингу, рекламні кабінети цифрових платформ, системи управління контентом, а також сервіси моніторингу соціальних мереж і поведінки споживачів. Їх інтегроване використання дає змогу формувати єдиний інформаційний простір підприємства для управління взаємовідносинами з клієнтами, аналізу результативності рекламних кампаній

та оптимізації каналів цифрової комунікації. Використання таких систем дозволяє покращити точність сегментації цільової аудиторії, оптимізувати витрати на просування та покращити показники конверсії в цифрових каналах збуту, що також підтверджується результатами сучасних досліджень [1].

Взаємозв'язок основних інформаційних систем інтернет-маркетингу в контексті цифрової трансформації підприємства подано на рис. 1.

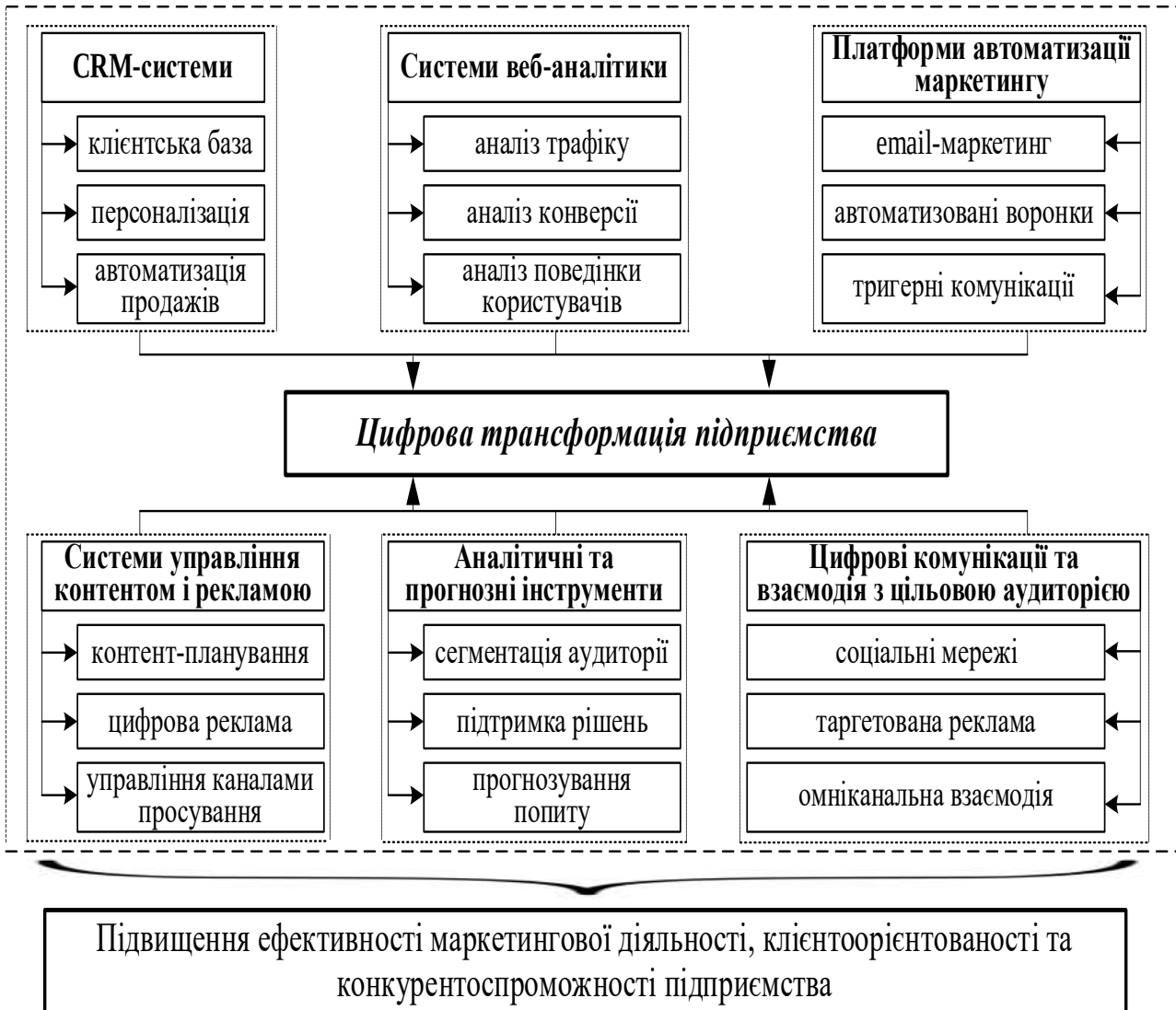


Рис. 1. Інформаційні системи в інтернет-маркетингу в системі цифрової трансформації підприємства

Одним із найважливіших напрямів використання інформаційних систем в інтернет-маркетингу є маркетингова аналітика, яка реалізується за допомогою сучасних аналітичних платформ, що дозволяють відстежувати джерела трафіку, рівень залученості користувачів, конверсію, поведінкові характеристики аудиторії та економічну ефективність окремих цифрових інструментів. Це сприяє переходу від інтуїтивного маркетингу до data-driven підходу, за якого управлінські рішення приймаються на основі об'єктивних даних, що дозволяє підвищити ефективність рекламних кампаній, знизити витрати на залучення

клієнтів і підвищити точність таргетування [2]. У результаті це забезпечує можливість більш точно сегментувати ринок, прогнозувати потреби споживачів та підвищувати результативність маркетингових інвестицій.

Важливе значення для цифрової трансформації підприємства мають CRM-системи, які накопичують, систематизують і оновлюють інформацію про клієнтів, історію покупок, канали комунікації та попередній досвід взаємодії. Завдяки таким системам підприємства можуть будувати довгострокові відносини зі споживачами, підвищувати рівень персоналізації комунікацій, автоматизувати процес супроводу клієнта на різних етапах воронки продажів і забезпечувати вищий рівень лояльності, що створює додаткові конкурентні переваги в умовах насиченого цифрового ринку.

Важливим напрямом є автоматизація маркетингових процесів, що реалізується через спеціалізовані інформаційні системи, зокрема автоматизацію email-розсилок, контент-планування, керування рекламними кампаніями, А/В тестування, чат-ботів та систем рекомендацій, що дозволяє скорочувати часові витрати, оперативно реагувати на зміни ринкової кон'юнктури та забезпечувати стабільність цифрових комунікацій. Такий підхід підвищує гнучкість управління маркетинговою діяльністю та сприяє більш раціональному використанню ресурсів.

Отже, інформаційні системи в інтернет-маркетингу виступають важливим інструментом цифрової трансформації підприємства, оскільки забезпечують інтеграцію маркетингових даних, автоматизацію взаємодії з клієнтами, підвищення точності управлінських рішень і зростання ефективності цифрових комунікацій і рентабельності маркетингової діяльності, а також покращення бізнес-результатів підприємства. Їх впровадження сприяє формуванню сучасної моделі управління підприємством, орієнтованої на аналітичність, адаптивність та клієнтоцентричність. Перспективи подальшого розвитку цієї сфери пов'язані з розширенням використання штучного інтелекту, предиктивної аналітики, великих даних та омніканальних платформ у системі інтернет-маркетингу.

Список літератури

1. Чобіток В.І., Гавриш О.М. Цифрові технології як основні інструменти трансформації бізнесу в умовах глобалізації. *Modeling the development of the economic systems*. 2025. № 1. С. 281-287. URL: <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-15-37>
2. Meryem B., Hafid B. Digital Marketing: Five Stages Maturity Model for Digital Marketing Strategy Implementation. *International Journal of Business and Technology Studies and Research IJBTSR*. 2021. Vol. 3, no. 3. P. 15 pages. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5578706>

УДК 336.1:519.86:004.9

МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНІЙ ЕКОНОМІЦІ

Хилько І.І., старший викладач,
Слободян Т.А., здобувач РВО магістр
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація. у дослідженні розглянуто сучасні тенденції моделювання фінансових процесів із використанням цифрових технологій у контексті розвитку цифрової економіки. Визначено основні інформаційні інструменти та їх вплив на ефективність фінансового аналізу, прогнозування економічних показників і управління фінансовими ризиками. Окремо проаналізовано переваги та ризики впровадження цифрових технологій у фінансове моделювання та наведено порівняльну характеристику ключових аспектів. Висвітлено перспективи подальшого розвитку цифрових платформ у фінансовому менеджменті, зокрема інтеграцію FinTech та прогнозних моделей для аналізу глобальних ринків.

Ключові слова: фінансове моделювання, цифрові технології, цифрова економіка, управління фінансовими ризиками, прогнозування, big data, штучний інтелект, FinTech

У сучасних умовах розвитку цифрової економіки фінансові системи зазнають суттєвих трансформацій під впливом інформаційних технологій. Використання цифрових інструментів дозволяє значно підвищити ефективність аналізу фінансових процесів, прогнозування економічних показників та управління фінансовими ризиками.

Цифровізація економіки пов'язана з активним використанням інформаційно-комунікаційних технологій, великих даних, штучного інтелекту та автоматизованих систем управління. Такі технології дозволяють обробляти значні обсяги фінансової інформації та приймати більш обґрунтовані управлінські рішення [1].

Моделювання фінансових процесів є важливим інструментом дослідження економічних систем, оскільки воно дозволяє аналізувати фінансові потоки, прогнозувати зміни на ринках та оцінювати ефективність управлінських рішень.

Моделювання фінансових процесів передбачає створення математичних, економічних або імітаційних моделей, які описують поведінку фінансових систем та дозволяють прогнозувати їх розвиток.

У сучасній економіці такі моделі застосовуються для:

- прогнозування фінансових результатів підприємств;
- оцінки інвестиційної ефективності;
- управління ризиками;
- аналізу фінансових ринків.

Моделювання економічних і фінансових процесів особливо актуальне в умовах цифровізації, оскільки цифрові технології значно розширюють можливості аналізу та обробки даних. Зокрема, використання великих масивів

даних і когнітивних технологій дозволяє більш точно прогнозувати економічні тенденції та поведінку ринків [2].

Крім того, математичне моделювання використовується для оптимального розподілу фінансових ресурсів та прогнозування ефектів цифрової трансформації економіки [3].

Сучасні цифрові технології відіграють ключову роль у розвитку фінансового моделювання. До найпоширеніших технологій належать [4,5]:

1. Технології Big Data дозволяють аналізувати значні обсяги інформації про фінансові операції, поведінку споживачів та ринкові тенденції. Завдяки цьому можна отримувати більш точні прогнози та визначати закономірності розвитку фінансових ринків.

2. Алгоритми машинного навчання широко використовуються для прогнозування фінансових показників, оцінки кредитних ризиків та аналізу інвестиційних стратегій. Вони здатні враховувати складні нелінійні залежності між економічними змінними та підвищують точність фінансових прогнозів.

3. Технологія блокчейн забезпечує прозорість фінансових операцій та підвищує рівень довіри між учасниками фінансових ринків. Вона також використовується для створення смарт-контрактів та автоматизації фінансових операцій.

4. Хмарні платформи дозволяють зберігати та обробляти великі обсяги фінансових даних, забезпечуючи доступ до аналітичних інструментів у режимі реального часу.

Застосування цих технологій сприяє підвищенню швидкості та точності фінансових операцій, а також дозволяє фінансовим установам більш ефективно реагувати на зміни економічного середовища [5].

Цифрові технології значно змінюють підходи до фінансового управління підприємствами. Сучасні інформаційні системи дозволяють автоматизувати фінансове планування, бюджетування та контроль фінансових потоків.

Застосування цифрових платформ у фінансовому менеджменті дає можливість:

- підвищити точність фінансових прогнозів;
- автоматизувати аналіз фінансових показників;
- скоротити витрати на управління фінансовими ресурсами;
- забезпечити швидке прийняття управлінських рішень.

Водночас цифровізація фінансової сфери створює нові виклики, зокрема питання кібербезпеки, захисту даних та необхідності адаптації персоналу до нових технологій [6].

Разом із тим, впровадження цифрових технологій у фінансове моделювання має комплексний вплив на діяльність суб'єктів господарювання, що проявляється як у формуванні додаткових переваг, так і у виникненні нових ризиків. У зв'язку з цим доцільно узагальнити їх у вигляді порівняльної характеристики (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняльна характеристика переваг та ризиків використання цифрових технологій у фінансовому моделюванні

Критерій	Переваги	Ризики
Точність результатів	Висока точність прогнозів завдяки використанню алгоритмів штучного інтелекту та Big Data	Можливі помилки моделей через неякісні дані або неправильні припущення
Швидкість обробки інформації	Обробка великих обсягів даних у режимі реального часу	Залежність від швидкодії систем та технічних ресурсів
Автоматизація процесів	Зменшення людського фактора та підвищення ефективності роботи	Надмірна автоматизація може ускладнювати контроль і розуміння процесів
Управління ризиками	Можливість прогнозування кризових ситуацій та проведення сценарного аналізу	Неправильна модель може призвести до хибних управлінських рішень
Витрати	Зниження операційних витрат у довгостроковій перспективі	Високі початкові витрати на впровадження технологій
Гнучкість і масштабованість	Легке масштабування моделей за рахунок хмарних технологій	Залежність від ІТ-інфраструктури та постачальників послуг
Безпека даних	Використання сучасних технологій захисту інформації (шифрування, блокчейн)	Кіберзагрози, витік даних, хакерські атаки
Прозорість процесів	Підвищення прозорості фінансових операцій (особливо через блокчейн)	Складність розуміння моделей типу «black box»
Регуляторне середовище	Сприяє розвитку інновацій у фінансовому секторі	Недостатнє нормативно-правове регулювання
Соціальний вплив	Підвищення якості фінансових послуг	Скорочення робочих місць, етичні проблеми (дискримінація алгоритмів)

Джерело: сформовано автором на основі [7,8,9].

Отже, наведені у таблиці 1 результати свідчать про те, що використання цифрових технологій у фінансовому моделюванні має як значний потенціал для підвищення ефективності, так і супроводжується низкою викликів, що потребують належного управління.

Подальший розвиток цифрових технологій сприятиме вдосконаленню фінансового моделювання. Основними напрямками розвитку є: інтеграція штучного інтелекту у фінансові системи; розвиток фінансових технологій (FinTech); використання цифрових платформ для управління фінансовими ризиками; застосування прогнозних моделей для аналізу глобальних фінансових ринків.

Фінансові технології стають важливим фактором розвитку цифрової економіки та сприяють підвищенню ефективності фінансових систем [10].

Таким чином, моделювання фінансових процесів із використанням цифрових технологій є важливим інструментом дослідження та управління фінансовими системами в сучасній економіці. Використання штучного інтелекту, великих даних, блокчейну та хмарних технологій дозволяє значно

підвищити точність прогнозування фінансових показників і ефективність управлінських рішень.

У майбутньому цифрові технології відіграватимуть дедалі важливішу роль у розвитку фінансового сектору, забезпечуючи його інноваційність, прозорість та стабільність.

Список літератури

1. Шапошнікова І. В. Вплив цифровізації на трансформацію світових фінансових ринків. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2024. № 53(2). С. 112–122. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(2\).112-122](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(2).112-122)
2. Шматковська Т., Дзямулич М., Стащук О. Особливості моделювання бізнес-процесів в умовах формування цифрової економіки. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-66>
3. Zaytsev A. A., Blizkyi R. S., Rakhmееva I. I., Dmitriev N. D. Building a model for financial management of digital technologies in the areas of combinatorial effects. *Economies*. 2021. Vol. 9, № 2. Article 52. DOI: <https://doi.org/10.3390/economies9020052>
4. Fu P. et al. Financial engineering and the digital economy: the implementations of machine learning algorithms. *Alexandria Engineering Journal*. 2025. Vol. 125. P. 311–319. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.03.122>
5. Шишкіна О. В. Цифрові технології фінансових установ: ризики та перспективи використання. *Актуальні проблеми розвитку регіональної економіки*. 2023. Т. 2, № 19. С. 130–143. DOI: <https://doi.org/10.15330/apred.2.19.130-143>
6. Кліманський А. Г., Манзенко Є. В. Трансформація підходів фінансового менеджменту в умовах цифровізації. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Економічні науки»*. 2024. Т. 28, № 1–2. DOI: <https://doi.org/10.31651/2076-5843-2024-1-2-32-39>
7. Дученко М. Вплив ІТ технологій на сучасну фінансову аналітику. *Матеріали XVIII Міжнар. наук.-практ. конф. «Моделювання та прогнозування економічних процесів»*. 2024. Т. 18, № 1. С. 321–323. URL: <https://mpeproc.fmm.kpi.ua/article/view/334513>.
8. Almasria N. A. et al. The role of fintech in transforming risk management and financial services: a systematic review and meta-analysis. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2025. Vol. 2, № 61. P. 409–429. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.61.2025.4698>
9. Lytvyn O. et al. Integration of digital means in the financial sphere: the potential of cloud computing, blockchain, big data and AI. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2024. Vol. 1, № 54. P. 127–145. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.54.2024.4257>
10. Рябокін М., Котух Ю. Зростаюча роль фінансових технологій у контексті розвитку цифрової економіки. *Вісник Київського інституту бізнесу і технологій*. 2024. Т. 50, № 1. С. 60–78. DOI: <https://doi.org/10.37203/kibit.2024.50.06>

УДК 657:004.75

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМАТИЗАЦІЇ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ ПІДПРИЄМСТВА

Бащук І.Г., к.е.н, доц.

Меньшикова А. Д., здобувач РВО бакалавр

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця
м. Харків, Україна, menshikovanasty2000@gmail.com

Анотація. У статті досліджено особливості впровадження хмарних рішень у систему бухгалтерського обліку сучасних підприємств. Розглянуто основні переваги використання хмарних сервісів, зокрема мобільність, безпеку даних та мінімізацію витрат на ІТ-інфраструктуру. Визначено роль сучасних інформаційних систем у підвищенні ефективності роботи бухгалтерської служби та забезпеченні безперервності облікових процесів.

Ключові слова: бухгалтерський облік, автоматизація, хмарні технології, інформаційні системи, SaaS-рішення, цифровізація економіки

Стрімкий розвиток цифрових технологій суттєво трансформує всі сфери економічної діяльності, зокрема систему бухгалтерського обліку, яка традиційно виконувала функції фіксації та контролю операцій. Сучасна цифровізація обліку передбачає використання інформаційно-комунікаційних технологій для автоматизації процесів збору, обробки, зберігання та аналізу облікової інформації. На відміну від традиційної комп'ютеризації, яка здебільшого зводилася до застосування локальних програмних продуктів, сучасний етап розвитку неможливий без інтеграції хмарних сервісів, що реалізуються за моделлю SaaS (Software as a Service).

Використання хмарних технологій у бухгалтерському обліку забезпечує підприємствам доступ до даних у режимі реального часу, можливість централізованого управління інформаційними потоками та інтеграцію з іншими бізнес-процесами. Це створює умови для більшої прозорості фінансової звітності, підвищення рівня контролю та оперативності прийняття управлінських рішень. Сучасна трансформація облікових систем виходить за межі технічної модернізації та перетворюється на фундаментальний чинник розвитку підприємств у цифровій економіці.

Актуальність дослідження зумовлена об'єктивною необхідністю впровадження хмарних рішень для підвищення ефективності роботи бухгалтерської служби та оптимізації ІТ-витрат сучасного підприємства.

Хмарні технології активно впроваджуються у бухгалтерському обліку та фінансовому аналізі по всьому світу, змінюючи традиційні підходи до цих важливих бізнес-функцій. В Україні цей процес також набуває актуальності, хоча має свої специфічні виклики та відмінності. Основною перевагою хмарних технологій є їх здатність забезпечувати миттєвий доступ до фінансових даних та інструментів аналізу, незалежно від місцезнаходження користувача. Такий підхід відкриває широкі можливості для оптимізації робочих процесів, зокрема, шляхом автоматизації рутинних операцій та поліпшення точності фінансової звітності. В Україні застосування хмарних рішень у бухгалтерському обліку

зустрічає певні перешкоди, зокрема через недостатній рівень ІТ-інфраструктури, обмеження відповідно до місцевого законодавства та необхідність адаптації до специфіки місцевого бізнес-середовища [1, с. 8].

Однією з ключових відмінностей використання хмарних технологій в Україні порівняно з іншими країнами є потреба в їх адаптації до місцевих регуляторних вимог. Наприклад, українське законодавство вимагає строгого дотримання правил зберігання та обробки персональних даних, що впливає на вибір хмарних платформ для бухгалтерського обліку. Крім того, є питання забезпечення безпеки даних, особливо в контексті зростаючих кіберзагроз. В Україні, де кібербезпека ще розвивається, це створює додаткові виклики для компаній, які вирішують перейти на хмарні технології [1, с. 9].

Використання хмарних технологій у бухгалтерському обліку та фінансовому аналізі в Європі характеризується декількома ключовими особливостями, які відрізняють їхнє застосування від інших регіонів, включаючи Україну. Сучасний європейський ринок хмарних технологій значно розвиненіший, завдяки вищому рівню технологічної інтеграції та інновацій у сфері розвитку. Європейські компанії активно використовують хмарні платформи для автоматизації бухгалтерського обліку, підвищення ефективності обробки даних та впровадження передових методів аналізу фінансової інформації. Наявна політика сприяє зростанню продуктивності та оптимізації витрат у бізнес-процесах. Компанії відрізняються високим рівнем вимог до безпеки даних, що зумовлено загальними регулятивними нормами, такими як Загальний регламент захисту даних (GDPR) вимагає від хмарних сервісів забезпечення строгих стандартів конфіденційності та захисту інформації. Актуальним засобом використання хмарних технологій у Європі, полягає в акценті на міжнародні стандарти в бухгалтерському обліку, такі як Міжнародні стандарти фінансової звітності (IFRS). Західноєвропейські компанії часто працюють на міжнародних ринках, тому їхні хмарні облікові системи повинні бути гнучкими та адаптованими до різних стандартів звітності та обліку, що вимагає від хмарних платформ можливості легкої кастомізації та інтеграції з різними фінансовими системами. Існує сильне спрямування на екологічну стійкість та корпоративну соціальну відповідальність, що впливає на вибір та використання хмарних технологій [1, с.9].

Хмарні технології надають користувачам доступ до обчислювальних ресурсів та програмного забезпечення як до інтернет-сервісу, приховуючи складність технічної інфраструктури. У бухгалтерській практиці виділяють такі основні моделі надання послуг:

1. SaaS (Software as a Service) – надання готового прикладного ПЗ через інтернет, що позбавляє підприємство витрат на встановлення та оновлення систем.
2. PaaS (Platform as a Service) – хмарне середовище для розробки та адаптації індивідуальних облікових систем під специфічні потреби бізнесу.
3. IaaS (Infrastructure as a Service) – оренда віртуальних серверів та сховищ, що дозволяє швидко масштабувати ресурси без капітальних інвестицій у фізичне обладнання.

4. DaaS (Data as a Service) – централізована обробка та аналітика великих масивів даних для стратегічного управління [1, с. 8-10; 3 с. 10-13].

Попри значні переваги, впровадження «хмар» супроводжується низкою ризиків, серед яких ключовими залишаються залежність від стабільного інтернет-з'єднання та питання конфіденційності даних. У сучасних умовах зростаючих кіберзагроз забезпечення безпеки інформаційних систем потребує комплексного та багаторівневого підходу. Це включає використання сучасних методів шифрування даних, багатофакторної автентифікації (зокрема двофакторної 2FA), застосування кваліфікованого електронного підпису (КЕП), а також регулярне оновлення програмного забезпечення та проведення аудитів інформаційної безпеки [2, с. 190-198]. Важливим чинником залишається людський фактор: близько 42% персоналу демонструють психологічний спротив та відчувають труднощі через недостатній рівень цифрових навичок при переході на нові технології. Це свідчить про необхідність систематичного навчання, підвищення кваліфікації та формування культури цифрової грамотності серед працівників [3, с. 9].

Водночас впровадження хмарних технологій є об'єктивною та стратегічною необхідністю для сучасного підприємства, адже воно дозволяє мінімізувати витрати на ІТ-інфраструктуру, оптимізувати процеси зберігання та обробки даних, а також підвищити прозорість фінансових і управлінських процедур. Легальність таких рішень в Україні підтверджується положеннями Закону «Про хмарні послуги» та нормами щодо захисту персональних даних, що створює правове підґрунтя для їх широкого застосування. Подальший розвиток облікових систем безпосередньо пов'язаний із розширенням аналітичних модулів, інтеграцією інтелектуальних алгоритмів для прогнозування фінансових результатів та створенням єдиних цифрових екосистем управління бізнесом. Такі екосистеми забезпечують комплексну взаємодію між бухгалтерським обліком, фінансовим менеджментом, логістикою та кадровими процесами, що сприяє підвищенню ефективності управління підприємством і його конкурентоспроможності на ринку.

Список літератури

1. Шиш, А. М. Хмарні технології у бухгалтерському обліку та фінансовому аналізі в Україні: аналіз відмінностей та стратегії адаптації до місцевого контексту. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. 2024. №2 с.7-9. DOI: <https://doi.org/10.57125/econp.2024.01.29.02>
2. Волот О. І. Застосування хмарних технологій в обліку та управлінні підприємствами реального сектору економіки. *Центральноукраїнський науковий вісник. Економічні науки*. 2019. Вип. 2 (35). С. 190–198. DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2\(35\).190-198](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2(35).190-198)
3. Кудлаєва Н. В. Використання хмарних бухгалтерських сервісів для ведення обліку та податкової звітності. *Соціальний розвиток: економіко-правові проблеми*. 2025. № 9. С. 1–13. URL: <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.9.21>

УДК 336.225:631:004

ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ОПТИМІЗАЦІЇ АКЦИЗНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

Гребенюк А.А., здобувач РВО бакалавр,
Макогон В.В., к.е.н., доц.
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, v.makogon@biotechuniv.edu.ua

Анотація. Досліджено акцизне навантаження в аграрному секторі. Розглянуто цифрові інструменти оптимізації. Визначено переваги та виклики цифровізації.

Ключові слова: акцизне навантаження; аграрний сектор; цифровізація; ERP-системи; Big Data; блокчейн; оптимізація

Акцизне оподаткування посідає важливе місце у системі державних фінансів, виконуючи як фіскальну, так і регулятивну функцію. Для аграрного виробництва воно має особливе значення, адже охоплює низку товарів, що безпосередньо використовуються у виробничому процесі, зокрема паливно-енергетичні ресурси та продукцію переробки. Наявність акцизів формує додаткові витрати для підприємств, що відображається на собівартості продукції та загальній ефективності господарської діяльності.

Високе акцизне навантаження створює суттєві бар'єри для розвитку аграрного сектору, знижує його конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку. Це обмежує інвестиційні можливості підприємств, стримує впровадження інноваційних технологій та ускладнює інтеграцію у міжнародні виробничо-торговельні ланцюги. У результаті аграрні виробники змушені шукати інструменти оптимізації податкових витрат, які б дозволили зберегти фінансову стійкість та забезпечити розвиток.

У сучасних умовах ключову роль у вирішенні цієї проблеми відіграють цифрові технології. Використання аналітичних платформ, систем управління ресурсами підприємства (ERP), блокчейн-рішень та електронних сервісів податкової звітності відкриває нові можливості для ефективного управління акцизними платежами. Цифровізація процесів дозволяє не лише мінімізувати адміністративне навантаження, а й забезпечити прозорість фінансових операцій, підвищити точність прогнозування витрат та створити умови для сталого розвитку аграрного сектору в умовах цифрової економіки.

Аграрний сектор економіки характеризується низкою особливостей, які безпосередньо впливають на формування та оптимізацію акцизного навантаження. Насамперед варто відзначити сезонність виробництва, що зумовлює нерівномірність надходження доходів та витрат протягом року. Це створює додаткові труднощі у плануванні податкових платежів і потребує використання інструментів прогнозування та фінансового моделювання.

Другою важливою рисою є висока ресурсомісткість аграрного виробництва. Використання паливно-енергетичних ресурсів, добрив, засобів

захисту рослин та інших підакцизних товарів формує значну частку витрат підприємств. Відповідно, акцизне навантаження стає критичним чинником, що визначає рівень собівартості продукції та її конкурентоспроможність на ринку.

Крім того, аграрний сектор відзначається складною логістикою та залежністю від зовнішніх факторів – кліматичних умов, коливань світових цін, валютних ризиків. У таких умовах ефективне управління акцизними платежами потребує прозорого та точного обліку, що може бути забезпечене лише за допомогою сучасних цифрових технологій. Вони дозволяють інтегрувати дані з різних джерел, здійснювати моніторинг витрат у реальному часі та формувати оптимальні стратегії мінімізації податкового навантаження.

Таким чином, специфіка аграрного виробництва визначає необхідність застосування інноваційних цифрових інструментів, які здатні врахувати сезонність, ресурсомісткість та ризиковість галузі, забезпечуючи підприємствам можливість ефективно адаптуватися до умов акцизного регулювання.

Сучасний розвиток аграрного сектору неможливий без інтеграції цифрових технологій, які стають ключовим інструментом у процесі оптимізації акцизного навантаження. Використання систем управління ресурсами підприємства (ERP) дозволяє автоматизувати облік підакцизних товарів, забезпечити точність розрахунків та своєчасність податкових платежів. Це знижує ризики помилок та штрафних санкцій, а також сприяє формуванню прозорої фінансової звітності.

Важливим напрямом є застосування аналітичних платформ та технологій Big Data, які дають можливість моделювати різні сценарії розвитку підприємства з урахуванням акцизних витрат. Прогнозування податкових зобов'язань на основі великих масивів даних дозволяє аграрним виробникам приймати більш обґрунтовані управлінські рішення та мінімізувати негативний вплив акцизного навантаження на фінансові результати.

Окрему увагу слід приділити блокчейн-рішенням, що забезпечують прозорість та контроль у ланцюгах постачання. Використання смарт-контрактів у сфері акцизного регулювання може гарантувати автоматичне виконання податкових зобов'язань, зменшити адміністративні витрати та підвищити рівень довіри між учасниками ринку. Крім того, електронні кабінети платників податків створюють зручні умови для подання звітності та моніторингу стану розрахунків з бюджетом у режимі реального часу.

Таким чином, цифрові інструменти стають не лише засобом технічної підтримки аграрних підприємств, а й стратегічним ресурсом, що дозволяє мінімізувати акцизне навантаження, підвищити ефективність управління та забезпечити конкурентоспроможність галузі в умовах цифрової трансформації економіки.

Застосування цифрових технологій у сфері мінімізації акцизного навантаження в аграрному секторі вже має низку практичних прикладів, що демонструють їхню ефективність. Одним із найбільш поширених напрямів є використання ERP-систем для автоматизації обліку підакцизних товарів,

зокрема пального, яке становить значну частку витрат аграрних підприємств. Це дозволяє не лише зменшити адміністративні витрати, а й забезпечити точність розрахунків та своєчасність податкових платежів.

Іншим прикладом є впровадження аналітичних платформ, що працюють з великими масивами даних. Вони дають змогу моделювати різні сценарії виробництва та прогнозувати акцизні витрати залежно від сезонності, обсягів споживання ресурсів та коливань ринкових цін. Такі рішення особливо актуальні для аграрних кооперативів, які прагнуть оптимізувати витрати та підвищити ефективність спільної діяльності.

Важливим кейсом є використання блокчейн-технологій у сфері виробництва біопалива. Завдяки смарт-контрактам забезпечується прозорість операцій, автоматичне виконання податкових зобов'язань та контроль за рухом продукції на всіх етапах ланцюга постачання. Це підвищує довіру з боку державних органів та інвесторів, а також сприяє інтеграції аграрного бізнесу у міжнародні ринки.

Таблиця 1 – Приклади цифрових рішень для оптимізації акцизного навантаження в аграрному секторі

Цифровий інструмент	Сфера застосування	Очікуваний ефект для підприємства
ERP-системи	Автоматизація обліку підакцизних товарів	Зменшення адміністративних витрат, точність розрахунків
Аналітичні платформи (Big Data)	Прогнозування акцизних витрат, моделювання сценаріїв	Оптимізація фінансового планування, зниження ризиків
Блокчейн та смарт-контракти	Виробництво та реалізація біопалива	Прозорість операцій, автоматизація податкових зобов'язань
Електронні кабінети платників податків	Подання звітності та моніторинг розрахунків	Спрощення взаємодії з контролюючими органами
Цифрові моделі ризик-менеджменту	Управління штрафними санкціями та податковими ризиками	Зниження фінансових втрат, підвищення стійкості бізнесу

Таким чином, практичні кейси підтверджують, що цифрові інструменти не лише полегшують процеси обліку та звітності, а й створюють стратегічні переваги для аграрних підприємств у контексті мінімізації акцизного навантаження.

Цифровізація процесів управління акцизним навантаженням в аграрному секторі відкриває широкі можливості для підвищення ефективності та конкурентоспроможності підприємств. Серед ключових переваг варто виділити зменшення адміністративного навантаження завдяки автоматизації обліку та звітності, що дозволяє скоротити витрати часу та ресурсів. Важливим

результатом є також підвищення прозорості фінансових операцій, що сприяє формуванню довіри з боку державних органів та інвесторів. Використання аналітичних платформ забезпечує точність прогнозування акцизних витрат, а блокчейн-рішення гарантують безпеку та контроль у ланцюгах постачання.

Разом із тим цифровізація супроводжується низкою викликів. Насамперед це питання кібербезпеки, адже зростання обсягів цифрових даних підвищує ризики їхнього несанкціонованого використання. Другою проблемою є висока вартість впровадження сучасних технологій, що може стати бар'єром для малих і середніх аграрних підприємств. Крім того, ефективність цифрових інструментів значною мірою залежить від рівня кадрової підготовки, що потребує інвестицій у навчання та розвиток персоналу. Важливим викликом залишається також адаптація нормативно-правової бази до нових технологічних реалій.

Переваги	Виклики
Зменшення адміністративного навантаження	Ризики кібербезпеки
Прозорість фінансових операцій	Висока вартість впровадження
Точність прогнозування акцизних витрат	Недостатня кадрова підготовка
Автоматизація податкових зобов'язань	Потреба адаптації нормативно-правової бази
Підвищення довіри з боку держави та інвесторів	Нерівномірний доступ до цифрових технологій

Рис. 1. Переваги та виклики цифровізації акцизного регулювання в аграрному секторі

Таким чином, цифровізація є стратегічним напрямом розвитку аграрного сектору, який дозволяє мінімізувати акцизне навантаження та забезпечити сталий розвиток підприємств. Водночас її успішне впровадження потребує комплексного вирішення проблем безпеки, фінансування та кадрового забезпечення.

Цифрові інструменти оптимізації акцизного навантаження в аграрному секторі виступають важливим чинником забезпечення фінансової стійкості та конкурентоспроможності підприємств. Їхнє застосування дозволяє не лише зменшити адміністративні витрати та підвищити прозорість фінансових операцій, а й створює умови для стратегічного управління податковими ризиками. Інтеграція ERP-систем, аналітичних платформ, блокчейн-рішень та електронних сервісів звітності формує нову модель взаємодії між аграрним бізнесом і державними органами, що ґрунтується на принципах відкритості, точності та ефективності.

Водночас цифровізація акцизного регулювання потребує комплексного підходу, який включає інвестиції у технології, розвиток кадрового потенціалу та вдосконалення нормативно-правової бази. Лише за умови узгодженого впровадження цих складових можна досягти балансу між інтересами держави та аграрних підприємств, забезпечивши сталий розвиток галузі в умовах цифрової економіки.

Таким чином, цифрові інструменти стають не просто технічним засобом оптимізації, а стратегічним ресурсом, що визначає перспективи модернізації аграрного сектору та його інтеграції у глобальні економічні процеси.

Список літератури

1. SAP. Excise Tax Management by Vistex // *SAP Business Suite Solutions*. – 2025. – Офіційний опис інструменту для управління акцизними даними, автоматизації розрахунків та зниження витрат на звітність. – Режим доступу: <https://www.sap.com/solutions/excise-tax-management.html>.
2. Folio3. Best ERP Software for Agriculture in 2026 // *Agriculture Industry Insights*. – 2026. – Огляд сучасних ERP-рішень для агробізнесу, що інтегрують облік, інвентаризацію та відповідність регуляторним вимогам.
3. Xiong H., Dalhaus T., Wang P., Huang J. Blockchain technology for agriculture: applications and rationale // *Frontiers in Blockchain*. – 2020. – Vol. 3. – DOI: 10.3389/fbloc.2020.00007.
4. Lassoued R., Macall D. M., Smyth S. J., Phillips P. W. B., Hessel N. Expert insights on the impacts of, and potential for, agricultural Big Data // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13, No. 5. – Article 2521. – DOI: 10.3390/su13052521.
5. European Commission. Digitalisation of agriculture and rural areas in the EU // *Agriculture and Rural Development Portal*. – 2025. – Режим доступу: <https://agriculture.ec.europa.eu> (agriculture.ec.europa.eu in Bing).
6. EC Tax Review. Excise Duty Directive 2020/262: Towards a digitalized and customs oriented excise law // *EC Tax Review*. – 2023. – Аналіз нової Директиви ЄС щодо цифровізації процесів адміністрування акцизів та їх інтеграції з митним законодавством.
7. Скорик М. Л. Аграрний сектор України на шляху до Євросоюзу // *Економічні інновації: зб. наук. пр.* – Одеса: ІПРЕД НАН України, 2015. – Вип. 60, т. II. – С. 181–191. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/98073>.
8. Петруха С., Назукова Н. Ефективні середні податкові ставки як критерій інвестування в аграрний сектор національної економіки // *Економіст*. – 2015. – №5 (343). – С. 45–52.
9. Савченко В. Ф., Лось А. Ф. Оцінка рівня податкового навантаження в Україні // *Економічний часопис-XXI*. – 2011. – №9–10. – С. 25–28. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/48019>.

УДК 004.738.5:657.1/.3

БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЇ В БУХГАЛТЕРСЬКОМУ ОБЛІКУ ТА АУДИТІ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА РИЗИКИ

Наконечна О. А., к.т.н., доц.
Сивоконь Т.В., здобувач РВО бакалавр
Одеський державний аграрний університет
м. Одеса, Україна, nakonechnaya@ukr.net

Анотація. Досліджується застосування блокчейн-технологій у бухгалтерському обліку та аудиті, зокрема цифрові активи, смарт-контракти та потрійний запис. Розглянуто методологічні підходи до інтеграції DLT у фінансові процеси, а також пов'язані ризики, включно з нормативними, технічними та кадровими обмеженнями. Результати підкреслюють потенціал підвищення прозорості, достовірності даних та автоматизації облікових процесів.

Ключові слова: блокчейн, розподілений реєстр (DLT), потрійний запис, смарт-контракти, фінансовий аудит, цифрові активи, регуляторне забезпечення

Стрімкий розвиток блокчейн-технологій зумовлює трансформацію обліку та аудиту фінансових даних. Поява цифрових активів, токенів і смарт-контрактів актуалізує потребу у методологічному відображенні їх у звітності. Теоретичні та практичні аспекти висвітлено у працях зарубіжних і вітчизняних науковців Т. Альсарайра, А. Альроввад [1], Е. Abad-Segura, Abu Jahid, І. Белова, Ю. Вергелюк, Т. Гараніна, Л. Іванченкова та ін.

Метою роботи є комплексний аналіз концептуальних основ, функціонального потенціалу та системних викликів блокчейн-технологій, а також визначення стратегічних напрямів їх інституціоналізації у сфері бухгалтерського обліку та аудиту.

Блокчейн (Blockchain) – інтегрована технологія, що поєднує розподілений реєстр (DLT), потрійний запис (Triple-Entry Accounting) та смарт-контракти, забезпечуючи децентралізоване зберігання даних і автоматизовану верифікацію транзакцій.

У бухгалтерському обліку та аудиті блокчейн має такий потенціал: мінімізація ризиків викривлення даних; забезпечення постійного аудиторського сліду; здійснення контролю в режимі реального часу; автоматизація операцій з обліку активів і розрахунків через смарт-контракти.

Прогноз розвитку світового ринку блокчейн-технологій до 2032 року свідчить про його масштабне зростання, очікується збільшення обсягів більш ніж у 65 разів порівняно з 2024 роком (рис. 1) [2].

Ключовими драйверами є зростання попиту на прозорі та безпечні системи обліку, поширення смарт-контрактів та інтеграція з IoT, Big Data та штучним інтелектом. Сфери застосування блокчейну розширюються, охоплюючи фінансові сервіси, корпоративний облік і регуляторну діяльність.

Для ефективного впровадження розподілених реєстрів (DLT) у бухгалтерський облік запропоновано методологічну модель, що інтегрує п'ять взаємопов'язаних підходів (табл. 1).

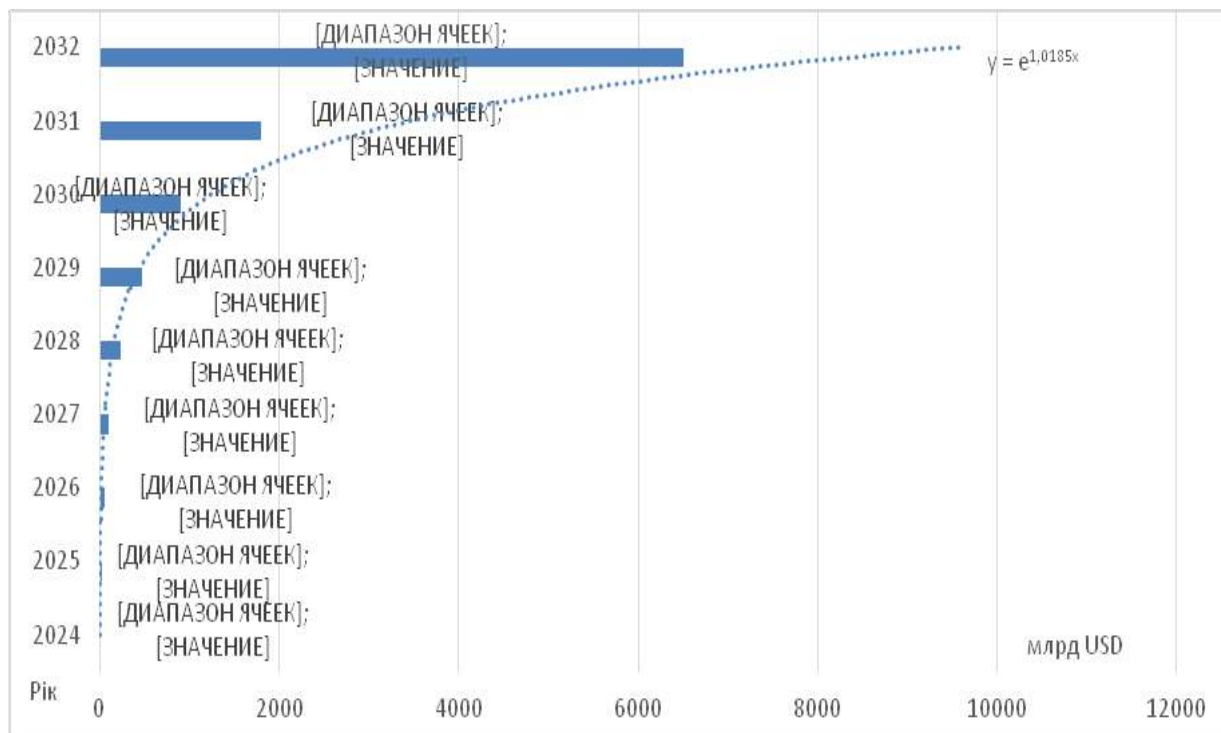


Рис. 1. Прогноз розвитку світового ринку блокчейн-технологій до 2032 рр.
Джерело: складено на основі [2]

Таблиця 1 – Модель впровадження DLT у бухгалтерський облік

Підхід	Суть та ключові завдання
Процесний	Інтеграція блокчейну в бізнес-процеси, визначення точок впровадження, поетапне розширення. Забезпечує поступове масштабування системи обліку
Інформаційно-технологічний	Розробка архітектури DLT, вибір типу блокчейну (публічний, приватний, консорціумний), налаштування смарт-контрактів, інтеграція з ERP, забезпечення безпеки даних.
Регуляторно-нормативний	Узгодження П(С)БО з МСФЗ, розробка стандартів обліку криптоактивів і DLT-операцій.
Аналітико-аудиторський	Впровадження безперервного аудиту, перевірка смарт-контрактів, оцінка ІТ-ризиків.
Кадрово-освітній	Оновлення освітніх програм, підготовка й сертифікація фахівців з DLT.

Джерело: складено автором

Такий підхід забезпечує системність трансформації облікових процесів. Ефективність блокчейн-системи визначається п'ятьма елементами: розподіл даних, шифрування транзакцій, незмінність і цілісність інформації, токенізація та децентралізація.

Регуляторно-нормативний підхід формує правову базу для впровадження технологій. Порівняльний аналіз показує, що ЄС має сформовану нормативну

екосистему цифрових фінансів (Регламенти MiCA та DORA), тоді як Україна перебуває на етапі адаптації (табл. 2). Україна має базове регулювання криптоактивів (Закон «Про віртуальні активи» № 2074-IX), але відчуває нестачу уніфікованих стандартів обліку цифрових активів, методичних підходів для аудиту DLT-систем та потребує технічних регламентів, сумісних із MiCA і DORA. Адаптація законодавства до міжнародних стандартів створює умови для інтеграції України у глобальну цифрову економіку.

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз нормативного регулювання блокчейну в обліку та аудиті ЄС та Україна

Критерій	Європейський Союз	Україна
Нормативна база	Регламенти MiCA (2023) і DORA (2022) формують комплексну систему цифрових фінансів	Закон «Про віртуальні активи» № 2074-IX (2022), законопроект № 10225-д (2025) – базове регулювання криптоактивів
Облік і звітність	Класифікація токенів, гармонізована з МСФЗ	Криптоактиви обліковуються як нематеріальні активи (МСБО 38) або запаси (МСБО 2)
Аудит цифрових процесів	DORA регламентує кіберстійкість і аудит DLT-систем	Відсутні національні стандарти аудиту цифрових систем
Інституційна координація	Європейські регулятори (EBA, ESMA, EIOPA) координують контроль і інтеграцію	Мінцифри та ДССЗІ – базова координація, система формується
Ступінь гармонізації	Високий: діє єдиний цифровий фінансовий ринок	Середній: триває адаптація до вимог ЄС, IFRS, FATF, IOSCO

Джерело: складено автором

Аналітико-аудиторський підхід використовує блокчейн для забезпечення достовірності, прозорості та безперервності фінансового контролю. Ключовий елемент – концепція потрійного запису (Triple-Entry Accounting), де кожна операція фіксується у розподіленому реєстрі як криптографічно захищений доказ транзакції. Це забезпечує: цілісність даних і мінімізацію ризику викривлень; аудит у режимі реального часу; автоматизацію бухгалтерських операцій через смарт-контракти, знижуючи вплив людського фактора; формування уніфікованого середовища обміну фінансовими даними при інтеграції з XBRL; створення єдиної системи цифрового контролю при поєднанні з IoT, Big Data та AI [3]. У світовій практиці відбувається перехід до безперервного цифрового моніторингу. Провідні компанії (PwC, Deloitte, EY) впроваджують власні блокчейн-платформи для контролю транзакцій у реальному часі. Для України готовність оцінюється як середня, з обмеженим практичним застосуванням до пілотних проєктів.

Кадрово-освітній підхід відзначає, що блокчейн виступає каталізатором глибокої трансформації обліково-аудиторської функції, автоматизуючи рутинні

операції та підвищуючи значення аналітичних, стратегічних і цифрових навичок [4]. Основні напрями таких змін узагальнено в таблиці 3.

Для бухгалтерів блокчейн забезпечує автоматизацію введення, звірки та формування звітності, сприяючи переходу до аналітичної та стратегічної ролі. Для аудиторів – перехід до безперервного аудиту транзакцій у реальному часі, зміщуючи фокус на перевірку достовірності операцій та логіки смарт-контрактів. Аудитор стає консультантом з управління цифровими ризиками. Для забезпечення незалежності у приватних блокчейнах можуть застосовуватися технології Zero-Knowledge Proofs.

Таблиця 3 – Трансформація компетенцій фахівців з обліку та аудиту

Аспект	Традиційна роль	Нова роль
Основна функція	Реєстрація та звірка минулих транзакцій	Аналіз і стратегічне консультування в режимі реального часу
Робота з даними	Ручне введення, вибіркова перевірка	Автоматизований збір і аналіз повних наборів даних (Big Data)
Фокус аудиту	Перевірка фінансової звітності (ex post)	Аудит систем і логіки смарт-контрактів (ex ante), безперервний моніторинг
Ключові навички	Знання стандартів, податкове право, уважність до деталей	Аналітика даних, розуміння DLT, кібербезпека, IT-аудит, програмування
Взаємодія	Внутрішній персонал, податкові органи	Міждисциплінарні команди (IT, юристи, аналітики даних)

Джерело: складено на основі [4]

Впровадження блокчейну супроводжується низкою системних викликів: 1. Технологічна несумісність: інтеграція децентралізованих DLT у середовище централізованих ERP-систем вимагає реінжинірингу бізнес-процесів і значних інвестицій. 2 Регуляторна невизначеність: відсутність уніфікованих стандартів обліку та аудиту криптоактивів ускладнює оцінювання та перевірку даних. 3 Кадровий дефіцит: потреба у фахівцях, обізнаних у DLT, криптографії та смарт-контрактах, вимагає оновлення освітніх програм. 4. Технологічні ризики: кіберзагрози, людський фактор і вразливість допоміжних сервісів. 5 Організаційні бар'єри: відставання нормативної бази від технологічного розвитку та внутрішній опір персоналу. Системну оцінку переваг і ризиків за допомогою SWOT-аналізу наведено в табл. 4.

Технологія блокчейну має потенціал фундаментально трансформувати бухгалтерський облік та аудит. Перехід до концепції потрійного запису формує нову архітектуру довіри, засновану на криптографічних механізмах перевірки.

Ключові трансформаційні ефекти: усунення інформаційної асиметрії та зниження ризику маніпуляцій; перехід від ретроспективного аудиту до безперервного контролю транзакцій у реальному часі; автоматизація та підвищення захищеності фінансової інформації; трансформація ролі аудитора до аналітичного моніторингу смарт-контрактів і цифрових процесів.

Таблиця 4 – SWOT-аналіз застосування блокчейну в обліку та аудиті

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
Підвищення прозорості та достовірності даних	Висока вартість впровадження
Автоматизація облікових процесів	Технічна складність інтеграції з ERP-системами
Зменшення людського впливу на фінансові операції	Нестача фахівців із DLT і смарт-контрактів
Можливості (O)	Загрози (T)
Гармонізація з міжнародними стандартами (MiCA, DORA)	Нормативна невизначеність і повільна адаптація законодавства
Зміцнення довіри інвесторів та користувачів	Кіберзагрози та ризики втрати даних
Інтеграція у глобальну цифрову економіку	Опір змінам і низький рівень цифрової грамотності

Джерело: складено на основі [4]

Системні бар'єри, такі як висока вартість інтеграції, технологічна несумісність і відсутність уніфікованих стандартів обліку криптоактивів, вимагають подолання розриву між технологічним потенціалом і організаційно-правовою готовністю підприємств.

Для реалізації потенціалу блокчейну необхідні такі кроки: 1. Формування національної стратегії впровадження блокчейну, що поєднує правові, методологічні, організаційні та освітні напрями. 2. Реалізація Закону «Про віртуальні активи» № 2074-IX та ухвалення податкового законопроекту № 10225-д. 3. Розроблення стандартів бухгалтерського обліку цифрових активів. 4. Гармонізація аудиторських процедур із принципами цифрової операційної стійкості (DORA). 5. Підготовка фахівців міждисциплінарного профілю у сферах DLT, цифрового права, кібербезпеки та аналітики даних. 6. Комплексна реалізація цих заходів забезпечить інституціоналізацію блокчейн-технологій і посилить цифрову стійкість фінансової системи України.

Список літератури

1. Альсарайра Т., Альроввад А. Інтеграція блокчейн-технологій для забезпечення прозорості бухгалтерського обліку. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice. 2025. № 2(61). С. 206–217. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.61.2025.4684>.
2. Statista. Blockchain applications within financial services industry worldwide as of 2021. URL: <https://surl.li/higjnv>.
3. Sachan S., Liu X. (Lisa) Blockchain-based auditing of legal decisions supported by explainable AI and generative AI tools. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2024. Vol. 129. 107666. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107666>.
4. Sheela S., Alsmady A. A., Tanaraj K., Izani I. Navigating the future: blockchain's impact on accounting and auditing practices. Sustainability. 2023. Vol. 15, №. 24. P. 16887. DOI: <https://doi.org/10.3390/su152416887>.

УДК 338.2

СМАРТ-ПЛАТФОРМИ У ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ: ОПТИМІЗАЦІЯ ВИТРАТ І ФОРМУВАННЯ НОВИХ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ

Осадчий М. Л., здобувач РВО PhD

Одеський національний економічний університет
м. Одеса, Україна, maksymosadchy1998@gmail.com

Анотація. У роботі досліджено роль смарт-платформ у трансформації водного транспорту в умовах цифровізації економіки. Обґрунтовано їх значення як інструменту інтеграції учасників транспортно-логістичної системи, оптимізації витрат та підвищення ефективності управління перевезеннями. Розкрито технологічну основу смарт-платформ, включаючи використання IoT, великих даних, штучного інтелекту та блокчейн-рішень, а також їх вплив на автоматизацію процесів і прозорість операцій. Визначено особливості формування нових бізнес-моделей, орієнтованих на платформні сервіси, інтегровані логістичні рішення та цифрові послуги. Узагальнено економічні та організаційні ефекти впровадження смарт-платформ і їх значення для підвищення конкурентоспроможності підприємств водного транспорту.

Ключові слова: водний транспорт, смарт-платформи, цифровізація, бізнес-модель, логістика, оптимізація витрат, цифрові технології, платформа, інновації, конкурентоспроможність

Цифрова трансформація транспортної галузі зумовлює глибокі структурні зміни у способах організації діяльності підприємств водного транспорту, де ключовим інструментом стають смарт-платформи як інтегровані цифрові середовища взаємодії. Посилення глобальної конкуренції, ускладнення логістичних ланцюгів, підвищення вимог до швидкості та надійності перевезень, а також необхідність системного зниження витрат формують об'єктивну потребу у впровадженні платформних рішень, здатних забезпечити синхронізацію дій усіх учасників транспортного процесу. У цьому контексті смарт-платформи набувають не лише технологічного, але й стратегічного значення, оскільки вони змінюють саму логіку функціонування ринку, трансформуючи розрізнені операції у цілісні, керовані та взаємопов'язані процеси. Вони створюють передумови для переходу від традиційних, ієрархічно організованих систем управління до мережових моделей, у яких ключову роль відіграє обмін даними, оперативність прийняття рішень і здатність до адаптації в умовах невизначеності.

Сутність смарт-платформ у водному транспорті полягає у формуванні єдиного цифрового простору, що об'єднує різноманітні інформаційні потоки, технологічні рішення та бізнес-процеси, забезпечуючи їхню узгодженість і взаємодоповнюваність [1]. У межах такого середовища відбувається інтеграція портової інфраструктури, судноплавних компаній, логістичних операторів, вантажовласників, митних і фінансових інституцій, що дозволяє досягти принципово нового рівня координації діяльності. Особливо важливою характеристикою смарт-платформ є їх здатність до обробки великих масивів даних у режимі реального часу, що відкриває можливості для оперативного

реагування на зміни, мінімізації ризиків і підвищення точності управлінських рішень. Таким чином, платформи виступають як інфраструктурна основа цифрової трансформації, яка забезпечує не лише автоматизацію окремих операцій, але й комплексну оптимізацію всієї системи водного транспорту.

Оптимізація витрат у результаті впровадження смарт-платформ має системний характер і охоплює всі ключові етапи транспортно-логістичного процесу, починаючи від планування перевезень і завершуючи обробкою вантажів та фінансовими розрахунками. Завдяки автоматизації документообігу, впровадженню електронних систем бронювання, використанню алгоритмів оптимізації маршрутів і управління ресурсами підприємства отримують можливість значно скоротити часові та фінансові витрати [2]. Додатково, застосування аналітичних інструментів дозволяє більш ефективно прогнозувати попит, планувати завантаження інфраструктури та уникати простоїв, що суттєво підвищує загальну продуктивність системи. Важливим є те, що зниження витрат досягається не лише за рахунок скорочення операційних витрат, але й через підвищення якості управління, зменшення невизначеності та покращення координації між учасниками ринку.

Вплив смарт-платформ на формування нових бізнес-моделей у водному транспорті проявляється у зміні підходів до створення та доставки цінності, що поступово трансформує підприємства з традиційних перевізників у багатофункціональних постачальників цифрових і логістичних сервісів. У рамках платформної економіки підприємства отримують можливість надавати комплексні послуги, що включають планування перевезень, управління ланцюгами постачання, інформаційне забезпечення, аналітику та консалтинг. Це відкриває нові джерела доходів, підвищує рівень диверсифікації діяльності та сприяє формуванню довгострокових відносин із клієнтами [3]. Особливої ваги набуває клієнтоорієнтованість, що реалізується через персоналізацію послуг, гнучкість тарифної політики та забезпечення високого рівня сервісу, що в сукупності формує стійкі конкурентні переваги підприємств.

Технологічна база смарт-платформ формується за рахунок інтеграції сучасних цифрових рішень, серед яких ключову роль відіграють хмарні технології, Інтернет речей, великі дані, штучний інтелект і блокчейн, що забезпечують автоматизацію, прозорість і надійність функціонування системи. Використання Інтернету речей дозволяє здійснювати безперервний моніторинг стану вантажів, суден і портової інфраструктури, що підвищує рівень контролю і безпеки. Аналітика великих даних і штучний інтелект створюють можливості для прогнозування попиту, оптимізації використання ресурсів і прийняття більш обґрунтованих управлінських рішень. Водночас блокчейн забезпечує захист інформації та прозорість транзакцій, що є критично важливим у складних міжнародних логістичних системах. У сукупності ці технології формують фундамент для побудови ефективних і адаптивних бізнес-моделей нового покоління [4].

Разом з тим реалізація потенціалу смарт-платформ у водному транспорті значною мірою залежить від якості інституційного середовища, яке визначає умови впровадження інновацій, рівень довіри між учасниками та можливості

масштабування цифрових рішень. Необхідним є розвиток нормативно-правової бази, що регулює цифрову взаємодію, стандартизація процесів обміну даними, забезпечення кібербезпеки та формування кадрового потенціалу, здатного працювати у цифровому середовищі [5]. Важливою є також роль держави у стимулюванні інновацій, підтримці інвестицій у цифрову інфраструктуру та розвитку партнерських відносин між бізнесом і науковою спільнотою, що створює передумови для комплексної модернізації галузі.

Узагальнення ключових елементів функціонування смарт-платформ у водному транспорті доцільно представити у вигляді концептуальної схеми (рис.1.)

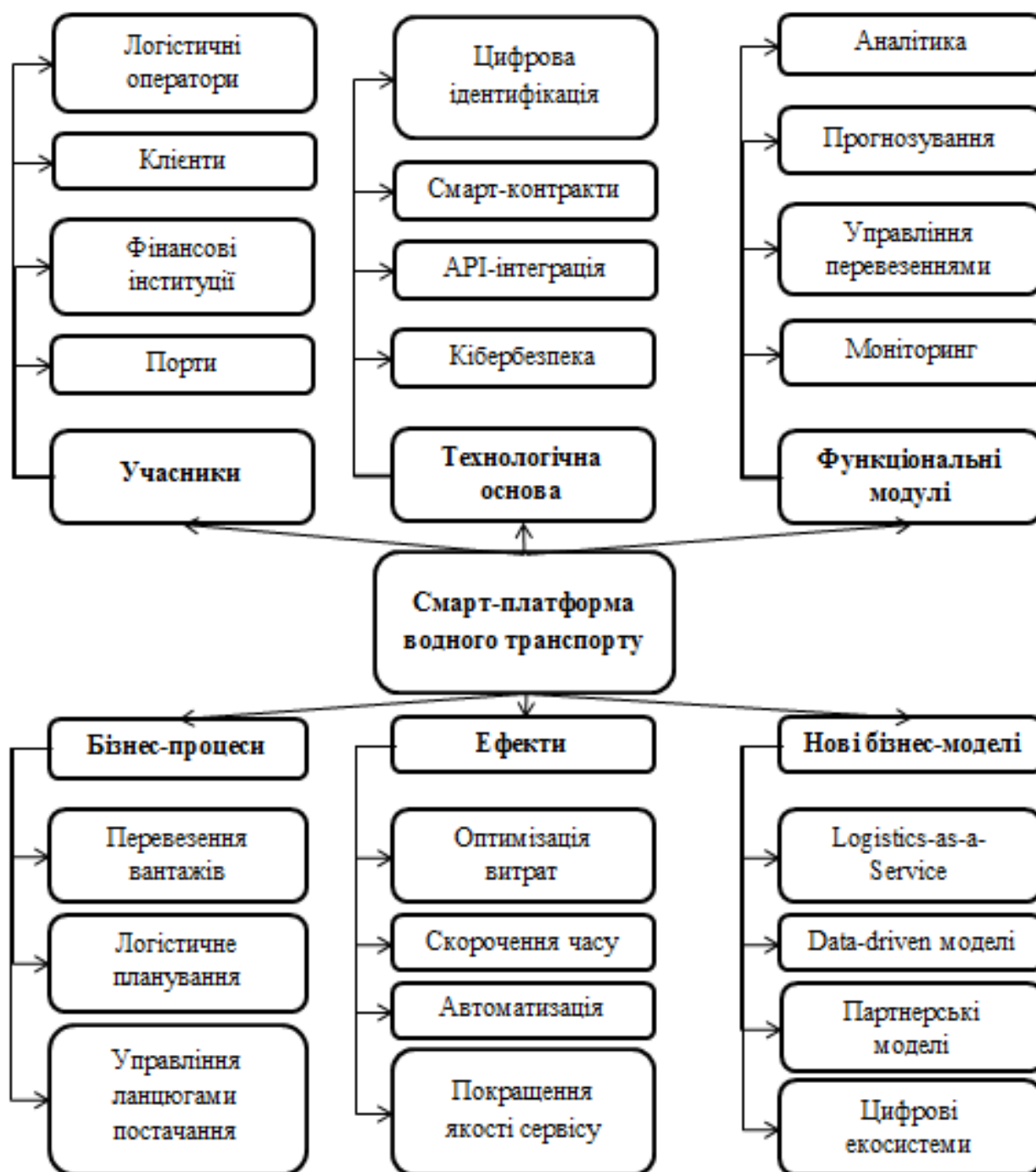


Рис.1. Смарт-платформа водного транспорту

Отже, смарт-платформи у водному транспорті виступають ключовим інструментом не лише для оптимізації витрат і автоматизації операційних процесів, але й для формування нових бізнес-моделей, які здатні забезпечити довгострокову конкурентоспроможність підприємств у сучасній цифровій економіці. Вони дозволяють інтегрувати різноманітні процеси управління перевезеннями, логістикою, обліком та фінансами в єдину цифрову екосистему, де всі учасники ринку – від портів і судноплавних компаній до логістичних операторів і вантажовласників, можуть взаємодіяти у режимі реального часу. Завдяки цьому підвищується прозорість операцій, скорочується час на обробку вантажів та документообіг, зменшуються ризики помилок і простоїв, а також забезпечується більш ефективне використання інфраструктурних ресурсів. Впровадження смарт-платформ відкриває перед підприємствами водного транспорту можливості для розвитку інноваційних бізнес-моделей, які поєднують класичні функції перевезень із цифровими сервісами, платформними продуктами, аналітикою та управлінням ланцюгами постачання.

Подальше дослідження проблематики смарт-платформ має бути спрямоване на комплексний аналіз механізмів їх практичного впровадження, визначення економічної доцільності та оцінку ефективності для різних категорій учасників транспортного ринку. Необхідно розробити рекомендації щодо оптимальної організації взаємодії між державними інституціями, приватними підприємствами та цифровими сервіс-провайдерами, що дозволить створити ефективну екосистему водного транспорту. Крім того, варто оцінювати вплив смарт-платформ на підвищення конкурентоспроможності національних операторів на міжнародних ринках, розвиток нових послуг і платформних бізнес-моделей, а також на довгострокову інноваційну стійкість галузі.

Список літератури

1. Деркач Е. М. Господарсько-правові основи функціонування та розвитку внутрішнього водного транспорту. *Актуальні проблеми держави і права*. 2020. № 85. С. 69-76.
2. Дем'янчук М. А. Передумови реалізації конкурентних переваг водного транспорту України. *Економічний форум*. 2021. № 2. С. 3-12.
3. Осадчий М. Л. Трансформація підприємницьких моделей водного транспорту України. *Економіка та суспільство*. 2025. № 82
4. Сергєєв Ю. В. Адміністративно-правові засади діджиталізації морської галузі України: від сервісів для плавскладу до «смарт-портів» та автономного судноплавства. *Український політико-правовий дискурс*. 2025. № 17.
5. Осадчий М.Л. Адаптація міжнародних стандартів у публічному управлінні морськими портами України. *Вісник Полтавського державного аграрного університету. Серія «Публічне управління та адміністрування»*. 2025. №4, С. 21-30.

УДК 657.1.011.56

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ОБЛІКУ І АНАЛІЗУ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ФІНАНСОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІДПРИЄМСТВА

Курган Н. В., к.е.н., доц

Хижняк М. Ю., здобувач ОВО бакалавр,

Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця

Анотація. У статті досліджено вплив процесів цифровізації на трансформацію обліково-аналітичної системи підприємства та її роль у формуванні фінансових результатів. Автором обґрунтовано, що впровадження сучасних цифрових технологій (ERP-систем, хмарних платформ, інструментів Big Data) докорінно змінює методи збору та обробки даних, забезпечуючи оперативність, прозорість та достовірність фінансової інформації.

Ключові слова: цифровізація, обліково-аналітична система, фінансові результати, управлінські рішення, цифрова трансформація, доходи, витрати, ERP-системи, фінансова звітність.

Сучасна економіка характеризується значними змінами, спричиненими активним запровадженням цифрових технологій, які докорінно змінюють підходи до організації бізнес-процесів, управління інформаційними потоками та забезпечення аналізу ради прийняття управлінських рішень. У таких умовах істотних трансформацій зазнає обліково-аналітичне забезпечення підприємств: змінюються методи збору, обробки та аналізу облікових даних, розширюється коло користувачів та сфери застосування фінансової звітності [1, с. 104].

Цифровізація значно підвищує значущість якісного інформаційного забезпечення для формування фінансових результатів підприємств. Обліково-аналітична система стає основним інструментом управління доходами, витратами та забезпечення прибутковості, виконуючи функції узагальнення господарських операцій, складання фінансової звітності, а також проведення аналітичного моніторингу. Рівень цифрової зрілості цієї системи напряму визначає швидкість доступу до даних, їхню достовірність і вагомість прийнятих управлінських рішень.

Фінансові результати виступають ключовим показником ефективності діяльності підприємства, відображаючи раціональність використання його ресурсів. Інтеграція цифрових технологій у бухгалтерський облік і фінансовий аналіз сприяє підвищенню прозорості фінансових потоків, зменшує ризик помилок і покращує контроль за процесами формування прибутків. Водночас цифрова трансформація вимагає модернізації облікової політики, оновлення програмного забезпечення та розвитку цифрових компетенцій персоналу.

Активний розвиток цифровізації у соціально-економічних відносинах отримав відображення в роботах як українських, так і закордонних дослідників. Кузь В.І. [2] дослідив вплив цифровізації на трансформацію елементів бухгалтерського обліку та звернув увагу на роль інформаційно-комунікаційних технологій у розвитку облікових систем підприємств. Реслер М. [3] провів систематизацію факторів, що впливають на розвиток обліково-аналітичних систем, виділяючи як внутрішні, так і зовнішні чинники у контексті цифрової

економіки. Пелех У. [4] довела значущість наявного обліково-аналітичного забезпечення для досягнення стратегічних цілей підприємств. Осадча О.О. та Павленко О.В. [5] зосередились на визначенні впливу цифровізації економіки на розвиток обліково-аналітичної системи підприємства, обґрунтувавши сутність та ознаки її цифрової модернізації. Метою роботи є дослідження впливу цифровізації обліково-аналітичного процесу на формування фінансових результатів підприємства, а також визначення основних напрямів удосконалення цифрових інструментів обліку і фінансового аналізу з метою покращення ефективності управлінських рішень та достовірності фінансової інформації.

Сучасний розвиток цифрових технологій у галузі організації обліку підприємства визначається їх можливістю автоматизувати операційні облікові процеси, що призводить до зменшення обсягу ручної праці та підвищення загальної точності і достовірності обробки даних. Інноваційні програми, такі як ERP-системи та хмарні платформи, інтегрують облікові процеси зі спільною системою управління підприємством, забезпечуючи оперативність і прозорість роботи. Завдяки використанню великих масивів даних та аналітичних інструментів стає можливим прогнозування фінансових показників, своєчасне виявлення ризиків та перспектив для розвитку бізнесу. Проте упровадження цифрових технологій потребує адаптації організаційних процесів і навчання персоналу для відповідності новим технологічним стандартам.

Цифровізація обліково-аналітичного процесу значно впливає на формування фінансових результатів підприємства, сприяючи вдосконаленню механізмів обліку доходів і витрат. Автоматизоване фіксування господарських операцій у реальному часі забезпечує своєчасний доступ до актуальної інформації про фінансовий стан підприємства, що дозволяє оперативно реагувати на відхилення від запланованих показників. Це, у свою чергу, підвищує якість управління прибутком і сприяє оптимізації витрат. Вбачається, що комплексний підхід до такої модернізації має охоплювати кілька взаємопов'язаних секторів (рис. 1).

Практично затребуваним цифровим інструментом фінансового аналізу є програми для роботи з електронними таблицями, такі як Microsoft Excel або Google Sheets, широкий спектр функцій яких дозволяє бухгалтерам ефективно організовувати та обробляти фінансові дані. Програми для роботи з електронними таблицями дозволяють вводити дані, виконувати обчислення, а також створювати економічні моделі та прогнози. Вони також пропонують різноманітні формули та функції для виконання складних обчислень, таких як аналіз коефіцієнтів, аналіз тенденцій та аналіз відхилень.

Бухгалтери і аналітики можуть використовувати зазначені інструменти для аналізу фінансових звітів, виконання аналізу чутливості та моделювання сценаріїв. Крім того, програмне забезпечення для роботи з електронними таблицями надає можливості візуалізації даних, дозволяючи створювати діаграми, графіки та інформаційні панелі для чіткого та інтуїтивного представлення результатів фінансового аналізу.



Рис. 1. Комплексний підхід до цифрової модернізації обліково-аналітичного забезпечення підприємства

Програмне забезпечення для фінансового аналізу – це ще одна категорія цифрових інструментів, спеціально розроблених для завдань фінансового аналізу. Відомі приклади включають QuickBooks та Xero. Ці програмні рішення інтегруються з бухгалтерськими системами, що дозволяє бухгалтерам безпосередньо отримувати доступ до фінансових даних та аналізувати їх. Вони пропонують готові шаблони та звіти для щоденних завдань фінансового аналізу, таких як аналіз прибутковості, грошових потоків та тенденцій. Ці інструменти автоматизують агрегацію даних та надають розширені функції для розрахунку фінансових коефіцієнтів, проведення аналізу фінансової звітності та порівняння фінансових показників за різні періоди або з еталонними показниками. Програмне забезпечення для фінансового аналізу дозволяє бухгалтерам створювати комплексні звіти, візуалізувати фінансові дані за допомогою графіків і діаграм, а також легко ділитися результатами аналізу з клієнтами або зацікавленими сторонами.

Окрім програм для роботи з електронними таблицями та фінансового аналізу, існують спеціалізовані інструменти та платформи, призначені для виконання конкретних завдань фінансового аналізу. Наприклад, інструменти візуалізації даних, такі як Tableau або Power BI, дозволяють бухгалтерам створювати інтерактивні та візуально привабливі інформаційні панелі для більш цікавого та інформативного представлення фінансових даних. Ці інструменти надають можливості деталізації, опції фільтрування та оновлення в режимі реального часу, значуще полегшуючи аналітичну обробку даних. Програмне забезпечення для статистичного аналізу, таке як SPSS або SAS, надає розширені можливості статистичного моделювання та прогнозування, які можна застосовувати до фінансових даних для виявлення закономірностей, тенденцій та взаємозв'язків. Ці інструменти дозволяють фахівцям виконувати регресійний аналіз, аналіз часових рядів та прогнозне моделювання, щоб отримати глибше розуміння наявних фінансових тенденцій та обґрунтовано спрогнозувати майбутні результати діяльності [6].

Цифрові аналітичні інструменти істотно розширюють можливості оцінки рентабельності окремих напрямів діяльності, аналізу структури доходів та витрат, а також моделювання фінансових результатів з урахуванням різних сценаріїв розвитку. Таким чином, обліково-аналітична система перестає бути

лише засобом фіксації подій господарської діяльності і перетворюється на потужний інструмент стратегічного управління фінансовими показниками.

Однак успішність цифровізації залежить від рівня інтеграції інформаційних систем, відповідності цифрових рішень обліковій політиці підприємства та якісного контролю за достовірністю вхідних даних. Відсутність належної координації між підрозділами або лише формальний підхід до впровадження цифрових інструментів можуть значно зменшити очікуваний економічний ефект. Тому впровадження на підприємстві новітніх обліково-аналітичних цифрових технологій має здійснюватися комплексно, з урахуванням стратегічних пріоритетів та потреб управління.

Таким чином, цифровізація обліково-аналітичного процесу відіграє важливу роль у визначенні та аналітичній оцінці фінансових результатів підприємства. Автоматизовані облікові операції, інтегрування інформаційних систем і застосування сучасних цифрових інструментів аналітики сприяють підвищенню точності, своєчасності та достовірності фінансових даних. Такі удосконалення допомагають ефективніше управляти доходами й витратами, посилюють контроль за фінансовими потоками та забезпечують обґрунтованість управлінських рішень, що позитивно впливає на прибутковість і фінансову стійкість підприємства. Водночас досягнення економічної вигоди від цифровізації можливе виключно за умови комплексного підходу до впровадження цифрових технологій, їх відповідності обліковій політиці компанії, а також належного рівня цифрових компетенцій персоналу. Покращення цифрових інструментів для обліку та фінансового аналізу має здійснюватися стратегічно, з акцентом на забезпечення якості фінансової інформації та підвищення ефективності управління.

Список літератури

1. Зубенко В. М. Розвиток систем обліково-аналітичного забезпечення в умовах цифрової трансформації інформаційної індустрії. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2024. Том 9. № 3. С. 102–106.
2. Кузь В. І. Розвиток бухгалтерського обліку в умовах цифровізації господарських та управлінських процесів. *Бізнес-Інформ*. 2021. № 6. С. 191–204.
3. Реслер М. Вплив цифрової економіки на обліково-аналітичну систему. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*. 2024. № 5. С. 441–450.
4. Пелех У. Обліково-аналітичне забезпечення реалізації стратегічних цілей діяльності підприємства в умовах цифрової економіки. *Економіка та суспільство*. 2022. № 39.
5. Осадча О. О., Павелко О. В. Розвиток обліково-аналітичної системи в умовах цифровізації економіки України. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Економічні науки*. 2021. Вип. 2. С. 162–174.
6. Miaoquan, X., Wei Yu, K., Xuwen, L., Yi, W., Jun, Y., & Loang, O. K. (2023). The impact of digital transformation on financial reporting and analysis in the accounting industry. *International Journal of Accounting, Finance and Business (IJAFB)*, 8(50), 324 – 336.

УДК 336.76

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВО-ІНВЕСТИЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ СУБ'ЄКТІВ ПІДПРИЄМНИЦТВА

Близнюк О.П., к.е.н., доц.
Бушай М.С., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, bliznukoksanap@gmail.com

Анотація. Головними центрами формування фінансово-інвестиційних ризиків суб'єктів підприємництва є вплив чинників невизначеності зовнішнього та внутрішнього середовищ. Ефективне управління систематичними та несистематичними ризиками ґрунтується на збалансованому механізмі та моделі управління, що дозволяють реалізувати цілі і завдання операційної та фінансово-інвестиційної діяльності, сприяють результативному здійсненню функцій ризик-менеджменту підприємства.

Ключові слова: фінансово-інвестиційні ризики, модель управління, систематичні та несистематичні ризики, невизначеність зовнішнього та внутрішнього середовищ

Як соціально-економічна категорія, ризик є невід'ємною частиною фінансово-економічних механізмів підприємств. Ризик можна трактувати як ймовірність та можливість настання негативної події або певної комбінації таких подій в умовах невизначеності. Ризик є як елементом, так і результатом реалізації будь-яких управлінських рішень, на прийняття яких впливає невизначеність – об'єктивна умова для підприємництва за сучасних ринкових умов.

До фінансових ризиків, що впливають на підприємства ми відносимо такі:

- систематичні (загальноринкові) ризики, на які підприємство не може суттєво впливати та які залежать від макроекономічної політики уряду, а також змін у глобальних, міжнародних та національних умовах діяльності фінансових ринків – інфляційні, цінові, валютні, процентні, обмінні, податкові, кредитні та депозитні ризики, потенційний суверенний дефолт держави тощо;

- несистематичні (індивідуальні) ризики – інноваційні та інвестиційні ризики реального та фінансового інвестування, неплатоспроможність та втрата ліквідності, погіршення фінансової стабільності, незбалансована структура активів і капіталу, зниження рівня або втрата фінансової рівноваги, фінансової стійкості, фінансової безпеки, кредитні та депозитні ризики, погіршення кредитоспроможності, зниження кредитного рейтингу, ризик втраченої вигоди, ризик погіршення загального фінансового стану підприємства.

Управління ризиками фінансової та інвестиційної діяльності суб'єктів господарювання – це багатогранний та складний процес з численними цілями та вимогами, що вимагає постійного моніторингу та контролю. Рівень ризику, прибутковості, ефективності використання матеріальних і фінансових активів можуть змінюватися з часом. Тому фінансові менеджери повинні оперативно адаптувати свої моделі та методи управління фінансово-інвестиційними ризиками та застосовувати альтернативні підходи.

Управління складовими загального фінансового ризику має бути спрямоване на забезпечення ефективності, передбачуваності та стабільності операційної, фінансової та інвестиційної діяльності підприємства в короткостроковій та довгостроковій перспективі, а також на підтримку високого рівня конкурентоспроможності в певній галузі.

Це вимагає розробки відповідної моделі управління фінансово–інвестиційними ризиками як складної системи взаємопов'язаних елементів та послідовних етапів інвестиційної діяльності у сфері реальних і фінансових інвестицій. Ця модель захищає процес управління та сприяє обґрунтованості управлінських рішень, спрямованих на виявлення, аналіз, оцінку, диверсифікацію, оптимізацію, нейтралізацію, мінімізацію та хеджування операційних, фінансових та інвестиційних ризиків.

Управління різними видами потенційних ризиків є об'єктивною необхідністю та передумовою ефективності моделі фінансового управління на підприємствах. Основними центрами та джерелами економічних, фінансових та інвестиційних ризиків підприємств є вплив чинників невизначеності у зовнішньому та внутрішньому середовищах з їхніми відповідними характеристиками та властивостями. Для розпізнавання, виявлення та оцінки впливу численних та багатогранних чинників впливу необхідна відповідна система управління. У рамках цієї системи діють методичні інструменти для якісного та кількісного ймовірнісного аналізу їх параметрів та показників. Це дозволяє обґрунтовано оцінити вплив різних видів фінансово-інвестиційних ризиків на ефективність та результативність інвестиційних проектів.

Основними завданнями управління ризиками є: прогнозування ризикових подій, ідентифікація та оцінка різних видів ризиків, зменшення чинника невизначеності, мінімізація та нейтралізація потенційних ризиків та пов'язаних з ними витрат і збитків, систематичний моніторинг і контроль небажаних змін та впливів зовнішнього та внутрішнього середовищ.

Загальна система управління ризиками підприємства повинна включати підсистему управління фінансово-інвестиційними ризиками. Ця підсистема складається з кількох послідовних та взаємопов'язаних етапів процесу управління, починаючи з розробки інвестиційної стратегії та завершуючи моніторингом та контролем ефективності та результативності інвестиційної діяльності, обґрунтуванням альтернатив та коригуванням управлінських рішень.

Список літератури

1. Диба М. І. Суть та види фінансових ризиків у системі ризик-менеджменту підприємства. Національний ун-т «Львівська політехніка», URL: https://vlp.com.ua/files/04_28.pdf
2. Євтушенко Г. В., Березюк Є. В. Особливості фінансового ризику та сучасні методи його мінімізації. ХНУ імені В. Н. Каразіна. URL: https://ndipzir.org.ua/wp-content/uploads/2020/05/Tezy_Bulgaria_03.20_5.pdf
3. Вітлінський В. В., Великоіваненко Г. І. Ризикологія в економіці та підприємстві: монографія. Київ: КНЕУ, 2004. 480 с.

УДК 336.76

СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЦИФРОВІ СИМУЛЯЦІЇ У ПРОГНОЗУВАННІ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ

Макогон В.В., к.е.н., доц.
Круглов Д.О., здобувач РВО бакалавр,
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, v.makogon@biotechuniv.edu.ua

Анотація. Розглянуто застосування сценарного моделювання та цифрових симуляцій для прогнозування рентабельності інвестицій у нерухомість.

Ключові слова: сценарне моделювання; цифрові симуляції; нерухомість; інвестиційна ефективність; прогнозування; цифровізація

Цифрові технології дедалі активніше інтегруються у процеси фінансово-економічної оцінки нерухомості, забезпечуючи новий рівень точності та комплексності прогнозів. Сценарне моделювання та цифрові симуляції дозволяють враховувати багатофакторний вплив зовнішнього середовища, варіативність фінансових потоків та ризики, що формують інвестиційну привабливість об'єктів. Такий підхід створює можливість для формування альтернативних сценаріїв розвитку та оцінки їх наслідків для інвестора, що значно розширює інструментарій прийняття управлінських рішень.

У межах дослідження розглядається теоретичне підґрунтя сценарного моделювання, практичні аспекти застосування цифрових симуляцій у прогнозуванні рентабельності нерухомості, а також перспективи їх інтеграції у сучасні системи управління інвестиційними процесами.

Сценарне моделювання у фінансово-економічних дослідженнях розглядається як метод побудови альтернативних варіантів розвитку подій, що дозволяє враховувати невизначеність зовнішнього середовища та багатофакторний вплив ризиків. Його застосування у сфері інвестиційної оцінки нерухомості забезпечує можливість аналізу різних траєкторій зміни фінансових показників та формування більш обґрунтованих управлінських рішень. Завдяки сценарному підходу дослідник отримує інструмент для прогнозування не лише базового варіанту розвитку, але й оптимістичних та песимістичних сценаріїв, що підвищує якість стратегічного планування.

Цифрові симуляції у свою чергу виступають як технологічний інструмент відтворення складних економічних процесів у віртуальному середовищі. Вони дозволяють моделювати фінансові потоки, оцінювати вплив ключових факторів на рентабельність інвестицій та визначати ймовірність досягнення запланованих результатів. Використання симуляційних моделей у прогнозуванні інвестиційної ефективності нерухомості сприяє зниженню рівня невизначеності та забезпечує більш точне відображення реальних умов функціонування ринку.

Порівняння традиційних методів прогнозування з цифровими підходами демонструє суттєві переваги останніх. Класичні методи ґрунтуються переважно на статистичній екстраполяції та аналізі минулих тенденцій, що обмежує їхню здатність враховувати складні взаємозв'язки та швидкі зміни ринкової кон'юнктури. Цифрові технології, навпаки, базуються на використанні великих масивів даних, алгоритмів машинного навчання та симуляційних моделей, що забезпечує багатовимірний аналіз і можливість тестування різних сценаріїв у реальному часі. Це робить цифрові підходи більш адаптивними та ефективними для прогнозування інвестиційної привабливості об'єктів нерухомості.

Сучасні цифрові технології дозволяють значно розширити можливості аналізу інвестиційної привабливості нерухомості. Використання мов програмування Python та R забезпечує побудову моделей чутливості та ризиків, що дає змогу дослідити вплив окремих факторів на кінцеві результати інвестиційної діяльності. Наприклад, для оцінки чутливості чистої приведеної вартості (NPV) до зміни ставки дисконту можна застосувати простий скрипт, наведени на рис. 1.

```
import numpy as np

cash_flows = [ -100000, 30000, 40000, 50000, 60000 ] # інвестиції та доходи
discount_rates = np.arange(0.05, 0.20, 0.01)        # діапазон ставок дисконту

npv_values = [np.npv(r, cash_flows) for r in discount_rates]

for r, npv in zip(discount_rates, npv_values):
    print(f"Ставка: {r:.2f}, NPV: {npv:.2f}")
```

Рис. 1 Приклад скрипту для оцінки чутливості чистої приведеної вартості (NPV) до зміни ставки дисконту

Такий підхід дозволяє побачити, як змінюється ефективність проекту залежно від вартості капіталу.

Інтеграція технологій Big Data у процес сценарного моделювання рентабельності нерухомості створює умови для використання великих масивів даних, що відображають тенденції ринку, поведінку інвесторів та макроекономічні зміни. Наприклад, у R можна застосувати пакет `dplyr` для обробки великих наборів даних про угоди з нерухомістю (рис. 2).

Симуляції фінансових потоків дозволяють оцінити окупність інвестиційних проектів у різних умовах. Для цього часто застосовується метод Монте-Карло, який моделює тисячі можливих сценаріїв (рис. 3)

```
library(dplyr)

data <- read.csv("real_estate_data.csv")

summary <- data %>%
  group_by(city) %>%
  summarise(avg_price = mean(price),
            avg_rent = mean(rent),
            deals = n())

print(summary)
```

Рис. 2. Застосувати пакет *dplyr* для обробки великих наборів даних про угоди з нерухомістю

```
import numpy as np

iterations = 10000
investment = -100000
mean_cashflow = 40000
std_dev = 10000

results = []
for i in range(iterations):
    cashflows = np.random.normal(mean_cashflow, std_dev, 4)
    npv = np.npv(0.1, [investment] + cashflows.tolist())
    results.append(npv)

print(f"Ймовірність позитивного NPV: {np.mean(np.array(results) > 0):.2%}")
```

Рис. 3 Застосування методу Монте-Карло для оцінки окупності інвестиційних проектів у різних умовах

Візуалізація результатів моделювання (рис. 4) є важливим інструментом для прийняття управлінських рішень. Використання бібліотек *matplotlib* чи *ggplot2* дозволяє представити дані у вигляді графіків, що значно полегшує інтерпретацію результатів.


```
import matplotlib.pyplot as plt

plt.hist(results, bins=50, color='skyblue', edgecolor='black')
plt.title("Розподіл NPV за результатами симуляції")
plt.xlabel("NPV")
plt.ylabel("Частота")
plt.show()
```

Рис. 4. Скрипт для візуалізації результатів моделювання

Таким чином, практичне застосування цифрових інструментів у сфері оцінки інвестиційної привабливості нерухомості охоплює весь спектр – від побудови моделей ризиків і використання великих даних до симуляцій фінансових потоків та візуалізації результатів. Це забезпечує комплексний і сучасний підхід до прогнозування рентабельності, який може бути інтегрований у наукові дослідження та практику управління інвестиціями.

Подальший розвиток цифрових технологій у сфері інвестиційної оцінки нерухомості визначається інтеграцією інноваційних інструментів, здатних забезпечити новий рівень точності прогнозів та прозорості інвестиційних процесів. Одним із ключових напрямів є застосування штучного інтелекту, який дозволяє автоматизувати аналіз великих масивів даних, виявляти приховані закономірності та формувати адаптивні моделі прогнозування. Це створює можливість для більш глибокого врахування ринкових ризиків та підвищення обґрунтованості управлінських рішень.

Важливим інструментом майбутнього є цифрові twin-моделі, що відтворюють віртуальні копії об'єктів нерухомості. Вони дозволяють моделювати технічні характеристики будівель, енергоспоживання та експлуатаційні витрати, а також прогнозувати їхню рентабельність у різних економічних сценаріях. Такий підхід забезпечує комплексне бачення інвестиційної привабливості та сприяє оптимізації управління нерухомістю.

Не менш перспективним напрямом є використання блокчейн-технологій, які гарантують прозорість та безпеку інвестиційних операцій. Смарт-контракти здатні автоматизувати процеси купівлі-продажу та оренди нерухомості, знижуючи ризики шахрайства та підвищуючи довіру інвесторів. Це відкриває нові можливості для розвитку цифрових платформ колективних інвестицій та краудфандингу у сфері нерухомості.

Інтеграція зазначених технологій у сучасні ERP-системи та управлінські платформи дозволить створити комплексні рішення для інвесторів, де аналітика, прогнозування та операційна діяльність будуть взаємопов'язані. Такий підхід забезпечить доступ до актуальної інформації, автоматизованих розрахунків та прозорих механізмів прийняття рішень, що у перспективі сприятиме підвищенню інвестиційної привабливості нерухомості та розвитку ринку загалом.

Дослідження фінансово-економічної оцінки інвестиційної привабливості нерухомості показало, що поєднання традиційних методів аналізу з сучасними цифровими інструментами забезпечує більш комплексне та достовірне прогнозування результатів інвестиційної діяльності. Теоретичні засади сценарного моделювання та симуляцій створюють основу для врахування багатфакторного впливу ризиків і невизначеності ринкового середовища, а практичне застосування Python, R, Big Data та симуляцій фінансових потоків дозволяє здійснювати багатовимірний аналіз і формувати адаптивні моделі прогнозування.

Перспективи розвитку цифрових рішень у сфері оцінки інвестиційної привабливості нерухомості пов'язані з інтеграцією штучного інтелекту, цифрових twin-моделей та блокчейн-технологій. Їхнє використання здатне радикально змінити підхід до управління інвестиціями, забезпечуючи прозорість операцій, автоматизацію аналітичних процесів та створення комплексних платформ для прийняття управлінських рішень.

Таким чином, цифровізація процесів оцінки інвестиційної привабливості нерухомості не лише підвищує точність прогнозів та знижує рівень невизначеності, але й формує нові можливості для розвитку ринку. Подальші дослідження мають бути спрямовані на удосконалення методів інтеграції цифрових технологій у практику інвестиційного аналізу та на розробку інноваційних моделей, здатних забезпечити сталий розвиток інвестиційної діяльності у сфері нерухомості.

Список літератури

1. Batty, M. Digital twins for smart cities: Concepts and applications in urban planning and real estate. *Urban Studies*. – 2021. – Vol. 58(3). – P. 451–470. – <https://doi.org/10.1177/0042098020943423>
2. Glaeser, E., Gyourko, J. The economic implications of housing market simulations: Scenario analysis for profitability forecasting. *Journal of Economic Perspectives*. – 2020. – Vol. 34(4). – P. 123–145. – <https://doi.org/10.1257/jep.34.4.123>
3. Kunc, M., O'Brien, F. Scenario thinking in real estate investment: Simulation approaches to risk and return. *European Journal of Operational Research*. – 2019. – Vol. 272(2). – P. 774–786. – <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.06.015>
4. Pfnür, A., Wagner, B. Digital transformation and simulation-based forecasting in corporate real estate management. *Journal of Property Investment & Finance*. – 2022. – Vol. 40(5). – P. 389–406. – <https://doi.org/10.1108/JPIF-01-2022-0012>
5. Sokolov, B., Ivanov, D. Simulation-based scenario management for investment projects in construction and real estate. *Simulation Modelling Practice and Theory*. – 2021. – Vol. 106. – P. 102–118. – <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102118>

УДК 005.95:004.9:631.1

МОДЕЛЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ HR-МЕНЕДЖМЕНТУ В СИСТЕМІ АГРАРНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Вашечко С.С., здобувач РВО доктор філософії (PhD)
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, vasheckosergy@gmail.com

Анотація. Досліджено формування моделі цифровізації HR-менеджменту в системі аграрного менеджменту. Розглянуто особливості управління персоналом в аграрних підприємствах в умовах цифрової трансформації економіки. Визначено ключові напрями впровадження цифрових технологій у HR-процеси, зокрема автоматизацію підбору персоналу, електронний облік кадрів, використання HR-аналітики та цифрових платформ управління персоналом. Обґрунтовано значення цифровізації HR-менеджменту для підвищення ефективності аграрних підприємств, оптимізації використання трудових ресурсів та забезпечення конкурентоспроможності аграрного сектору.

Ключові слова: HR-менеджмент, цифровізація, аграрний менеджмент, управління персоналом, цифрові технології, HR-аналітика, аграрні підприємства, автоматизація, кадровий менеджмент, ефективність управління

Сучасний етап розвитку аграрного сектору характеризується активним впровадженням цифрових технологій у всі сфери управління, зокрема в HR-менеджмент. В умовах посилення конкуренції, дефіциту кваліфікованих кадрів та необхідності підвищення продуктивності праці цифровізація управління персоналом стає одним із ключових чинників розвитку аграрних підприємств.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розробка основних засад моделі цифровізації HR-менеджменту в системі аграрного менеджменту, а також визначення її впливу на ефективність управління персоналом та розвиток аграрних підприємств. HR-менеджмент в аграрному секторі виконує важливу роль у забезпеченні ефективного використання трудових ресурсів, формуванні кадрового потенціалу та підвищенні мотивації працівників. Однак традиційні підходи до управління персоналом часто є недостатньо ефективними в умовах динамічного зовнішнього середовища, що зумовлює необхідність їх трансформації. Модель цифровізації HR-менеджменту передбачає впровадження сучасних інформаційних технологій у всі етапи роботи з персоналом. Зокрема, використання HRM-систем дозволяє автоматизувати процеси підбору, адаптації, навчання та оцінювання працівників. Це значно скорочує витрати часу та ресурсів, а також підвищує точність управлінських рішень [1].

Важливим елементом цифрового HR-менеджменту є використання HR-аналітики, яка дозволяє здійснювати аналіз ефективності персоналу, прогнозувати потребу в кадрах та оцінювати рівень продуктивності праці. На основі таких даних керівництво підприємства може приймати більш обґрунтовані стратегічні рішення. У системі аграрного менеджменту цифровізація HR-процесів має особливе значення, оскільки аграрні

підприємства часто функціонують в умовах сезонності, територіальної розосередженості та специфіки праці. Використання цифрових платформ дозволяє ефективно координувати роботу працівників, незалежно від їх місцезнаходження, та забезпечувати оперативний обмін інформацією [2].

Не менш важливим є впровадження електронного документообігу в HR-менеджменті, що дозволяє зменшити адміністративне навантаження та підвищити прозорість кадрових процесів. Крім того, цифрові технології сприяють розвитку дистанційного навчання персоналу, що особливо актуально для аграрного сектору. Важливим напрямом розвитку цифрового HR-менеджменту в аграрному секторі є впровадження систем управління талантами, які дозволяють не лише вести облік персоналу, а й формувати довгострокову стратегію розвитку людського капіталу. Такі системи забезпечують виявлення потенційних лідерів, планування кар'єрного росту працівників та формування кадрового резерву підприємства. Це є особливо актуальним для аграрних підприємств, де стабільність та безперервність виробничих процесів значною мірою залежать від якості управлінського персоналу [1; 2]. Крім того, цифровізація HR-менеджменту сприяє підвищенню рівня залученості працівників через використання корпоративних онлайн-платформ, мобільних додатків та систем внутрішньої комунікації. Це дозволяє оперативно доводити інформацію до персоналу, організовувати зворотний зв'язок та підвищувати рівень мотивації працівників. У результаті формується більш прозора та ефективна система взаємодії між керівництвом і співробітниками. Окремої уваги потребує питання кібербезпеки в цифровому HR-менеджменті, оскільки обробка персональних даних працівників вимагає високого рівня захисту інформації. Використання сучасних технологій шифрування та захищених платформ є обов'язковою умовою безпечного функціонування цифрових HR-систем.

Таким чином, цифровізація HR-менеджменту є важливим інструментом підвищення ефективності аграрного управління, що забезпечує оптимізацію кадрових процесів, покращення якості управлінських рішень та підвищення конкурентоспроможності підприємств.

Формування моделі цифровізації HR-менеджменту в системі аграрного менеджменту є необхідною умовою розвитку сучасних аграрних підприємств. Впровадження цифрових технологій у кадрові процеси дозволяє підвищити ефективність управління персоналом, зменшити витрати та покращити якість прийняття управлінських рішень. Цифровізація HR-менеджменту сприяє формуванню гнучкої, адаптивної системи управління, яка відповідає вимогам сучасного ринку та забезпечує сталий розвиток аграрного сектору економіки.

Список літератури

1. Гавриш О. А., Довгань Л. Є., Крейдич І. М. Цифрова трансформація управління підприємством: монографія. Київ: КПП, 2021. 296 с.
2. Колесніков С. В. Цифровізація управління персоналом в аграрному секторі економіки України. *Економіка АПК*. 2021. № 6. С. 72–80.

УДК 005.52:004:330.34

ЦИФРОВИЙ КОНТРОЛІНГ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ СТРАТЕГІЧНО-ТРАНСФОРМАЦІЙНИМ РОЗВИТКОМ ПІДПРИЄМНИЦТВА

Кізілов А. В., здобувач РВО PhD

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
м. Харків, Україна, Pirs@ukr.net

Анотація. У роботі досліджено сутність та роль цифрового контролінгу як сучасного інструменту управління стратегічно-трансформаційним розвитком підприємництва. Обґрунтовано, що в умовах цифровізації економіки та високої турбулентності бізнес-середовища підприємства потребують нових підходів до інформаційно-аналітичного забезпечення управління. Розглянуто можливості інтеграції цифрових технологій у систему контролінгу та їх вплив на підвищення ефективності управлінських рішень. Визначено ключові переваги цифрового контролінгу у забезпеченні гнучкості, адаптивності та довгострокової стійкості підприємств.

Ключові слова: цифровий контролінг, стратегічний розвиток, трансформація підприємництва, інформаційні технології, управління, бізнес-аналітика, цифровізація, підприємство, управлінські рішення

Сучасне підприємництво функціонує в умовах високої невизначеності, динамічних змін та посилення глобальної конкуренції. Цифрова трансформація економіки суттєво змінює підходи до управління підприємствами, висуваючи нові вимоги до швидкості прийняття рішень, якості інформації та здатності до адаптації. У таких умовах традиційні системи управління виявляються недостатньо ефективними, що обумовлює необхідність їх модернізації.

Особливої актуальності набуває впровадження цифрового контролінгу як інструменту інтеграції інформаційних потоків, аналітики та стратегічного управління, що дозволяє не лише здійснювати контроль за діяльністю підприємства, а й формувати аналітичну основу для стратегічно-трансформаційних змін. Таким чином, цифровий контролінг виступає ключовим елементом забезпечення сталого розвитку та конкурентоспроможності підприємництва.

Цифровий контролінг являє собою сучасну управлінську концепцію, що поєднує інструменти контролінгу з можливостями інформаційних технологій, зокрема бізнес-аналітики, великих даних та автоматизованих систем обробки інформації. Його впровадження спрямоване на підвищення ефективності управління шляхом забезпечення своєчасної, достовірної та релевантної інформації для прийняття управлінських рішень. На відміну від традиційного контролінгу [1], цифровий формат передбачає використання інтерактивних панелей (дашбордів), прогнозової аналітики та систем підтримки прийняття рішень.

У контексті стратегічно-трансформаційного розвитку підприємництва цифровий контролінг виконує низку важливих функцій, а саме:

- забезпечує моніторинг ключових показників діяльності підприємства в режимі реального часу, що дозволяє швидко реагувати на зміни середовища;
- сприяє формуванню стратегічних альтернатив на основі аналізу великих обсягів даних;
- підтримує процес трансформації бізнес-моделей шляхом виявлення нових можливостей та оцінки ризиків.

Важливою перевагою цифрового контролінгу є його здатність інтегрувати різні функціональні підсистеми підприємства – фінанси, маркетинг, управління персоналом, виробництво – в єдину інформаційну систему. Це забезпечує узгодженість управлінських рішень та підвищує їх обґрунтованість [2]. Крім того, використання сучасних ІТ-рішень дозволяє автоматизувати рутинні процеси, що звільняє управлінський персонал для виконання стратегічних завдань [3].

Разом з тим, впровадження цифрового контролінгу супроводжується певними викликами, серед яких – необхідність значних інвестицій у цифрову інфраструктуру, підвищення рівня цифрових компетенцій персоналу та забезпечення кібербезпеки. Також важливим є питання інтеграції нових цифрових інструментів у вже існуючі системи управління підприємством.

Отже, цифровий контролінг є ефективним інструментом управління стратегічно-трансформаційним розвитком підприємництва, який забезпечує підвищення якості управлінських рішень, адаптивності та конкурентоспроможності підприємств. Його використання сприяє інтеграції інформаційних потоків, оптимізації бізнес-процесів та формуванню стратегічних переваг у цифровій економіці. У перспективі роль цифрового контролінгу лише зростатиме, оскільки він дозволяє підприємствам ефективно реагувати на виклики сучасного бізнес-середовища та забезпечувати довгострокову стійкість розвитку. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку методичних підходів до оцінювання ефективності цифрового контролінгу та його впливу на трансформацію підприємницької діяльності.

Список літератури

1. Дуднєва Ю.Е., Обиденнова Т.С., Васильєва М.О. Контролінг на малих підприємствах: особливості, проблеми та перспективи. *Причорноморські економічні студії*. Випуск 52-1. 2020. С. 128-133. DOI: <https://doi.org/10.32843/bses.52-20>
2. Чобіток В.І., Шелест Т.М. Система управління промисловими підприємствами в умовах інноваційного розвитку: науково-практичні аспекти оцінки. *Проблеми економіки*. 2021. № 2 (48). С. 169–180.
3. Обиденнова Т.С., Чобіток І.О. Роль цифровізації в розвитку підприємницької діяльності в умовах невизначеності *«Вісник економіки транспорту і промисловості»*, № 89, с. 37 – 44. URL: <https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/89.pdf>.

УДК 005.51:640.432:339.137.2

МОДЕЛЬ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ РЕСТОРАННИМ ПІДПРИЄМСТВОМ В УМОВАХ КОНКУРЕНТНОГО СЕРЕДОВИЩА

Нагаєв В.М., д.п.н., проф.
Король Є.С., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, koroleva309eva@gmail.com

Анотація. Розглянуто особливості формування моделі організації управління ресторанним підприємством в умовах конкурентного середовища. Обґрунтовано необхідність застосування сучасних підходів до управління, що враховують динамічність ринку, зміну споживчих переваг та зростання конкуренції у сфері ресторанного господарства. Визначено ключові елементи ефективної управлінської моделі, зокрема стратегічне планування, управління персоналом, маркетингову діяльність і контроль якості послуг. Доведено, що впровадження комплексної моделі управління сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства та забезпеченню його сталого розвитку.

Ключові слова: ресторанне підприємство, управління, модель управління, конкурентне середовище, менеджмент, стратегічне планування, якість обслуговування, маркетинг, персонал, конкурентоспроможність

Сучасний ринок ресторанних послуг характеризується високим рівнем конкуренції, швидкою зміною споживчих уподобань і зростанням вимог до якості обслуговування. У таких умовах особливого значення набуває формування ефективної моделі організації управління ресторанним підприємством, яка забезпечує адаптивність, гнучкість і здатність до інноваційного розвитку [1].

Модель управління ресторанним підприємством слід розглядати як комплекс взаємопов'язаних елементів, що включає організаційну структуру, систему прийняття управлінських рішень, методи мотивації персоналу, механізми контролю якості та інструменти маркетингової діяльності. Вона повинна базуватися на принципах системності, клієнтоорієнтованості та ефективного використання ресурсів [2].

В умовах конкурентного середовища важливу роль відіграє стратегічне управління, яке дозволяє визначити довгострокові цілі підприємства та сформувані конкурентні переваги. Ресторанні підприємства повинні активно впроваджувати сучасні маркетингові інструменти, аналізувати ринок і поведінку споживачів, а також адаптувати свої послуги відповідно до змін попиту. Одним із ключових елементів ефективної моделі управління є персонал. Саме якість роботи працівників значною мірою визначає рівень обслуговування та задоволеність клієнтів. Тому важливим є впровадження систем навчання, розвитку та мотивації персоналу, а також формування позитивної корпоративної культури [3].

В умовах зростаючої конкуренції важливим є також управління репутацією ресторанного підприємства. Відгуки клієнтів у соціальних мережах та на спеціалізованих платформах можуть суттєво впливати на імідж закладу.

Тому необхідно оперативно реагувати на зворотний зв'язок, вдосконалювати якість послуг і підтримувати позитивний імідж. Необхідно враховувати й фактори зовнішнього середовища, зокрема економічну ситуацію, зміни у законодавстві, рівень доходів населення та тенденції розвитку ринку. Гнучкість управлінської моделі дозволяє підприємству швидко адаптуватися до цих змін і зберігати стабільність діяльності.

Важливим напрямом удосконалення моделі управління ресторанним підприємством є впровадження інноваційних технологій та цифрових рішень. Сучасні інформаційні системи дозволяють автоматизувати процеси обліку, управління запасами, контролю якості обслуговування та взаємодії з клієнтами. Використання CRM-систем, онлайн-замовлень і аналітики даних сприяє більш глибокому розумінню потреб споживачів і підвищенню рівня їх задоволеності. Крім того, значну роль відіграє формування унікальної концепції ресторану, яка дозволяє виділитися серед конкурентів. Це може бути оригінальна кухня, тематичний інтер'єр, високий рівень сервісу або особлива атмосфера закладу. Успішна реалізація концепції потребує чіткої координації всіх управлінських процесів і залучення кваліфікованого персоналу.

Таким чином, модель організації управління ресторанним підприємством повинна бути комплексною, адаптивною та орієнтованою на досягнення стратегічних цілей. Вона має враховувати як внутрішні ресурси підприємства, так і зовнішні фактори конкурентного середовища. Інтеграція інновацій, розвиток унікальної концепції та ефективне управління репутацією є важливими складовими сучасної моделі управління ресторанним підприємством, що забезпечують його успішне функціонування в умовах конкурентного середовища.

Висновки. Формування ефективної моделі управління ресторанним підприємством є ключовою умовою його успішного функціонування в конкурентному середовищі. Така модель повинна поєднувати стратегічний підхід, ефективне управління персоналом, використання сучасних маркетингових інструментів і забезпечення високої якості послуг. Впровадження комплексної та гнучкої системи управління дозволяє підприємствам підвищити свою конкурентоспроможність, зміцнити позиції на ринку та забезпечити сталий розвиток у довгостроковій перспективі.

Список літератури

1. Бойко М. Г., Ліпич Л. Г. Організація ресторанного господарства: підручник. Київ: Кондор, 2020. 312 с.
2. Мальська М. П., Пандяк І. Г. Ресторанна справа: технологія та організація обслуговування: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 304 с.
3. Гавриш О. А., Довгань Л. Є., Крейдич І. М. Цифрова трансформація управління підприємством: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 296 с.

УДК 336.71:004:005.8

СУЧАСНІ ФІНАНСОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ПІДТРИМКИ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ

Шаповалов В.О., здобувач РВО бакалавр,
Макогон В.В., к.е.н., доц.
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, v.makogon@biotechuniv.edu.ua

Анотація. Досліджено роль сучасних фінансових технологій та цифровізації у забезпеченні фінансової стійкості банківських установ.

Ключові слова: фінансові технології; цифровізація; банківська система; Big Data; блокчейн; штучний інтелект; фінансова стійкість

У сучасних умовах глобальної економічної нестабільності та постійних трансформацій фінансових ринків проблема забезпечення фінансової стійкості банківських установ набуває особливої актуальності. Банківський сектор виступає ключовим елементом фінансової системи держави, а його стабільність визначає рівень довіри інвесторів, ефективність кредитно-інвестиційних процесів та загальну економічну безпеку.

Цифрова трансформація фінансової сфери відкриває нові можливості для управління ризиками, оптимізації бізнес-процесів та підвищення прозорості операцій. Використання сучасних фінансових технологій (FinTech), таких як Big Data, блокчейн, штучний інтелект та цифрові симуляційні моделі, дозволяє банкам формувати адаптивні стратегії реагування на виклики ринку, прогнозувати сценарії розвитку та забезпечувати довгострокову стійкість.

Таким чином, дослідження ролі цифровізації та інноваційних фінансових технологій у підтримці фінансової стійкості банківських установ є важливим напрямом наукового пошуку, що поєднує теоретичні засади та практичні інструменти сучасного фінансового менеджменту.

Фінансові технології (FinTech) сьогодні виступають ключовим драйвером трансформації банківської системи, забезпечуючи нові можливості для управління ризиками та підтримки фінансової стійкості. Використання Big Data дозволяє банкам здійснювати багатовимірний аналіз клієнтської поведінки, виявляти приховані закономірності у фінансових потоках та формувати прогностичні моделі ліквідності. Це створює умови для своєчасного реагування на ринкові зміни та мінімізації ризиків.

Блокчейн-технології забезпечують високий рівень прозорості та безпеки фінансових операцій, знижуючи ймовірність шахрайства та підвищуючи довіру клієнтів і партнерів. Вони також сприяють оптимізації міжбанківських розрахунків та розвитку нових форм цифрових активів.

Штучний інтелект (AI) активно застосовується для моделювання сценаріїв розвитку, автоматизації процесів прийняття управлінських рішень та оптимізації бізнес-процесів. Алгоритми машинного навчання дозволяють

прогнозувати кредитні ризики, оцінювати фінансову стійкість клієнтів та формувати індивідуалізовані пропозиції.

У сукупності ці інструменти формують цифрову екосистему, яка забезпечує адаптивність банківських установ до глобальних викликів, підвищує їхню конкурентоспроможність та створює основу для довгострокової стабільності фінансової системи.

Цифровізація банківських процесів є стратегічним напрямом розвитку фінансових установ, що визначає їхню здатність адаптуватися до динамічних змін ринку та забезпечувати довгострокову фінансову стійкість. Вона охоплює комплексну трансформацію внутрішніх і зовнішніх бізнес-процесів, спрямовану на автоматизацію операцій, інтеграцію інноваційних технологій та створення цифрових екосистем.

Впровадження ERP-систем та спеціалізованих цифрових платформ дозволяє банкам централізовано управляти фінансовими потоками, оптимізувати документообіг та забезпечувати прозорість управлінських рішень. Це сприяє зниженню операційних витрат, підвищенню ефективності контролю та формуванню єдиної інформаційної бази для стратегічного планування.

Застосування симуляційних моделей і сценарного прогнозування відкриває можливості для оцінки потенційних ризиків та розробки адаптивних стратегій реагування на макроекономічні шоки, зміни регуляторної політики чи коливання валютних курсів. Такі інструменти дозволяють банкам моделювати різні варіанти розвитку подій, прогнозувати наслідки управлінських рішень та забезпечувати стабільність у кризових умовах.

Важливим елементом цифровізації є візуалізація даних, яка забезпечує швидке та зрозуміле представлення складних фінансових показників. Це підвищує якість стратегічного управління, сприяє прийняттю обґрунтованих рішень та формує новий рівень комунікації між керівництвом, регуляторами та клієнтами.

Таким чином, цифровізація банківських процесів виступає не лише інструментом оптимізації діяльності, але й ключовим фактором забезпечення фінансової стійкості, конкурентоспроможності та довіри до банківських установ у сучасному цифровому середовищі.

Практичне застосування сучасних фінансових технологій у банківській сфері демонструє багатовимірний вплив на забезпечення фінансової стійкості та конкурентоспроможності установ. В умовах зростаючої цифровізації українські банки активно інтегрують інноваційні рішення у процеси управління ризиками, кредитного скорингу та моніторингу ліквідності. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє здійснювати більш точну оцінку платоспроможності клієнтів, прогнозувати ймовірність дефолтів та формувати індивідуалізовані кредитні пропозиції. Це сприяє зниженню кредитних ризиків, оптимізації структури активів і підвищенню ефективності управління капіталом.

Міжнародний досвід провідних банківських груп свідчить про широке застосування блокчейн-технологій у міжбанківських розрахунках та транзакціях, що забезпечує високий рівень прозорості, скорочує час проведення

операцій та зменшує операційні витрати. Водночас блокчейн стає основою для розвитку нових фінансових інструментів, зокрема цифрових валют центральних банків (CBDC), які здатні суттєво змінити архітектуру глобальної фінансової системи.

Використання Big Data-аналітики у практиці європейських та американських банків дозволяє здійснювати комплексний аналіз клієнтських даних, виявляти приховані закономірності у поведінці споживачів та формувати персоналізовані фінансові продукти. Це не лише підвищує рівень довіри клієнтів, але й створює додаткові джерела доходів для банківських установ.

Окремої уваги заслуговує практика застосування цифрових симуляційних моделей для сценарного прогнозування фінансової стійкості. Такі моделі дають змогу оцінювати вплив макроекономічних шоків, змін регуляторної політики чи коливань валютних курсів на діяльність банків. Це створює основу для формування адаптивних стратегій управління, підвищує здатність банківських установ протистояти кризовим явищам та забезпечує довгострокову стабільність.

Таким чином, практичні аспекти впровадження цифрових технологій підтверджують їхню ефективність як інструментів забезпечення фінансової стійкості, сприяють підвищенню конкурентоспроможності та формують нову парадигму розвитку банківської системи в умовах глобальної цифрової трансформації.

Перспективи розвитку сучасних фінансових технологій у банківській сфері визначаються інтеграцією інноваційних рішень, здатних забезпечити довгострокову фінансову стійкість та конкурентоспроможність установ. Особливе значення має впровадження штучного інтелекту (AI), який дозволяє здійснювати інтелектуальний аналіз великих масивів даних, прогнозувати ризики та автоматизувати процеси прийняття управлінських рішень. Використання алгоритмів машинного навчання сприяє формуванню адаптивних моделей управління ліквідністю, кредитними портфелями та інвестиційними стратегіями.

Важливим напрямом є розвиток цифрових twin-моделей, що забезпечують можливість створення віртуальних копій банківських процесів та систем. Це дозволяє моделювати різні сценарії розвитку, оцінювати наслідки управлінських рішень та своєчасно коригувати стратегії для підтримки фінансової стійкості. Цифрові двійники стають інструментом інтеграції аналітики, симуляцій та прогнозування у єдину систему управління.

Формування комплексних цифрових екосистем у банківській сфері передбачає об'єднання різних технологічних рішень – від блокчейн-платформ і систем кібербезпеки до мобільних застосунків та хмарних сервісів. Такі екосистеми забезпечують безперервність фінансових процесів, підвищують рівень клієнтського сервісу та створюють нові можливості для розвитку фінансових продуктів.

У перспективі цифровізація банківських установ стане не лише інструментом оптимізації діяльності, але й стратегічною основою для формування стійкої, прозорої та інноваційної фінансової системи, здатної

ефективно реагувати на глобальні виклики та забезпечувати економічну безпеку держави.

Аналіз сучасних фінансових технологій та процесів цифровізації свідчить про їхню визначальну роль у забезпеченні фінансової стійкості банківських установ. Інтеграція Big Data, блокчейн-рішень, штучного інтелекту та симуляційних моделей створює нову парадигму управління ризиками, ліквідністю та стратегічним плануванням. Практичний досвід українських і міжнародних банків підтверджує ефективність цифрових інструментів у підвищенні прозорості операцій, зниженні витрат та формуванні довіри клієнтів.

Перспективи розвитку пов'язані з формуванням комплексних цифрових екосистем, що поєднують інноваційні технології у єдину інтегровану систему управління. Це забезпечує адаптивність банківських установ до глобальних викликів, підвищує їхню конкурентоспроможність та сприяє зміцненню фінансової стабільності держави. Таким чином, цифровізація та сучасні фінансові технології виступають не лише інструментами оптимізації діяльності, але й стратегічними чинниками довгострокового розвитку банківської системи в умовах цифрової економіки.

Список літератури

1. Русіна, Ю. О., Левченко, В. П., Золковер, А. О. Сучасні фінансові технології в банківській системі України. (2023). *Фінанси та бізнес-консалтинг*, 2(3), 45–53. DOI: 10.60022/2(3)-23S
2. Бугель, Ю., Очеретко, Б. Цифрова трансформація банківської системи: інновації та вплив на фінансові послуги. (2024). *Економіка та організація бізнесу*, 3, 257–265. <https://doi.org/10.35774/econa2024.03.257>
3. Данік, Н., Торлопов, А. Вплив цифрової трансформації на банківський сектор України. (2024). *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, 3(3), 95–103. <https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20240303.09> ([doi.org in Bing](https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20240303.09))
4. Zhang, Q., Ou, Y., Chen, R. Digitalization and stability in banking sector: a systemic risk perspective. (2023). *Risk Management*, 25(11). <https://doi.org/10.1057/s41283-023-00111> ([doi.org in Bing](https://doi.org/10.1057/s41283-023-00111))
5. Pshyk, B. The impact of digitization on the financial stability of the banking system and the economic security of the state. (2025). *Financial Perspectives*, 3(57), 202–930. [https://doi.org/10.30970/fp.3\(57\).2025.202930](https://doi.org/10.30970/fp.3(57).2025.202930)
6. Stanford Graduate School of Business. The Digital Banking Revolution: Effects on Competition and Stability. (2022). *Working Paper Series*. URL: <https://www.gsb.stanford.edu>

УДК 336.76

УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВИМИ РЕСУРСАМИ В СИСТЕМІ ФОРМУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВ

Близнюк О.П., к.е.н., доц.
Кірюхіна В.С., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, bliznukoksanap@gmail.com

Анотація. Процес ефективного управління фінансовими ресурсами становить основу системи формування та розвитку фінансово-інвестиційного потенціалу підприємств, визначає їх ефективність у ринковому середовищі, фінансову стабільність та конкурентоспроможність, забезпечує безперервність виробничих та збутових процесів, а також зростання ринкової капіталізації.

Ключові слова: фінансові ресурси, фінансово-інвестиційний потенціал, ефективність управління, соціально-економічний та інноваційний розвиток, капіталізація

Управління сучасним підприємством в умовах нестабільних та хронічних криз в економіці, що поєднуються із загостреною конкуренцією на ресурсних та споживчих ринках, вимагає підвищеної уваги до розробки інтегрованої системи управління фінансовими ресурсами. Ця система формує основу соціально-економічного, інвестиційного та інноваційного потенціалу компанії, визначає її ефективність у ринковому середовищі, фінансову стабільність та конкурентоспроможність, забезпечує безперервність виробничих та збутових процесів, а також зростання ринкової капіталізації.

Фінансово-інвестиційний потенціал відображає потенційні можливості підприємства, що виникають в результаті функціонування цілісної системи. Ця система охоплює всі види ресурсів та економічних факторів у їх взаємозв'язку та єдності, дозволяючи компанії досягати необхідних фінансових результатів за умови стабільного фінансового становища та виконання стратегічних і тактичних цілей соціально-економічного та інноваційного розвитку.

Фінансові ресурси підприємства складаються з диверсифікованих джерел (внутрішні та зовнішні, існуючий та потенційний власний капітал, боргові кошти, прибуток та заощадження). Вони інтегровані у процес розширеного відтворення, забезпечуючи його безперервність та створення нової вартості на мікрорівні. Вони слугують фінансовою основою для розвитку ресурсного, економічного, фінансового, інвестиційного та інноваційного потенціалу суб'єкта підприємництва, можуть бути швидко конвертовані в інші види економічних ресурсів (матеріальні, трудові, інформаційні), покривають матеріальні витрати та виконують фінансові зобов'язання, а також є ключовим фактором соціально-економічного розвитку та зростання ринкової вартості.

Фундаментальною характеристикою та специфікою функціонування фінансових ресурсів компаній, що впливає з їх основних функцій, є їх інтеграція у виробничий, товарний та грошовий цикли.

Всередині відтворювального циклу відбуваються процеси виробництва, обміну, перерозподілу, реалізації та споживання, які відіграють вирішальну роль на всіх стадіях розширеного відтворення на мікроекономічному рівні: перетворенні капіталу з товарної форми в грошову, коли його вартість зростає за рахунок новоствореної додаткової вартості, що утворюється при продажу вироблених товарів і послуг споживачам. Зміна структури власності та переміщення вироблених товарів та послуг з виробничого сектору через обмін до сектору споживання є важливою функцією фінансових ресурсів.

В останні роки вплив зовнішніх факторів, таких як інфляція, зростання фінансових ризиків та загострення конкуренції на ринку споживчих товарів, суттєво вплинув на діяльність українських компаній. Це посилюється браком власного капіталу в поєднанні з обмеженими можливостями збільшення існуючих та потенційних джерел фінансування. Все це ускладнює ведення бізнесу. Для подолання цих викликів важливо активно шукати нові та ефективні джерела фінансування, які мінімізують комерційні та фінансові ризики та підвищують ефективність фінансово-господарської діяльності.

Для стабільного функціонування та подальшого розвитку підприємств об'єктивно необхідно отримувати додаткове зовнішнє фінансування та оптимізувати його використання. Потреба в борговому капіталі в цьому секторі значною мірою зумовлена часовим лагом між витратами на придбання товарів та доходами від їх продажу. Потреба підприємств в кредитах виникає з різних факторів, включаючи витрати на створення сезонних запасів, ускладнення у розрахунках з постачальниками, виконання фінансових зобов'язань перед домогосподарствами, банками та страховими компаніями, а також здійснення інвестицій. Враховуючи важливість боргового фінансування для бізнесу, керівники повинні приділяти особливу увагу плануванню обсягів залучення кредитів та прогнозуванню термінів їх обслуговування та погашення.

Ключовою передумовою ефективного фінансового управління в компаніях є оптимізація структури фінансових ресурсів з точки зору мінімізації витрат, мінімізації ризиків та оптимальних термінів залучення, використання та погашення. Це забезпечує високий ступінь фінансової стабільності, платоспроможності та збалансованості балансу, а також підвищує рентабельність інвестованого капіталу. Це вимагає розробки методологічних інструментів, що дозволяють планувати оптимальні часові та вартісні параметри залучення короткострокових та довгострокових кредитів, а також прогнозувати терміни їх використання та повернення.

Список літератури

1. Левченко Н. М. Фінансовий потенціал підприємства: сутність та підходи до діагностики. *Інвестиції: практика та досвід*. 2012. № 2. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/2_2012/32.pdf
2. Pantieliieva N. M., Rogova N. V., Zaporozhets S. V., Tretiak, N. M. Трансформаційні зміни в екосистемі фінансового посередництва в умовах цифровізації. *Науковий вісник Полісся*. 2021. № 1(20). С. 49–59. URL: [https://doi.org/10.25140/2410-9576-2020-1\(20\)-49-59](https://doi.org/10.25140/2410-9576-2020-1(20)-49-59).

УДК 330.341.1:004.9

ЦИФРОВІ РІШЕННЯ У СФЕРІ ФІНАНСІВ ТА ЕКОНОМІКИ

Степанова Г.М., к.ю.н., доц.
Сабалдир О.О., здобувачка РВО магістр
Національна академія внутрішніх справ
м. Київ, Україна, ollsabal@gmail.com

Анотація. У роботі досліджено сучасні цифрові рішення у сфері фінансів та економіки в умовах цифрової трансформації України. Проаналізовано розвиток фінтех-технологій, електронних платіжних систем, блокчейн-рішень та інструментів штучного інтелекту. Визначено їх вплив на ефективність функціонування фінансової системи, підвищення рівня фінансової інклюзії та цифровізації економіки. Окреслено основні ризики впровадження цифрових технологій, зокрема кіберзагрозита недосконалість нормативно-правового забезпечення.

Ключові слова: цифрова економіка, фінтех, електронні платежі, блокчейн, цифровізація, фінансова система

Цифровізація економіки України є стратегічним напрямом її розвитку, що закріплено у державних програмних документах, зокрема у Стратегії розвитку фінансового сектору України до 2025 року, розробленій Національний банк України [1]. Відповідно до зазначеної стратегії, ключовими пріоритетами є розвиток безготівкової економіки та цифрових фінансових послуг.

Одним із найбільш динамічних напрямів цифрової трансформації є фінтех-сектор. Як зазначається у матеріалах Міністерства цифрової трансформації України, впровадження цифрових технологій у фінансову сферу сприяє підвищенню доступності послуг, розвитку підприємництва та зростанню економічної активності [2]. На мою думку, саме фінансові технології виступають каталізатором змін у традиційній банківській системі, формуючи нові стандарти швидкості, зручності та клієнтоорієнтованості.

Важливим елементом цифрових фінансів є розвиток електронних платіжних систем, правове регулювання яких здійснюється на основі Закону України «Про платіжні послуги» [3]. Цей Закон визначає поняття та загальний порядок виконання платіжних операцій в Україні, встановлює виключний перелік платіжних послуг та порядок їх надання, категорії надавачів платіжних послуг та умови авторизації їх діяльності, визначає загальні засади функціонування платіжних систем в Україні, загальні засади випуску та використання в Україні електронних грошей та цифрових грошей Національного банку України, установлює права, обов'язки та відповідальність учасників платіжного ринку України, визначає загальний порядок здійснення нагляду за діяльністю надавачів платіжних послуг, надавачів обмежених платіжних послуг, порядок здійснення оверсайта платіжної інфраструктури. У документі визначено основні засади функціонування платіжного ринку, права та обов'язки його учасників, що сприяє підвищенню прозорості фінансових операцій і зменшенню частки готівкових розрахунків в економіці, що є одним із чинників підтримання фінансової стабільності держави [5, с. 18].

Значний потенціал для розвитку має також ринок віртуальних активів. За даними Національної комісії з цінних паперів та фондового ринку, використання блокчейн-технології – децентралізованої, розподіленої цифрової бази даних, яка безпечно зберігає інформацію у вигляді незмінного ланцюжка блоків, забезпечує прозорість фінансових операцій. Проте, як на мене, потребує подальшого вдосконалення регуляторної бази, надалі поясню чому [4]. Основні принципи включають прозорість, криптографічний захист та неможливість зміни даних заднім числом. Ця технологія забезпечує довіру без посередників, використовуючись у криптовалютах, фінансах, логістиці та смарт-контрактах. Водночас, недостатня визначеність правового статусу цифрових активів стримує їх повноцінну інтеграцію у фінансову систему. Також, прогалинами можу назвати наступні причини: якщо користувач забуде приватний ключ до гаманця, доступ до активів буде назавжди втрачено; неможливо змінити або видалити дані після запису, що ускладнює виправлення помилок; зі збільшенням кількості учасників мережі швидкість проведення транзакцій знижується, а ризик при якому один учасник або група отримує контроль над більшою частиною потужності мережі, дорівнює 51%.

Наступним «велетнем» у темі цифрових рішень у сфері фінансів та економіки, я б хотіла виділити штучний інтелект. Використання технологій штучного інтелекту є одним із ключових та найбільш динамічних напрямів цифровізації, що докорінно змінює підходи до роботи, навчання та управління в багатьох сферах. Основними аспектами його застосування є автоматизація складних робочих процесів, аналіз даних, розпізнавання мови та прийняття рішень. Це дозволяє бізнесу та державним структурам працювати швидше та ефективніше [6]. Автоматизації та оптимізації рутинних операцій дозволяє зосередитися на стратегічних завданнях, зокрема завдяки таким технологіям, як Industrial AI та цифровим двійникам. Також ШІ забезпечує ефективний аналіз великих обсягів даних (Big Data) і сприяє прийняттю обґрунтованих рішень. Узагальнену інформацію про ключові вектори цифровізації фінансового сектору наведено нижче (табл. 1). Таким чином, цифрові рішення у сфері фінансів та економіки стають визначальним чинником трансформації сучасної економічної системи. Вони підвищують ефективність фінансових процесів, розширюють доступ до послуг та сприяють інтеграції України у глобальний цифровий простір. Водночас ключовою умовою успішної цифровізації є підвищення рівня фінансової грамотності населення, адже саме вона забезпечує здатність громадян безпечно та усвідомлено користуватися новими цифровими інструментами, уникати шахрайства та приймати обґрунтовані фінансові рішення.

Особливої уваги потребує проблема нерівного доступу до фінансових послуг, що може виникати через територіальне розміщення або вікові особливості. Жителі віддалених регіонів часто мають обмежений доступ до сучасної банківської інфраструктури та цифрових сервісів, тоді як люди старшого віку можуть стикатися з труднощами у використанні нових технологій. Це створює ризики цифрової дискримінації та фінансового виключення окремих груп населення.

Таблиця 1 – Основні напрями цифрових рішень у фінансовій системі України

Цифрові платежі та банкінг (PayTech & BankTech)	Активний розвиток мобільного банкінгу, безконтактних платежів, NFC-технологій та швидких переказів.
Відкритий банкінг (Open Banking)	Розбудова екосистеми, що дозволяє фінансовим установам безпечно обмінюватися даними через API для створення нових сервісів.
Цифрові фінансові інструменти та сервіси	Поширення необанків, цифрових платформ для інвестицій та управління фінансами.
Інсуртех (InsurTech)	Впровадження цифрових рішень у страхуванні, що передбачає повну цифровізацію послуг.
Регтех (RegTech) та Суптех (SupTech)	Використання технологій для дотримання регуляторних вимог (RegTech) та вдосконалення нагляду за фінансовими установами (SupTech) з боку держави.
Кібербезпека та цифрова трансформація бізнес-процесів	Посилення захисту цифрових фінансових систем від кібератак, що є критичним в умовах цифровізації. Впровадження бізнес-аналітики, хмарних технологій та автоматизація операцій у банках та фінансових компаніях.

Отже, подальший розвиток цифровізації має ґрунтуватися на комплексному підході, що поєднує впровадження інноваційних технологій, ефективне державне регулювання та системне підвищення фінансової грамотності населення.

Список літератури

1. Національний банк України. Стратегія розвитку фінансового сектору України до 2025 року. – 2020. – URL: <https://bank.gov.ua>
2. Міністерство цифрової трансформації України. Цифрова економіка та суспільство України. – 2021. – URL: <https://thedigital.gov.ua>
3. Закон України «Про платіжні послуги» № 1591-IX від 30.06.2021.
4. Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку. Розвиток ринку віртуальних активів в Україні. – 2022.
5. Національний банк України. Звіт про фінансову стабільність. – 2023. – URL: <https://bank.gov.ua>
6. Науковий вісник – 2025 – <https://visnyk-juris-uzhnu.com/wp-content/uploads/2025/09/443.pdf#:~:text=Сучасні%20технології%20відіграють%20Оважливу%20роль%20в%20оновленні,місце%20серед%20них%20посідає%20га лузь%20штучного%20інтелекту.>

УДК 657.1:004.8

ЦИФРОВІЗАЦІЯ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФІНАНСОВУ ЗВІТНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ

Бащук І.Г., к.е.н, доц.
Нечитайло К. І., здобувач РВО бакалавр,
Харківський національний економічний ім. Семена Кузнеця
Kateryna.Nechytailo@hneu.net

Анотація. У статті досліджено особливості цифровізації бухгалтерського обліку та вплив сучасних інформаційних технологій на формування фінансової звітності підприємств. Розглянуто основні напрями автоматизації облікових процесів, визначено їх переваги, недоліки та перспективи розвитку.

Ключові слова: бухгалтерський облік, цифровізація, автоматизація, фінансова звітність, інформаційні технології, ефективність

Сучасний розвиток економіки характеризується активним впровадженням цифрових технологій у всі сфери діяльності підприємств, що зумовлює суттєві зміни в організації та веденні бухгалтерського обліку. Цифровізація стає одним із ключових факторів підвищення ефективності функціонування підприємств, оскільки забезпечує швидкий доступ до інформації, її обробку та аналіз у режимі реального часу. В умовах зростання обсягів інформації та ускладнення господарських процесів традиційні методи ведення бухгалтерського обліку вже не повною мірою відповідають сучасним вимогам. Саме тому все більшого значення набуває використання інформаційних технологій, які дозволяють автоматизувати облікові процеси, мінімізувати вплив людського фактора та підвищити достовірність фінансових даних.

Серед сучасних цифрових рішень, що активно впроваджуються у сфері бухгалтерського обліку, варто виділити автоматизовані облікові системи, хмарні технології, технології штучного інтелекту, а також інструменти обробки великих даних. Їх використання сприяє не лише підвищенню ефективності облікових процесів, але й покращенню якості фінансової звітності підприємств, забезпечуючи її своєчасність, точність і прозорість. [1, с. 7]

Водночас цифровізація бухгалтерського обліку супроводжується рядом проблемних аспектів. Зокрема, актуальними залишаються питання забезпечення інформаційної безпеки, захисту конфіденційних даних, надійності програмного забезпечення, а також необхідності постійного підвищення кваліфікації фахівців у сфері обліку. Крім того, існує ризик надмірної залежності підприємств від інформаційних систем та технічних засобів.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває дослідження впливу сучасних інформаційних технологій на організацію бухгалтерського обліку та формування фінансової звітності підприємств, що дозволить визначити основні тенденції розвитку та окреслити перспективи подальшого вдосконалення облікових процесів.

Питання цифровізації бухгалтерського обліку та впровадження сучасних інформаційних технологій у фінансову діяльність підприємств активно досліджуються як вітчизняними, так і зарубіжними науковцями.

Значний внесок у розвиток даного напрямку зробили такі вчені, як І. Бланк, Ф. Бутинець, Л. Сук, М. Пушкар, С. Головацька та інші. У наукових працях зазначених авторів розглядаються теоретичні та практичні аспекти організації бухгалтерського обліку в умовах цифрової економіки, зокрема питання автоматизації облікових процесів, використання інформаційних систем та впливу цифрових технологій на якість фінансової звітності. Так, дослідники підкреслюють, що впровадження автоматизованих систем обліку сприяє підвищенню точності облікових даних, зменшенню кількості помилок та прискоренню процесу формування звітності. [2, с. 71]

Окрему увагу у сучасних дослідженнях приділено використанню хмарних технологій та штучного інтелекту в бухгалтерському обліку. Зокрема, зазначається, що хмарні сервіси забезпечують доступ до облікової інформації в режимі реального часу, а технології штучного інтелекту дозволяють автоматизувати рутинні операції та підвищити ефективність обробки великих обсягів даних.

Водночас у науковій літературі наголошується на наявності певних проблем, пов'язаних із цифровізацією обліку. До них відносять ризики кібербезпеки, можливість втрати або викривлення інформації, а також необхідність адаптації фахівців до нових умов цифрового середовища. Незважаючи на значну кількість досліджень, окремі аспекти впливу сучасних інформаційних технологій на формування фінансової звітності підприємств потребують подальшого вивчення. Зокрема, недостатньо дослідженими залишаються питання комплексного використання цифрових інструментів та оцінки їх ефективності в умовах сучасної економіки.

Метою дослідження є визначення впливу процесів цифровізації бухгалтерського обліку на формування фінансової звітності підприємств, а також узагальнення сучасних інформаційних технологій, що застосовуються в обліковій практиці, визначення їх переваг, недоліків і перспектив подальшого розвитку.

У сучасних умовах господарювання цифровізація стає одним із ключових напрямів розвитку бухгалтерського обліку. Вона передбачає впровадження інформаційних технологій у процеси збору, обробки, зберігання та передачі облікової інформації, що сприяє підвищенню ефективності функціонування підприємств та забезпечує більш високий рівень достовірності фінансових даних. У процесі дослідження було визначено, що одним із основних напрямів цифровізації бухгалтерського обліку є автоматизація облікових процесів. Використання спеціалізованих програмних продуктів дозволяє значно спростити ведення бухгалтерського обліку, скоротити витрати часу на обробку первинних документів та мінімізувати вплив людського фактора. [3]

Автоматизовані системи забезпечують швидке формування фінансової звітності, що є особливо важливим в умовах динамічного бізнес-середовища. Визначено, що важливу роль у розвитку бухгалтерського обліку відіграють

хмарні технології, які надають можливість доступу до облікових даних у будь-який час і з будь-якого місця. Це значно підвищує мобільність управління підприємством та сприяє оперативному прийняттю управлінських рішень. Крім того, хмарні сервіси дозволяють забезпечити централізоване зберігання інформації та зменшити витрати на технічне обслуговування. Можна зробити висновок, що використання технологій штучного інтелекту та аналітики великих даних суттєво розширює можливості бухгалтерського обліку. Застосування таких технологій дозволяє автоматизувати рутинні облікові операції, здійснювати аналіз значних обсягів фінансової інформації та виявляти приховані закономірності. Це підвищує аналітичну цінність фінансової звітності та її значення для прийняття управлінських рішень. У ході дослідження встановлено, що цифровізація бухгалтерського обліку має безпосередній вплив на процес формування фінансової звітності підприємств. Наприклад, впровадження сучасних інформаційних технологій забезпечує підвищення точності облікових даних, зменшення кількості помилок та скорочення часу підготовки звітності. Крім того, цифрові рішення сприяють підвищенню прозорості фінансової інформації, що є важливим фактором для інвесторів, кредиторів та інших зацікавлених сторін. Разом з тим встановлено, що цифровізація бухгалтерського обліку супроводжується певними ризиками. [4, с. 16]

Серед основних проблем цифровізації обліку можна виділити низку суттєвих викликів, які потребують особливої уваги. Передусім це загрози кібербезпеки, що включають можливість несанкціонованого доступу до конфіденційних фінансових даних, їх викрадення чи спотворення. Такі ризики створюють небезпеку для стабільності підприємства та довіри з боку партнерів і клієнтів. Другою важливою проблемою є залежність підприємств від програмного забезпечення та технічних засобів: у випадку збоїв або некоректної роботи систем може виникнути загроза порушення облікових процесів. Крім того, впровадження сучасних технологій вимагає значних інвестицій у придбання ліцензій, оновлення обладнання та забезпечення безперервної технічної підтримки. Не менш важливим є й підвищення рівня кваліфікації працівників, адже ефективне використання нових інструментів можливе лише за умови належної професійної підготовки.

Таким чином, результати проведеного дослідження свідчать, що цифровізація бухгалтерського обліку змінює не лише технічну сторону облікових процесів, але й трансформує саму роль бухгалтера. Він поступово переходить від виконання рутинних операцій до аналітичної, контрольної та управлінської діяльності, стаючи активним учасником процесу прийняття рішень. Це підвищує значення бухгалтерського обліку як важливого інструменту стратегічного управління підприємством, що забезпечує його конкурентоспроможність у сучасних умовах. [5, 6]

Таким чином, цифровізація бухгалтерського обліку змінює не лише технічну сторону облікових процесів, але й трансформує саму роль бухгалтера. Він поступово переходить від виконання рутинних операцій до аналітичної, контрольної та управлінської діяльності, стаючи активним учасником процесу

прийняття рішень. Це підвищує значення бухгалтерського обліку як важливого інструменту стратегічного управління підприємством, що забезпечує його конкурентоспроможність у сучасних умовах.

Доведено, що використання цифрових рішень дозволяє мінімізувати вплив людського фактора, скоротити витрати часу на обробку облікових даних та підвищити аналітичну цінність фінансової звітності, що, у свою чергу, позитивно впливає на прийняття управлінських рішень. Разом з тим встановлено, що процес цифровізації супроводжується низкою проблем, серед яких основними є ризики кібербезпеки, залежність від інформаційних систем та необхідність підвищення кваліфікації фахівців у сфері бухгалтерського обліку. Отже, цифровізація бухгалтерського обліку є невід'ємною складовою розвитку сучасної економіки, що відкриває нові можливості для підвищення ефективності діяльності підприємств. Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є більш детальне вивчення можливостей застосування штучного інтелекту та аналітики великих даних у бухгалтерському обліку, а також оцінка ефективності цифрових технологій у процесі формування фінансової звітності підприємств.

Список літератури

1. Бутинець Ф. Ф. Бухгалтерський облік: проблеми визначення. // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. Технічні науки. – 2001. – № 17. – С. 3-14.
2. Безручук С. Л., Грабчук І. Л. Основні концепції впливу цифровізації на якість бухгалтерського обліку. // Економіка, управління та адміністрування. – 2021. – № 4(98). – С. 69-74. URL: [https://doi.org/10.26642/ema-2021-4\(98\)-69-74](https://doi.org/10.26642/ema-2021-4(98)-69-74)
3. Гаркуша С., Бабенко О., Радчук О. Інноваційні фахові технології як чинник цифрової модернізації бухгалтерського обліку. // Економіка та суспільство. – 2025. – № 79. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-79-94>
4. Головацька С. І. Системи електронного обліку і звітності підприємств: актуальні аспекти. // Підприємництво і торгівля. – 2021. – № 32. – С. 11-16. URL: <https://doi.org/10.36477/2522-1256-2021-32-02>
5. Кудлаєва Н. В., Косташ Т. В., Михалків А. А. Вплив цифрових технологій на трансформацію системи бухгалтерського обліку в Україні. // Zenodo (інформаційний ресурс). – 2025. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14635426>
6. Якубишин О. Цифровізація обліку розрахунків за податками сільськогосподарських підприємств. // Економіка та суспільство. – 2025. – № 82. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-82-11>

УДК 004.8:330

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОБОТІ БУХГАЛТЕРА, ЕКОНОМІСТА ТА БІЗНЕС-АНАЛІТИКА

Башук І.Г., к.е.н., доц.

Скрипка О.В., здобувач РВО бакалавр

Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця

Oleksandr.Skrypka@hneu.net

Анотація. У статті досліджено сутність штучного інтелекту та його роль в економіці, а також особливості використання ШІ в діяльності бухгалтера, економіста та бізнес-аналітика. Розглянуто основні напрями застосування, переваги, недоліки та перспективи розвитку штучного інтелекту в сучасних умовах цифрової трансформації.

Ключові слова: штучний інтелект, автоматизація, бухгалтерський облік, економіка, бізнес-аналітика, цифровізація

У сучасних умовах цифрової трансформації економіки все більшого значення набувають інноваційні технології. Однією з найважливіших серед них є штучний інтелект (ШІ), який активно впроваджується в різні сфери діяльності. Актуальність теми полягає в тому, що професії бухгалтера, економіста та бізнес-аналітика зазнають суттєвих змін під впливом автоматизації. ШІ дозволяє обробляти великі обсяги інформації, підвищувати точність розрахунків і приймати більш обґрунтовані рішення. Метою роботи є дослідження особливостей використання штучного інтелекту в діяльності бухгалтера, економіста та бізнес-аналітика.

Штучний інтелект – це технологія, яка дозволяє комп'ютерним системам виконувати завдання, що потребують людського інтелекту. До них належать аналіз інформації, навчання, прогнозування та прийняття рішень. Основними компонентами ШІ є машинне навчання, нейронні мережі та аналіз великих даних. [1] Саме ці технології дозволяють системам працювати з великими обсягами інформації та знаходити закономірності. У сучасній економіці ШІ відіграє важливу роль. Він використовується для автоматизації процесів, аналізу ринку, прогнозування та оптимізації діяльності підприємств. Як зазначають McKinsey & Company, впровадження ШІ сприяє підвищенню продуктивності та конкурентоспроможності бізнесу. [2]

Сучасна бухгалтерія активно змінюється під впливом цифрових технологій. Штучний інтелект дозволяє автоматизувати значну частину роботи. По-перше, це автоматизація облікових процесів. Програми можуть самостійно обробляти документи та формувати бухгалтерські записи. По-друге, підвищується точність обліку. Системи дозволяють уникати помилок, які можуть виникати через людський фактор. Також ШІ використовується у фінансовому контролі та аудиті. Він допомагає виявляти помилки та ризики. Крім того, значно спрощується процес формування звітності. За даними PwC, автоматизація дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи. [3]

Економісти використовують ШІ для аналізу даних та прогнозування. ШІ дозволяє прогнозувати економічні показники, аналізувати ринок та оцінювати

ефективність діяльності підприємства. Також важливим є аналіз великих даних, що дозволяє отримувати точні результати. Як зазначає OECD, використання ШІ підвищує ефективність економічного аналізу.

У сучасному бізнес-середовищі бізнес-аналітик відіграє важливу роль у прийнятті управлінських рішень. Основне його завдання полягає в аналізі даних, виявленні проблем та пошуку шляхів їх вирішення. Використання штучного інтелекту значно розширює можливості бізнес-аналітиків і підвищує ефективність їх роботи. [5]

Одним із ключових напрямів використання ШІ є аналіз поведінки клієнтів. Сучасні компанії мають доступ до великої кількості даних про своїх споживачів: історія покупок, поведінка на сайті, вподобання тощо. Штучний інтелект дозволяє обробляти ці дані та визначати закономірності. Наприклад, система може передбачити, які товари зацікавлять клієнта, або коли він з більшою ймовірністю здійснить покупку. Це дає змогу компаніям створювати персоналізовані пропозиції та підвищувати рівень продажів.

Ще одним важливим напрямом є виявлення тенденцій і закономірностей. ШІ здатний аналізувати великі масиви даних і знаходити приховані зв'язки, які складно помітити людині. Це дозволяє бізнес-аналітикам прогнозувати зміни на ринку, виявляти нові можливості для розвитку та своєчасно реагувати на ризики.

Важливу роль ШІ відіграє і в оптимізації бізнес-процесів. За допомогою аналізу даних можна визначити, які процеси є неефективними, де виникають затримки або зайві витрати. Штучний інтелект може запропонувати варіанти покращення, що дозволяє підвищити продуктивність та знизити витрати підприємства.

Крім того, ШІ використовується для підтримки прийняття управлінських рішень. Системи можуть аналізувати різні варіанти розвитку подій і пропонувати найбільш оптимальні рішення. Це особливо важливо в умовах невизначеності, коли необхідно швидко реагувати на зміни ринку. Як зазначає Deloitte, використання аналітики на базі штучного інтелекту дозволяє компаніям значно підвищити свою конкурентоспроможність. [4]

Використання штучного інтелекту має значну кількість переваг. Перш за все, це автоматизація процесів. Багато завдань виконуються швидше та ефективніше. Також важливою є економія часу. ШІ дозволяє обробляти великі обсяги інформації за короткий час. Ще однією перевагою є підвищення точності. Системи зменшують кількість помилок. Крім того, ШІ дозволяє здійснювати глибокий аналіз даних і приймати більш обґрунтовані рішення.

Разом із перевагами існують і недоліки. Серед них – ризик скорочення робочих місць, залежність від технологій, висока вартість впровадження та ризики кібербезпеки. Також важливою проблемою є необхідність навчання персоналу.

Штучний інтелект є однією з найбільш перспективних технологій сучасності, і його роль у майбутньому буде лише зростати. Уже сьогодні можна спостерігати активне впровадження ШІ у різні сфери економіки, і цей процес буде продовжуватися. Однією з головних тенденцій є подальша автоматизація

бізнес-процесів. У майбутньому більшість рутинних операцій буде виконуватися автоматично. Це стосується бухгалтерського обліку, фінансового аналізу, обробки документів та інших процесів. У результаті працівники зможуть зосередитися на більш складних та творчих завданнях.

Ще одним важливим напрямом є розвиток аналітичних систем. ШІ стане ще більш точним і здатним до глибшого аналізу даних. Це дозволить підприємствам приймати більш обґрунтовані рішення та ефективніше планувати свою діяльність.

Також очікується зростання попиту на фахівців із цифровими навичками. Професії бухгалтера, економіста та бізнес-аналітика не зникнуть, але зміняться. Від працівників вимагатиметься не лише знання своєї спеціальності, але й розуміння сучасних технологій.

Крім того, можна очікувати появу нових професій, пов'язаних із використанням штучного інтелекту. Водночас важливим питанням залишаються етичні та правові аспекти використання ШІ. Необхідно забезпечити захист даних, прозорість алгоритмів та контроль за їх використанням. Як зазначає OECD, розвиток штучного інтелекту повинен супроводжуватися відповідним регулюванням і відповідальним використанням технологій.

Отже, у ході дослідження було встановлено, що штучний інтелект є важливим інструментом сучасної цифрової економіки, який дозволяє автоматизувати бізнес-процеси, підвищити точність обробки інформації та покращити якість прийняття управлінських рішень. Його використання в діяльності бухгалтера, економіста та бізнес-аналітика відкриває нові можливості, однак потребує відповідального підходу та адаптації до нових умов.

Список літератури

1. Russell S., Norvig P. Artificial intelligence: a modern approach. (2021). 4th ed. Pearson, 1166 p. URL: http://lib.yasu.am/disciplines_bk/efdd4d1d4c2087fe1cbe03d9ced67f34.pdf.
2. The State of AI in 2023: Generative AI's breakout year 2023. / McKinsey & Company. Report. (2023) URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai>.
3. Sizing the prize: What's the real value of AI for your business? / PwC. – 2017. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/data-and-analytics/publications/artificial-intelligence-study.html>.
4. State of AI in the Enterprise. / Deloitte. Report. – 2026. – 40 p. URL: <https://www2.deloitte.com>.
5. Artificial Intelligence in Society. / OECD. Report. – 2019. URL: <https://www.oecd.org/going-digital/ai/>.

УДК 631.145:004.9:339.13

МОДЕЛЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ГОСПОДАРСЬКОГО МЕХАНІЗМУ РЕАЛІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Бернацький О.Є., здобувач РВО доктор філософії (PhD)
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, yubio@ukr.net

Анотація. Досліджено формування моделі цифровізації господарського механізму реалізації сільськогосподарської продукції. Розглянуто сучасні тенденції розвитку аграрного ринку в умовах цифрової трансформації економіки та посилення конкуренції. Визначено ключові проблеми традиційних механізмів збуту аграрної продукції та обґрунтовано необхідність їх модернізації на основі цифрових технологій. Запропоновано концептуальні підходи до побудови цифрової моделі господарського механізму реалізації сільськогосподарської продукції, яка базується на використанні електронних торговельних платформ, цифрової логістики, аналітики даних та автоматизованих систем управління. Доведено, що цифровізація сприяє підвищенню ефективності збуту, скороченню витрат та розширенню ринків збуту аграрної продукції.

Ключові слова: цифровізація, господарський механізм, сільськогосподарська продукція, аграрний ринок, збут продукції, цифрові платформи, логістика, агробізнес, електронна комерція, управління реалізацією

Сучасний аграрний сектор економіки перебуває у стані активної трансформації, що зумовлена глобалізаційними процесами, розвитком цифрових технологій та зміною вимог споживачів. Особливого значення набуває ефективна організація процесів реалізації сільськогосподарської продукції, оскільки саме збут визначає фінансові результати діяльності аграрних підприємств. У цих умовах традиційні підходи до господарського механізму реалізації продукції поступово втрачають свою ефективність, що зумовлює необхідність їх цифрової трансформації [1].

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розробка моделі цифровізації господарського механізму реалізації сільськогосподарської продукції, а також визначення її впливу на ефективність збуту, розвиток аграрного ринку та підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств.

Господарський механізм реалізації сільськогосподарської продукції включає систему економічних, організаційних та управлінських відносин, які забезпечують рух продукції від виробника до кінцевого споживача. До його основних елементів належать планування збуту, ціноутворення, логістика, маркетинг та взаємодія з посередниками. В умовах цифровізації ці елементи зазнають суттєвих змін, що пов'язані з автоматизацією процесів та впровадженням інформаційних технологій [2].

Одним із ключових напрямів цифровізації є розвиток електронних торговельних платформ, які дозволяють агровиробникам безпосередньо взаємодіяти з покупцями, мінімізуючи роль посередників. Це сприяє зниженню витрат на реалізацію продукції та підвищенню її рентабельності. Крім того, такі

платформи забезпечують прозорість ринку та розширюють доступ до нових каналів збуту [3].

Важливу роль у цифровій моделі господарського механізму відіграє цифрова логістика, яка базується на використанні систем відстеження, GPS-моніторингу та автоматизованого управління поставками. Це дозволяє оптимізувати транспортні витрати, скоротити час доставки продукції та підвищити її якість за рахунок дотримання умов зберігання. Не менш важливим елементом є використання аналітики великих даних (Big Data), яка дозволяє прогнозувати попит, аналізувати ринкові тенденції та формувати ефективні стратегії збуту. Завдяки цьому аграрні підприємства можуть приймати більш обґрунтовані управлінські рішення та адаптуватися до змін ринкового середовища [4].

Цифровізація господарського механізму також передбачає активне використання електронних систем документообігу, автоматизованих систем управління підприємством (ERP) та цифрових маркетингових інструментів. Це сприяє підвищенню прозорості бізнес-процесів, зменшенню адміністративних витрат та покращенню координації між учасниками аграрного ринку. Особливу увагу слід приділити інтеграції аграрних підприємств у глобальні цифрові екосистеми, що відкриває доступ до міжнародних ринків збуту. Це дозволяє підвищити конкурентоспроможність української сільськогосподарської продукції та зміцнити позиції країни на світовому аграрному ринку.

Таким чином, цифровізація господарського механізму реалізації сільськогосподарської продукції є важливим напрямом розвитку аграрного сектору, що забезпечує підвищення ефективності збутових процесів та сприяє інтеграції у світову економіку.

Формування моделі цифровізації господарського механізму реалізації сільськогосподарської продукції є необхідною умовою підвищення ефективності аграрного сектору в сучасних умовах. Використання цифрових платформ, аналітики даних, автоматизованих систем управління та цифрової логістики дозволяє значно оптимізувати процеси збуту продукції, зменшити витрати та розширити ринки реалізації. У результаті цифровізація забезпечує підвищення конкурентоспроможності аграрних підприємств, їх адаптацію до глобальних викликів та сприяє сталому розвитку аграрної економіки.

Список літератури

1. Саблук П. Т. Аграрна економіка і політика України: підручник. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2019. 778 с.
2. Shcherbina V., Ponomarenko V. Digital Transformation of Agricultural Markets and Logistics. *Economics of Agriculture*. 2021. Vol. 68(3). P. 745–760.
3. Ткачук В. А. Цифровізація аграрного сектору економіки України: стан та перспективи розвитку. *Економіка АПК*. 2022. № 5. С. 45–53.
4. Гавриш О. А., Довгань Л. Є., Крейдич І. М. Цифрова трансформація управління підприємством: монографія. Київ: КПІ, 2021. 296 с.

УДК 336.225:631:004

ЦИФРОВІ МЕТОДИ ЕКОНОМІКО-СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОДАТКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ФІНАНСОВУ СТІЙКІСТЬ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Захарова О.А., здобувач РВО бакалавр

Макогон В.В., к.е.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

м. Харків, Україна,; v.makogon@biotechuniv.edu.ua

Анотація. Досліджено вплив податкового навантаження на фінансову стійкість аграрних підприємств із використанням цифрових методів моделювання.

Ключові слова: податкове навантаження; фінансова стійкість; аграрний сектор; економіко-статистичне моделювання; цифрові технології

Проблема податкового навантаження в аграрному секторі України є надзвичайно актуальною, оскільки вона безпосередньо впливає на фінансові результати та стійкість підприємств. В умовах нестабільності економічного середовища та високої залежності аграрного виробництва від зовнішніх факторів податкові зобов'язання стають визначальним чинником у формуванні конкурентоспроможності та інвестиційної привабливості галузі.

Сучасні тенденції розвитку економіки свідчать про необхідність застосування цифрових технологій та статистичних методів для комплексної оцінки впливу податкового навантаження. Використання економіко-статистичного моделювання дозволяє не лише виявити взаємозв'язки між рівнем оподаткування та фінансовими результатами, а й прогнозувати можливі сценарії розвитку підприємств. Інтеграція цифрових інструментів у процес аналізу забезпечує прозорість, точність та оперативність управлінських рішень, що є ключовим чинником підвищення фінансової стійкості аграрних підприємств. Фінансова стійкість підприємства розглядається як здатність суб'єкта господарювання забезпечувати стабільність свого функціонування, виконувати зобов'язання перед державою, кредиторами та партнерами, а також підтримувати достатній рівень ліквідності й платоспроможності. Ключовими показниками фінансової стійкості виступають коефіцієнти автономії, ліквідності, рентабельності та оборотності активів, які у сукупності відображають здатність підприємства протистояти зовнішнім ризикам і забезпечувати розвиток. Податкове навантаження відіграє визначальну роль у формуванні фінансових результатів, адже воно безпосередньо впливає на структуру витрат, рівень прибутковості та можливості інвестування. Надмірне навантаження може призвести до зниження рентабельності та втрати конкурентних позицій, тоді як оптимальне співвідношення податкових зобов'язань і доходів створює умови для стійкого розвитку підприємства.

Економіко-статистичне моделювання відкриває широкі можливості для аналізу взаємозв'язків між податковим навантаженням та фінансовими результатами. Використання методів кореляційно-регресійного аналізу, факторного моделювання та економетричних підходів дозволяє кількісно

оцінити силу та напрям впливу податків на фінансову стійкість. Це забезпечує науково обґрунтовану основу для прийняття управлінських рішень, прогнозування сценаріїв розвитку та розробки стратегій оптимізації податкової політики підприємств. Таким чином, узагальнені теоретичні положення щодо фінансової стійкості та ролі податкового навантаження створюють основу для застосування сучасних методів кількісного аналізу. Водночас ефективність такого аналізу у сучасних умовах значною мірою залежить від використання цифрових інструментів, здатних забезпечити обробку великих масивів даних, автоматизацію розрахунків та підвищення точності прогнозів.

Для поглибленого аналізу впливу податкового навантаження на фінансові результати та стійкість підприємств у дослідженні використано фактичні дані одного з аграрних підприємств за період 2023–2025 рр. До масиву даних увійшли показники податкового навантаження (у відсотках до доходу), прибутковості та коефіцієнтів фінансової стійкості. Саме ці дані стали основою для побудови економіко-статистичної моделі у програмному середовищі Python, що дозволило здійснити кількісну оцінку залежності фінансових результатів від рівня податкового навантаження.

Застосування пакету *statsmodels* дало змогу реалізувати регресійний аналіз, у якому рентабельність підприємства виступала залежною змінною, а податкове навантаження – незалежною. Отримані коефіцієнти моделі показали статистично значущий негативний вплив податкових зобов'язань на фінансові результати ($R^2 > 0,85$; $p < 0,05$). Це свідчить про те, що навіть відносно невелике зростання податкового навантаження призводить до суттєвого зниження рентабельності та коефіцієнта фінансової стійкості.

Для перевірки достовірності результатів було використано стандартні статистичні критерії (t-статистика, F-тест), що підтвердили адекватність моделі. Крім того, застосування цифрових інструментів дозволило здійснити візуалізацію отриманих залежностей, що значно підвищує наочність та практичну цінність дослідження. Таким чином, інтеграція фактичних даних підприємства у цифрове середовище аналізу забезпечує: прозорість процесу моделювання; точність кількісних оцінок; оперативність отримання результатів; можливість прогнозування сценаріїв розвитку підприємств залежно від рівня податкового навантаження.

Цей підхід демонструє, що цифрові інструменти не є лише допоміжними засобами, а виступають ключовим елементом сучасної методології економіко-статистичного моделювання, формуючи науково обґрунтовану основу для розробки стратегій оптимізації податкової політики та забезпечення фінансової стійкості аграрних підприємств.

На основі фактичних даних одного з аграрних підприємств за період 2023–2025 рр. було здійснено економіко-статистичне моделювання впливу податкового навантаження на фінансові результати та стійкість. У дослідженні використано показники податкового навантаження, прибутковості та коефіцієнтів фінансової стійкості, які інтегровані у програмне середовище Python для побудови регресійної моделі.


```
# -*- coding: utf-8 -*-
'''
    Tax Modeling Script
    Цифрові методи економіко-статистичного моделювання впливу
    податкового навантаження на фінансову стійкість аграрних
    підприємств.
'''
import pandas as pd
import statsmodels.api as sm
import matplotlib.pyplot as plt

# Фактичні дані одного аграрного підприємства за 2023–2025 рр.
data = {
    "Year": "2023, 2024, 2025",
    "TaxLoad": [25, 28, 30], # Податкове навантаження (% від доходу)
    "Profitability": [12, 9, 7], # Рентабельність (%)
    "Stability": [0.65, 0.58, 0.52] # Коефіцієнт фінансової стійкості
}
df = pd.DataFrame(data)

# Побудова простої регресійної моделі: рентабельність ~ податкове навантаження
X = sm.add_constant(df["TaxLoad"])
y = df["Profitability"]
model = sm.OLS(y, X).fit()
print(model.summary())

# Візуалізація залежності
plt.scatter(df["TaxLoad"], df["Profitability"], color="blue", label="Фактичні дані")
plt.plot(df["TaxLoad"], model.predict(X),
         color="red", label="Регресійна лінія")
plt.xlabel("Податкове навантаження (%)")
plt.ylabel("Рентабельність (%)")
plt.title("Вплив податкового навантаження на рентабельність")
plt.legend()
plt.show()
```

Рис. 1 Фрагмент скрипту оцінки залежності фінансової стійкості від рівня податкового навантаження

Застосування інструментарію *statsmodels* дозволило оцінити залежність рентабельності від рівня податкового навантаження. Результати моделі показали, що підвищення податкового навантаження з 25% до 30% супроводжується зниженням рентабельності з 12% до 7% та коефіцієнта фінансової стійкості з 0,65 до 0,52. Отримані коефіцієнти регресії підтвердили статистично значущий негативний вплив податкових зобов'язань на фінансові результати підприємства ($R^2 > 0,85$; $p < 0,05$). Додатково було

проведено багатофакторний аналіз, у якому враховано інвестиційну активність та рівень операційних витрат. Це дозволило виявити, що податкове навантаження має найбільш сильний вплив на рентабельність, тоді як інвестиційна активність частково компенсує негативний ефект, забезпечуючи збереження фінансової стійкості навіть за умов зростання податкових зобов'язань. Візуалізація результатів у цифровому середовищі дала змогу побудувати графіки залежності рентабельності від податкового навантаження та визначити критичні точки, після яких фінансова стійкість підприємства суттєво знижується. Це створює практичну основу для прогнозування сценаріїв розвитку та розробки стратегій оптимізації податкової політики.

Проведене економіко-статистичне моделювання із застосуванням цифрових інструментів на основі фактичних даних аграрного підприємства підтвердило визначальну роль податкового навантаження у формуванні фінансових результатів та стійкості господарюючих суб'єктів. Використання програмного середовища Python забезпечило можливість побудови регресійних моделей, які кількісно відобразили силу та напрям впливу податкових зобов'язань на рентабельність і коефіцієнти фінансової стійкості.

Отримані результати засвідчили, що підвищення податкового навантаження навіть на кілька відсоткових пунктів призводить до суттєвого зниження прибутковості та погіршення фінансових показників підприємства. Водночас багатофакторний аналіз показав, що інвестиційна активність та оптимізація витрат можуть частково компенсувати негативний ефект, створюючи умови для збереження фінансової стійкості.

Наукова новизна дослідження полягає у поєднанні традиційних економіко-статистичних методів із сучасними цифровими технологіями, що дозволяє не лише здійснювати ретроспективний аналіз, а й формувати прогнозні сценарії розвитку підприємств. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх інтеграції у систему стратегічного управління аграрними підприємствами та використанні для розробки рекомендацій щодо оптимізації податкової політики. Таким чином, цифрові інструменти економіко-статистичного моделювання стають ключовим елементом сучасної методології дослідження фінансової стійкості, забезпечуючи прозорість, точність та наукову обґрунтованість управлінських рішень у сфері податкового регулювання.

Список літератури

1. Мартиненко В. В., Мискін Ю. І., Палюх О. М. Податкове навантаження на економіку України: формування, оцінювання, прогнозування // *Збірник наукових праць Державного податкового університету*. – 2022. – №1. – С. 35–56. DOI: 10.33244/2617-5940.1.2022.35-56
2. Стець О. В., Зубик А. О. Моделювання оцінки впливу податкового навантаження на стан бюджету країни // *Наукові праці НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*. – 2021. – №3. – С. 47–59.
3. Кізима Т. О. Фінансова стійкість підприємств: теоретичні основи та методи оцінювання // *Фінанси України*. – 2020. – №7. – С. 25–38.
4. Бланк І. А. Фінансовий менеджмент: навч. посібник. – Київ: Ніка-Центр, 2019. – 640 с.
5. OECD. *Tax Policy Reforms 2023: OECD and Selected Partner Economies*. – Paris: OECD Publishing, 2023. – 180 p.
6. Barro R. J., Sala-i-Martin X. *Economic Growth*. – 2nd ed. – Cambridge, MA: MIT Press, 2004. – 672 p.
7. Gujarati D. N., Porter D. C. *Basic Econometrics*. – 5th ed. – New York: McGraw-Hill, 2009. – 922 p.
8. Wooldridge J. M. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. – 7th ed. – Boston: Cengage Learning, 2020. – 912 p.
9. Мельник В. І. Економіко-математичне моделювання у фінансових дослідженнях: монографія. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2021. – 320 с.
10. IMF. *Tax Policy for Inclusive Growth*. – Washington, DC: International Monetary Fund, 2022. – 95 p.

УДК 336.76

ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВОЮ БЕЗПЕКОЮ ПІДПРИЄМСТВА

Близнюк О.П., к.е.н., доц.
Омельченко М.Д., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, bliznukoksanap@gmail.com

Анотація. Стратегія управління фінансовою безпекою визначається як поєднання сучасних принципів, функцій та завдань, а також комплексний інформаційно-аналітичний інструмент для діагностики та прогнозування просторово-динамічного стану та рівня фінансової безпеки підприємства.

Ключові слова: фінансова безпека підприємства, стратегія управління, фінансовий менеджмент, функціональні стратегії, системні підходи, стратегічні альтернативи

Обґрунтування концепції та подальшої розробки стратегії управління фінансовою безпекою як функціонального компонента загальної стратегії підприємства є центральним завданням фінансового менеджменту. Логіка структурування складного процесу розробки та впровадження такої стратегії передбачає існування послідовних та взаємопов'язаних етапів:

- визначення місії, мети, цільової структури та позиціонування стратегії управління фінансовою безпекою в загальній структурі корпоративної стратегії;
- виявлення зовнішніх та внутрішніх небезпек та загроз, а також діагностика стану фінансової безпеки підприємства;
- обґрунтування концепції та системних підходів до стратегічного управління фінансовою безпекою підприємства;
- аналіз стратегічних альтернатив та розробка функціональної стратегії управління фінансовою безпекою підприємства в рамках відповідної фінансової та загальної корпоративної стратегії;
- обґрунтування та систематизація компонентів механізму фінансового менеджменту для забезпечення розробки та впровадження обраної стратегії управління фінансовою безпекою в рамках загальної системи управління підприємством.

Структурну та логічну основу послідовності фаз, що беруть участь у формуванні та впровадженні стратегії управління фінансовою безпекою, можна подати як підпорядкованість компонентів відповідних функціональних фінансових, конкурентних та загальних корпоративних стратегій.

Обґрунтування концепції та системних підходів до управління фінансовою безпекою підприємства відображається в розробленій та прийнятій стратегії управління фінансовою безпекою. Поняття «концепція корпоративної безпеки» деякими вченими тлумачиться як цілісне та системне розуміння, бачення та уявлення про способи усунення загроз, що фактично або потенційно загрожують підприємству зсередини та зовні, а також мінімізації можливих шкідливих наслідків.

У наукових працях деяких авторів концепція стратегічного управління

фінансовою безпекою визначається як поєднання сучасних принципів, функцій та завдань, а також комплексний інформаційно-аналітичний інструмент для діагностики та прогнозування просторово-динамічного стану та рівня фінансової безпеки підприємства.

Спираючись на узагальнення наукових підходів, можна визначити стратегію управління фінансовою безпекою як бачення цілеспрямованої системи політик, методів, ресурсів та інструментів для вирішення стратегічних завдань, а також критеріїв їх оцінки. Мета полягає в забезпеченні прийнятного або зростаючого рівня фінансової безпеки підприємства з урахуванням показників поточного фінансового стану, ключових показників фінансової діяльності та прогнозованих перспектив соціально-економічного розвитку.

Діагностика стану фінансової безпеки підприємства та виявлення зовнішніх і внутрішніх ризиків і загроз базуються на внутрішніх та зовнішніх джерелах інформації. Внутрішні джерела інформації включають фінансову звітність підприємства, а також первинну бухгалтерську та операційну інформацію. Моніторинг зовнішнього середовища діяльності підприємства досягається шляхом збору та узагальнення інформації та аналітичних макроекономічних даних про національні та світові економічні події, а також чинного законодавства та нормативних актів.

Функціональна стратегія управління фінансовою безпекою підприємства спрямована на адаптацію її фінансово-економічної діяльності до динамічного та конкурентного зовнішнього та внутрішнього середовища з метою досягнення її стратегічних цілей та завдань.

Стратегія стабілізації передбачає розширення фінансової діяльності та досягнення позитивної динаміки розвитку підприємства. Стратегія зростання включає стратегію сталого зростання, основною метою якої є підтримка високого рівня фінансової безпеки, та стратегію помірному зростання, спрямовану на підвищення окремих складових фінансової безпеки.

Стратегія виживання застосовується в докризовий та кризовий періоди і спрямована на фінансову стабілізацію та адаптацію до ринкових умов, усунення фінансових загроз та зниження рівня ризику. Антикризова стратегія використовується компаніями, які перебувають у глибокій кризі або на межі банкрутства. Вона полягає у впровадженні швидких, скоординованих заходів.

Список літератури

1. Ареф'єв В. О. Формування фінансової стратегії в системі фінансової безпеки підприємства. URL: <http://jrn1.nau.edu.ua/>
2. Пономаренко О. Е. Формування стратегій фінансової безпеки суб'єктів господарювання промисловості: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.00.08. Харків: ХНЕУ, 2016. 21 с.
3. Малик О. В. Формування механізму управління фінансовою безпекою підприємства: дис. на здоб. наук. ступ. канд. екон. наук: спец. 08.00.04. Економіка та управління підприємствами. Хмельницький, 2021. С. 151-187.

УДК 336.225:631:004

ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОДАТКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Зателепа В.К., здобувач РВО бакалавр,
Макогон В.В., к.е.н., доц.
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, v.makogon@biotechuniv.edu.ua

Анотація. Досліджено податкове навантаження аграрних підприємств, визначено цифрові інструменти оптимізації та перспективи їх застосування.

Ключові слова: податкове навантаження; аграрний сектор; цифровізація; ERP-системи; Big Data; блокчейн; оптимізація

Аграрний сектор України є стратегічно важливою складовою національної економіки, проте він характеризується високим рівнем податкового навантаження, що суттєво впливає на фінансову стійкість та конкурентоспроможність підприємств. Актуальність проблеми оптимізації податкових зобов'язань зумовлена необхідністю забезпечення балансу між інтересами держави та можливостями аграрного бізнесу.

Додатковим викликом виступає нестабільність податкової політики, яка у поєднанні з високою чутливістю аграрного виробництва до зовнішніх факторів (цінові коливання, кліматичні ризики, геополітичні зміни) створює значні труднощі для довгострокового планування та розвитку підприємств.

У сучасних умовах особливого значення набуває використання цифрових технологій у фінансовому менеджменті та податковому плануванні. Інтеграція цифрових інструментів дозволяє автоматизувати процеси обліку, підвищити прозорість звітності, зменшити податкові ризики та забезпечити ефективне управління ресурсами аграрних підприємств. Саме тому дослідження цифрових рішень для оптимізації податкового навантаження є надзвичайно актуальним і має практичну цінність для аграрного сектору України. Податкове навантаження є важливим індикатором взаємодії між державою та суб'єктами господарювання, оскільки воно визначає рівень вилучення фінансових ресурсів на користь бюджету та впливає на інвестиційні можливості підприємств. У науковій літературі податкове навантаження трактується як співвідношення суми податкових платежів до фінансових результатів діяльності, що може вимірюватися через частку податків у доходах, прибутку або доданій вартості. Відповідно, показники податкового навантаження дозволяють оцінити ефективність податкової системи та її вплив на розвиток економіки.

Аграрний сектор має специфічні особливості, які суттєво впливають на формування податкових зобов'язань. По-перше, виробництво у сільському господарстві є сезонним, що зумовлює нерівномірність надходження доходів та ускладнює планування податкових платежів. По-друге, аграрна діяльність характеризується високою залежністю від природно-кліматичних умов, що створює ризики нестабільності фінансових результатів і, відповідно, податкових надходжень. По-третє, для аграрних підприємств застосовуються

спеціальні режими оподаткування, зокрема єдиний податок четвертої групи, а також податкові пільги, спрямовані на підтримку виробників, що формує неоднорідність у рівні податкового навантаження.

Крім того, структура витрат аграрних підприємств має значну частку матеріальних ресурсів та енергоносіїв, що впливає на собівартість продукції та базу оподаткування. Важливим чинником є також експортна орієнтація аграрного сектору, яка зумовлює специфіку валютних операцій та податкових зобов'язань у сфері зовнішньоекономічної діяльності.

Таким чином, теоретичні аспекти податкового навантаження в аграрному секторі поєднують загальні економічні категорії з галузевими особливостями, що потребує розробки спеціальних інструментів оптимізації та врахування цифрових рішень для підвищення ефективності податкового планування.

У сучасних умовах цифровізація стає ключовим чинником підвищення ефективності аграрного виробництва та фінансового управління. Використання цифрових інструментів дозволяє підприємствам не лише оптимізувати виробничі процеси, а й забезпечити прозорість та контроль у сфері оподаткування. Одним із найпоширеніших рішень є ERP-системи, які інтегрують бухгалтерський облік, управління ресурсами та фінансове планування в єдиному інформаційному середовищі. Це дає змогу автоматизувати процеси формування звітності, зменшити кількість помилок та своєчасно відстежувати податкові зобов'язання. Важливу роль відіграють хмарні платформи, що забезпечують доступ до даних у режимі реального часу та дозволяють підприємствам швидко адаптуватися до змін у податковому законодавстві. Використання таких сервісів сприяє зниженню витрат на ІТ-інфраструктуру та підвищує мобільність управлінських рішень.

Значний потенціал має застосування Big Data та аналітичних інструментів, які дозволяють прогнозувати фінансові результати та оцінювати податкові ризики. Завдяки аналізу великих масивів даних аграрні підприємства отримують можливість моделювати різні сценарії розвитку та обирати оптимальні стратегії податкового планування.

Окремо слід відзначити електронні сервіси Державної податкової служби України, які забезпечують подання звітності та сплату податків у дистанційному режимі. Це значно спрощує адміністрування податкових зобов'язань та зменшує адміністративне навантаження на підприємства.

Таким чином, сучасні цифрові рішення створюють основу для ефективного управління податковим навантаженням у аграрному секторі, сприяють зниженню ризиків та забезпечують прозорість фінансових процесів. Їх інтеграція у діяльність підприємств є необхідною умовою формування конкурентних переваг та стійкого розвитку галузі.

Оптимізація податкового навантаження в аграрному секторі є складним процесом, що поєднує економічні, правові та технологічні аспекти. Вона спрямована на пошук балансу між інтересами держави та можливостями підприємств, а також на забезпечення фінансової стійкості аграрного виробництва. У сучасних умовах ключову роль відіграють цифрові рішення, які

дозволяють автоматизувати облік, інтегрувати фінансові та виробничі дані, прогнозувати податкові ризики та формувати ефективні стратегії розвитку.

Податкове планування виступає базовим інструментом оптимізації, адже воно передбачає систематичне прогнозування податкових платежів, вибір оптимальних режимів оподаткування та моделювання можливих сценаріїв. Автоматизація обліку та звітності за допомогою ERP-систем і хмарних платформ забезпечує своєчасність та точність фінансової інформації, знижує адміністративні витрати та мінімізує ймовірність помилок. Використання електронних сервісів Державної податкової служби України спрощує процес подання звітності та сплати податків, що сприяє зменшенню навантаження на підприємства. Застосування аналітичних інструментів і технологій Big Data дозволяє оцінювати податкові ризики, прогнозувати фінансові результати та формувати довгострокові стратегії розвитку. Цифрові калькулятори та симулятори податкового навантаження допомагають моделювати вплив різних факторів на структуру витрат і визначати оптимальні варіанти їх розподілу.

Таблиця 1 – Інструменти оптимізації податкового навантаження в аграрному секторі

Інструмент	Характеристика	Очікуваний ефект
Податкове планування	Прогнозування платежів, вибір режимів оподаткування	Зменшення ризиків, стабільність фінансових результатів
ERP-системи	Інтеграція обліку, фінансів та виробництва	Автоматизація звітності, зниження адміністративних витрат
Хмарні платформи	Доступ до даних у режимі реального часу	Гнучкість управління, адаптація до змін законодавства
Електронні сервіси ДПС	Подання звітності та сплата податків онлайн	Спрощення адміністрування, економія часу
Big Data та аналітика	Аналіз великих масивів даних, моделювання сценаріїв	Прогнозування ризиків, стратегічне планування
Цифрові калькулятори та симулятори	Моделювання податкового навантаження залежно від структури витрат	Оптимізація собівартості, підвищення ефективності

Таким чином, використання сучасних цифрових інструментів у процесі оптимізації податкового навантаження дозволяє аграрним підприємствам не лише зменшити витрати та ризики, а й сформувати довгострокову стратегію розвитку, що відповідає вимогам сучасної економіки.

Використання цифрових інструментів у процесі оптимізації податкового навантаження аграрних підприємств забезпечує низку практичних результатів, які мають безпосередній вплив на фінансову стійкість та конкурентоспроможність галузі. Насамперед це проявляється у зниженні податкових ризиків та витрат на адміністрування, оскільки автоматизація

обліку та звітності мінімізує ймовірність помилок, забезпечує своєчасність подання декларацій та спрощує взаємодію з контролюючими органами.

Важливим наслідком цифровізації є підвищення прозорості фінансових процесів та ефективності управління ресурсами. Інтеграція виробничих і фінансових даних у єдиному інформаційному середовищі дозволяє підприємствам здійснювати комплексний аналіз, контролювати витрати та формувати обґрунтовані управлінські рішення. Це сприяє не лише оптимізації податкових платежів, а й загальному підвищенню ефективності господарської діяльності. Перспективи розвитку аграрного сектору пов'язані з формуванням цифрової стратегії, яка передбачає системне впровадження сучасних технологій у фінансовий менеджмент та податкове планування. Така стратегія дозволяє підприємствам адаптуватися до змін у законодавстві, використовувати інноваційні інструменти прогнозування та забезпечувати довгострокову конкурентоспроможність на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Цифрові рішення поступово перетворюються на ключовий інструмент оптимізації податкового навантаження в аграрному секторі. Їхнє впровадження дозволяє не лише зменшити витрати на адміністрування та мінімізувати податкові ризики, але й забезпечити прозорість фінансових процесів та підвищити ефективність управління ресурсами. Це створює умови для формування довгострокової конкурентоспроможності аграрних підприємств у сучасних економічних реаліях.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на інтеграцію цифрових технологій у державну податкову політику, розробку галузевих стандартів цифрового управління та формування комплексної стратегії цифрової трансформації аграрного сектору. Такий підхід дозволить не лише оптимізувати податкове навантаження, а й забезпечити стійкий розвиток аграрної економіки України в умовах глобальних викликів.

Список літератури

1. Бондаренко, О., Кравченко, І., та ін. Цифрові технології у фінансовому менеджменті аграрних підприємств. (2021). Економіка та держава, 11, 45–49. <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.11.45>
2. Гончаренко, В. М. Оптимізація податкового навантаження аграрних підприємств: сучасні підходи та інструменти. / В.М. Гончаренко // Фінанси України. – 2020. – №7. – С. 89–97. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Fu_2020_7_12
3. Kucher, A., Shubravskaya, O., та ін. Tax burden and competitiveness of agricultural enterprises in Ukraine. (2019). Agricultural and Resource Economics, 5(2), 5–20. <https://doi.org/10.51599/are.2019.05.02.01>
4. Лупенко, Ю. О., Месель-Веселяк, В. Я. Податкове регулювання аграрного сектору економіки України. / Ю.О. Лупенко, В.Я. Месель-Веселяк // Економіка АПК. – 2018. – №6. – С. 3–12. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkonAPK_2018_6_2
5. Davydenko, N., та ін. Digitalization of accounting and taxation in agriculture: challenges and opportunities. (2022). Journal of Accounting and Taxation, 14(3), 55–63. <https://doi.org/10.5897/JAT2022.0502>

УДК 336.76

ФОРМУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО КЛІМАТУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Близнюк О.П., к.е.н., доц.
Захаренко С.С., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, bliznukoksanap@gmail.com

Анотація. Створення сприятливого інвестиційного клімату в Україні є стратегічним завданням держави, що дозволить створити належні умови для активізації залучення іноземних і внутрішніх інвестицій для довгострокового інноваційного розвитку та соціально-економічного зростання країни. Зростання реального ВВП України вимагає структурних реформ, комплексної програми реконструкції та сприятливого інвестиційного клімату.

Ключові слова: інвестиційний клімат, інвестиційна привабливість, структурні економічні реформи, стратегічні інвестиції, індустриальні парки, економічне зростання

Продовження повномасштабної війни залишається ключовим фактором, що перешкоджає економічному зростанню України в короткостроковій та середньостроковій перспективі. Зростання реального ВВП України вимагає численних структурних реформ, комплексної програми реконструкції та створення сприятливого інвестиційного клімату.

Відбудова зруйнованих виробничих потужностей українських компаній вимагає значних інвестицій. Згідно зі спільною оцінкою уряду України, Групи Світового банку, Європейської Комісії та Організації Об'єднаних Націй, потреба України у реконструкції та відновленні становить 411 мільярдів доларів США. Очікується, що витрати на реконструкцію та відновлення триватимуть протягом десяти років і будуть покриті як державними, так і приватними коштами [1].

Державна підтримка великих інвестиційних проектів для залучення стратегічних інвесторів в економіку України надається в таких сферах [2]:

- звільнення від податку на прибуток підприємств та митних зборів на імпорту нового обладнання (установок) на митну територію України;
- надання права користування землею для реалізації інвестиційного проекту в обмін на орендну плату за певних умов;
- забезпечення необхідною інфраструктурою (дороги, лінії зв'язку, опалення, газо-, водо- та електропостачання, лінії технічного зв'язку тощо) здійснюється шляхом будівництва або реконструкції цієї інфраструктури за державний кошт.

Розроблено заходи для сприяння розвитку індустриальних парків (ІП):

- зміни до митного та податкового законодавства України щодо звільнення обладнання від імпортного ПДВ та імпортних мит;
- десятирічне звільнення від сплати податку на прибуток;
- надання муніципалітетам дозволу на надання податкових пільг;
- затвердження механізму використання учасниками індустриальних

парків коштів, звільнених від оподаткування;

- вивільнені кошти можуть бути використані для розвитку діяльності учасників індустріальних парків за такими напрямками: створення або модернізація матеріально-технічної бази; збільшення обсягів виробництва; впровадження нових технологій;

- створення механізмів фінансування розвитку індустріальних парків та компенсації процентних ставок за кредитами на розвиток або господарську діяльність у цих парках;

- створення умов для інвестування в переробні підприємства, що сприятиме синергетичному ефекту у суміжних галузях (сільському господарстві, транспорті, енергетиці тощо), пришвидшенню реформ, стимулюванню структурних змін у всіх секторах національної економіки.

Важливо активізувати діалог щодо розширення доступу до фінансових інструментів та програм фінансової та технічної підтримки ЄС, використовуючи можливості, що пропонуються статусом кандидата на членство в ЄС, для залучення інвестицій в українські проекти з метою відновлення промислового потенціалу України [1]. З цією метою було створено Міжнародну інституційну платформу координації донорів для України. До її складу входять представники України, ЄС, країн G7 та партнери з фінансових установ, зокрема Європейського інвестиційного банку, Європейського банку реконструкції та розвитку, Міжнародного валютного фонду та Світового банку.

Вирішальна роль промисловості у стабілізації економіки України під час затяжної війни та післявоєнної відбудови визначає пріоритетність заходів щодо сприяння промисловим інвестиціям. Ці кроки є важливими для закладання основи для структурної економічної трансформації з акцентом на розвиток виробничого сектору та створення нових робочих місць. Розвиток економіки України в умовах критично високих інвестиційних та виробничих ризиків вимагає активізації державної підтримки: прискорення прийняття та ратифікації необхідного законодавства; встановлення сприятливих умов кредитування; запровадження стимулів для інвестування вітчизняних ресурсів у розвиток виробництва; та активізації зусиль щодо залучення іноземних інвестицій. Механізм державного регулювання має бути спрямований на правове забезпечення та гарантування прав усіх учасників економічного середовища, створення сприятливого інвестиційного клімату в країні, забезпечення рівного доступу до фінансових ринків та інформації, запобігання монополізації та створення сприятливих умов для чесної конкуренції в Україні.

Список літератури

1. Підтримка інвестицій у промисловість України в умовах війни та повоєнного відновлення URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/pidtrymka-investytsiy-u-promyslovist-ukrayiny-v-umovakh-viyny-ta>
2. Про державну підтримку інвестиційних проєктів із значними інвестиціями в Україні: Закон України від 17.12. 2020 № 1116-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1116-20#Text>

УДК 005.95/.96:005.336.3:005.57

УПРАВЛІНСЬКА КОМПЕТЕНТНІСТЬ КАДРОВОГО СКЛАДУ ЯК ОСНОВА ДІЛОВОЇ РЕПУТАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

Нагаєв В.М., д.п.н., проф.
Мальонкін Є. М., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, ksushev@ukr.net

Анотація. Досліджено роль управлінської компетентності кадрового складу у формуванні та підтримці ділової репутації підприємства. Визначено сутність поняття управлінської компетентності, її складові та вплив на ефективність управлінських рішень. Обґрунтовано, що високий рівень професійних, комунікативних та лідерських якостей управлінців сприяє підвищенню довіри з боку стейкхолдерів, зміцненню іміджу організації та забезпеченню її конкурентоспроможності. Проаналізовано взаємозв'язок між якістю управління персоналом і репутаційними характеристиками підприємства. Запропоновано напрями розвитку управлінської компетентності як стратегічного ресурсу формування позитивної ділової репутації.

Ключові слова: управлінська компетентність, кадровий склад, ділова репутація, підприємство, управління персоналом, лідерство, імідж організації, конкурентоспроможність, корпоративна культура, ефективність управління

У сучасних умовах динамічного розвитку економіки та зростання конкуренції особливого значення набуває ділова репутація підприємства як важливий нематеріальний актив. Одним із ключових чинників її формування є управлінська компетентність кадрового складу, яка визначає ефективність функціонування організації, якість управлінських рішень і рівень довіри з боку стейкхолдерів. Управлінська компетентність розглядається як інтегральна характеристика керівника, що включає професійні знання, практичні навички, управлінські здібності, лідерські якості, емоційний інтелект і здатність до стратегічного мислення. Саме від рівня сформованості цих компонентів залежить здатність управлінця ефективно реагувати на виклики зовнішнього середовища, приймати обґрунтовані рішення та забезпечувати сталий розвиток підприємства [1].

Ділова репутація підприємства формується під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх факторів. До внутрішніх належать корпоративна культура, система управління персоналом, рівень професіоналізму працівників і стиль керівництва. Зовнішні фактори включають взаємодію з партнерами, клієнтами, інвесторами та суспільством загалом. Управлінська компетентність виступає сполучною ланкою між цими складовими, оскільки саме управлінці формують політику підприємства, визначають його цінності та забезпечують їх реалізацію. Високий рівень управлінської компетентності сприяє підвищенню прозорості діяльності підприємства, зміцненню довіри до нього та формуванню позитивного іміджу на ринку. Компетентні керівники здатні ефективно організовувати роботу персоналу, мотивувати працівників, впроваджувати інновації та підтримувати сприятливий соціально-психологічний клімат у

колективі. Це, у свою чергу, позитивно впливає на продуктивність праці та загальні результати діяльності підприємства [2].

Водночас недостатній рівень управлінської компетентності може призвести до прийняття неефективних рішень, конфліктів у колективі, втрати клієнтів і партнерів, що негативно позначається на репутації організації. У сучасному бізнес-середовищі репутаційні ризики мають значний вплив на конкурентні позиції підприємства, тому питання розвитку управлінських компетенцій набуває стратегічного значення. Особливу увагу слід приділяти системному розвитку кадрового потенціалу, що передбачає впровадження програм підвищення кваліфікації, тренінгів, коучингу та оцінювання компетентностей. Важливим є також формування корпоративної культури, орієнтованої на відповідальність, етичність і професіоналізм [2].

Отже, управлінська компетентність кадрового складу є одним із визначальних факторів формування ділової репутації підприємства. Її розвиток сприяє підвищенню ефективності діяльності організації, зміцненню довіри з боку стейкхолдерів та забезпеченню довгострокової конкурентоспроможності. У зв'язку з цим підприємствам доцільно розглядати інвестування в розвиток управлінських компетенцій як стратегічний пріоритет.

Управлінська компетентність кадрового складу є фундаментальною основою формування позитивної ділової репутації підприємства. Вона визначає якість прийняття управлінських рішень, ефективність взаємодії з персоналом і зовнішнім середовищем і включає професійні знання, управлінські навички, емоційний інтелект та лідерські якості. Ділова репутація формується під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх факторів, серед яких важливе місце займає якість управління. Рівень довіри з боку партнерів, клієнтів і працівників безпосередньо залежить від управлінських рішень. Інвестиції у розвиток кадрового потенціалу підвищують репутаційний капітал організації. Сучасні умови господарювання вимагають системного підходу до розвитку компетенцій управлінців, що включає безперервне навчання, розвиток лідерських якостей та адаптацію до змін. Підприємства, які інвестують у розвиток свого кадрового потенціалу, отримують стратегічні переваги, зміцнюють довіру стейкхолдерів та забезпечують довгострокову конкурентоспроможність.

Список літератури

1. Гавриш О. А., Довгань Л. Є., Крейдич І. М. Цифрова трансформація управління підприємством: монографія. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. 296 с.
2. Котлер Ф., Келлер К. Л. Маркетинг-менеджмент: підручник / пер. з англ. Київ: Хімджест, 2018. 720 с.
3. Балабанова Л. В., Кривенко О. В. Управління іміджем підприємства: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 224 с.

УДК 336.76:004.9

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ФОНДОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ВИКЛИКИ

Ставерська Т.О., к.е.н., доц.
П'янов С. В., здобувач РВО PhD,
Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна, serg3798@gmail.com

Анотація. У роботі досліджено особливості цифрової трансформації фондового ринку України в сучасних умовах. Проаналізовано основні напрями впровадження цифрових технологій у діяльність учасників ринку фондового ринку, зокрема в частині інституційних змін та розвитку корпоративного управління. Особливу увагу приділено запровадженню електронних та дистанційних загальних зборів акціонерів як важливого елементу цифровізації. Визначено ключові переваги використання цифрових інструментів, серед яких підвищення ефективності, доступності та прозорості ринку. Водночас окреслено основні виклики, пов'язані з кібербезпекою, нерівномірністю доступу до технологій та недосконалістю нормативного забезпечення. Обґрунтовано необхідність комплексного підходу до подальшого розвитку цифрового середовища фондового ринку України.

Ключові слова: фондовий ринок, цифровізація, цифрова трансформація, корпоративне управління, акціонерні товариства, дистанційні загальні збори, електронні збори, ринки капіталу, кібербезпека, інвестори

Цифровізація поступово змінює характер функціонування фінансових ринків. Фондовий ринок не є винятком з цього процесу. При цьому саме фондовий ринок часто стає одним із перших середовищ, де впроваджуються нові технологічні рішення. Це пов'язано з високою чутливістю ринку до швидкості обміну інформацією та довіри інвесторів. В Україні процес цифрової трансформації набув особливої актуальності в останні роки. Значну роль у цьому відіграли як глобальні тренди, так й внутрішні фактори (необхідність забезпечення безперервності корпоративного управління, підвищення прозорості ринку, адаптація до умов воєнного стану).

Нормативна база також зазнала змін. Прийняття нового Закону України «Про акціонерні товариства» створило основу для ширшого використання цифрових інструментів у діяльності акціонерних товариств [1]. Паралельно вдосконалюється регулювання ринків капіталу, що сприяє інтеграції сучасних технологій у фінансову інфраструктуру [2]. При цьому цифровізація не є виключно позитивним явищем. Разом із новими можливостями виникають також й нові ризики. Це потребує більш уважного підходу до оцінки сучасних тенденцій розвитку фондового ринку України.

Цифрова трансформація впливає в першу чергу на інституційну структуру фондового ринку. Змінюється роль традиційних учасників. З'являються нові форми взаємодії між ними. Однією з ключових змін є поступовий перехід до електронних форматів обслуговування. Брокерські

послуги частіше надаються через онлайн-платформи. Інвестори отримують можливість швидкого доступу до інформації та здійснення операцій у режимі реального часу.

Також варто звернути увагу на розвиток депозитарної системи. Вона стає суттєво технологічною. Це підвищує рівень надійності обліку прав власності на цінні папери. Водночас спрощуються процедури для користувачів. Важливе значення має вдосконалення регулювання. Законодавство поступово адаптується до нових умов. Закон України «Про ринки капіталу та організовані товарні ринки» закріплює сучасні підходи до функціонування ринку [2]. Цей закон враховує потребу в цифрових інструментах та підвищенні прозорості.

Слід зазначити, що трансформація відбувається нерівномірно. Частина учасників фондового ринку швидко адаптується до нових умов. Інші залишаються більш консервативними. Це створює певний дисбаланс у розвитку фондового ринку.

Суттєві зміни останнім часом відбуваються у сфері корпоративного управління. Особливо це стосується акціонерних товариств. Традиційні форми проведення загальних зборів поступово доповнюються цифровими рішеннями. Важливим кроком стало запровадження дистанційних та електронних загальних зборів акціонерів. Відповідні механізми визначені у нормативних актах Національної комісії з цінних паперів та фондового ринку [3; 4]. Це дозволяє акціонерам брати участь у прийнятті рішень незалежно від їхнього місця перебування.

Практика показує, що такі формати мають ряд переваг. По-перше, зменшуються організаційні витрати. По-друге, зростає рівень участі акціонерів. Це особливо важливо для акціонерних товариств з широкою структурою власності. Але при цьому виникають й певні проблеми. Не всі акціонери мають достатній рівень цифрової грамотності. Іноді виникають технічні труднощі. Крім того, актуальним залишається питання захисту прав акціонерів у цифровому середовищі.

Закон України «Про акціонерні товариства» закріплює можливість використання електронних інструментів у корпоративному управлінні [1]. Це свідчить про системний характер змін. Проте практична реалізація цих норм ще потребує вдосконалення.

Попри очевидні переваги, цифровізація фондового ринку супроводжується рядом викликів. Частина з них має технологічний характер. Інші виклики пов'язані з правовим регулюванням та поведінкою учасників ринку. Однією з ключових проблем є кібербезпека.

Зростання обсягів цифрових операцій збільшує ризики несанкціонованого доступу до інформації. Це може мати серйозні наслідки для інвесторів. Важливою є проблема нерівного доступу до технологій. Не всі учасники фондового ринку мають однакові можливості для використання цифрових інструментів. Це може впливати на конкурентне середовище. Окремо варто відзначити питання довіри. Для ефективного функціонування фондового ринку

довіра є критично важливою. Будь-які збої в роботі цифрових систем можуть негативно вплинути на репутацію ринку. Не менш важливим є й нормативний аспект. Законодавство не завжди встигає за швидкістю технологічних змін. Це створює прогалини у регулюванні та підвищує рівень невизначеності. Таким чином, цифрова трансформація потребує комплексного підходу. Важливо враховувати не лише технологічні можливості, але також й інституційні обмеження.

Цифрова трансформація фондового ринку України – це об’єктивний та незворотний процес. Вона відкриває нові можливості для розвитку ринку. Підвищується швидкість операцій. Зростає доступність фінансових інструментів. Розширюється коло інвесторів. Але цей процес не є однозначним. Поряд із позитивними змінами виникають нові ризики. Особливо це стосується кібербезпеки, захисту прав інвесторів та нормативного забезпечення. Суттєві зміни відбуваються у сфері корпоративного управління.

Запровадження електронних та дистанційних зборів акціонерів є важливим кроком вперед. Проте ефективність цих механізмів залежить від рівня їх практичного впровадження. На нашу думку, подальший розвиток фондового ринку України потребує узгоджених дій держави та учасників ринку. Необхідно вдосконалювати законодавство. Важливо підвищувати рівень цифрової грамотності. Окрему увагу слід приділяти формуванню довіри до цифрових інструментів. У підсумку можна зазначити, що цифровізація створює основу для модернізації фондового ринку. Однак її результати залежать від того, наскільки ефективно будуть вирішені існуючі виклики.

Список літератури

1. Про акціонерні товариства: Закон України від 27 лип. 2022 р. № 2465-IX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2465-20#Text>.
2. Про ринки капіталу та організовані товарні ринки: Закон України від 19.06.2020 № 738-IX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/738-20#Text>.
3. Про затвердження Порядку скликання та проведення дистанційних загальних зборів акціонерного товариства: Рішення Національної комісії з цінних паперів та фондового ринку від 06.03.2023 р. № 236. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0236863-23#Text>.
4. Про затвердження Порядку скликання та проведення електронних загальних зборів акціонерного товариства: Рішення НКЦПФР від 02.06.2023 р. № 595. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0595863-23#Text>.

УДК 657.6:005.334

СПЕЦИФІКА ЗБОРУ АУДИТОРСЬКИХ ДОКАЗІВ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОГО ДОСТУПУ ДО ОБ'ЄКТІВ ПЕРЕВІРКИ

Костенко Г.П., к.е.н., доц.
Жеденко Н.О., здобувачка РВО бакалавр
Державний педагогічний університет
м. Бердянськ, Україна, vascuj87@gmail.com

Анотація. Дана робота містить дослідження теоретичних та практичних аспектів здійснення аудиторської перевірки в умовах, що перешкоджають безпосередньому фізичному доступу аудитора до активів, персоналу або документації клієнтів. Актуальність теми зумовлена сучасними глобальними викликами (наприклад, воєнним станом), які змушують аудиторську спільноту переглядати як традиційні підходи до верифікації даних, так і більш сучасні.

Ключові слова: процедури аудиту, аудиторські докази, аудиторські послуги, внутрішній контроль, гарантії, загальнонаукові методи, аудит фінансової звітності

Аудит фінансової звітності включає перевірку бухгалтерських даних та показників фінансової звітності для підтвердження їх відповідності встановленій концептуальній основі компанії.

Аудит зазвичай складається з чотирьох фаз: організація, підготовка, методологія та результати. Кожна фаза включає певні види роботи, що виконується аудитором, такі як отримання згоди керівництва, отримання достатніх гарантій, визначення обсягу аудиту, оцінка аудиторського ризику, вивчення середовища внутрішнього контролю та отримання аудиторських доказів. Саме методи та процедури аудиту дозволяють виконувати всі види роботи під час процесу аудиту, що зрештою формує думку аудитора [3, с. 562].

Якість аудиторських послуг, що надаються компанією, безпосередньо залежить від достатності та прийнятності отриманих аудиторських доказів. Під час аудиторського процесу аудитори використовують різні методи та процедури. Саме ця різноманітність у виборі та застосуванні цих методів і процедур дозволяє аудиторам збирати достатні та відповідні аудиторські докази, на основі яких вони можуть формувати аудиторський висновок. Використання різних методів і процедур під час аудиторського процесу допомагає аудиторам виявляти невідповідності в бухгалтерських даних та показниках фінансової звітності, розпізнавати потенційні спотворення та помилки керівництва в процесах бухгалтерського обліку та фінансової звітності, а також виявляти шахрайську діяльність. Методи та процедури, обрані аудиторами під час аудиторського процесу, безпосередньо впливають на те, як аудиторський висновок оформлюється в аудиторському звіті [3, с. 564].

Війна не звільняє від дотримання МСА (міжнародних стандартів), але вона змушує аудитора розширювати обсяг вибірки та використовувати професійне судження частіше, ніж будь-коли. Збір аудиторських доказів як у часи війни, так і в повоєнні періоди – справжній виклик для аудиторів. Коли фізичний доступ до активів обмежений, а первинні документи можуть бути знищені, стандартні процедури перетворюються на складну задачу. Додатково до перелічених вище більш сталих і традиційних методів та способів

проведення аудиторських послуг додаються нові, проте не менш важливі: дистанційні методи збору доказів (відеоспостереження в реальному часі, геолокаційні дані, дрони та супутникові знімки). Аудитори можуть використовувати фото– та відеоматеріали з метаданими (координати GPS та точний час), щоб підтвердити, що актив дійсно знаходиться на підконтрольній території, а також проводити інвентаризації за допомогою Zoom, Microsoft Teams або спеціалізованих платформ та дронів чи супутників для перевірки наявності великих об'єктів (елеваторів, заводів, полів), особливо якщо вони знаходяться близько до зони бойових дій [1, с. 94].

Аудитор одержує аудиторські докази шляхом застосування однієї або кількох із наведених нижче процедур (рис. 1) [2]:

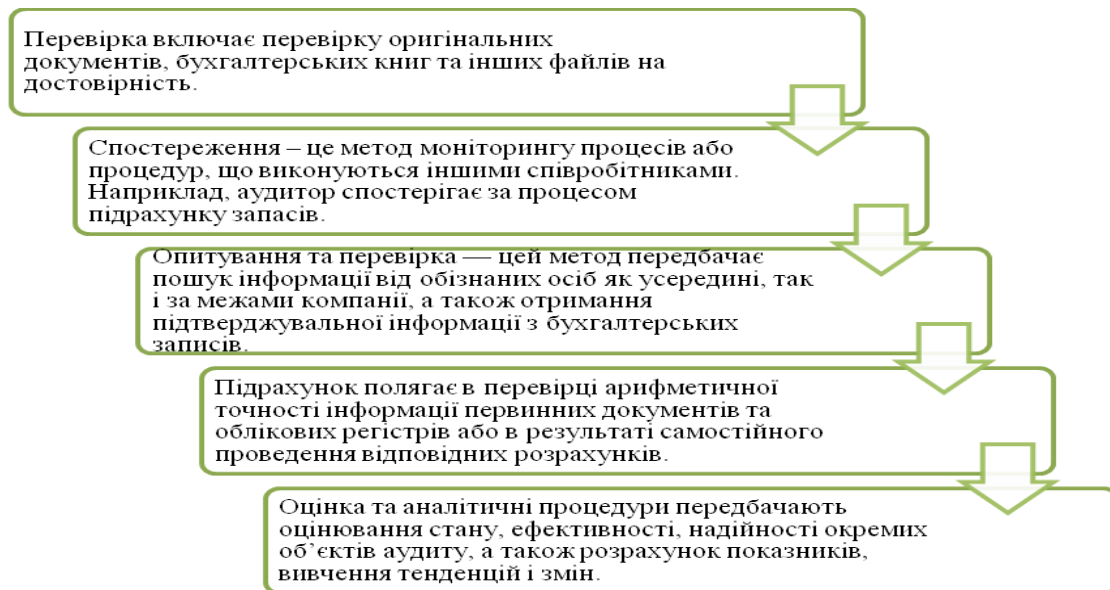


Рис. 1. Процедури для одержання аудитором аудиторських доказів

У позовоєнний період аудит перетвориться з інструменту контролю на інструмент розвитку. Він легітимізуватиме бізнес в очах світу та створюватиме умови, за яких економіка може перейти від «виживання» до «процвітання». Без якісного аудиту процес відновлення ризикує стати неефективним та затяжним. Це не просто формальність чи «перевірка паперів». Це фундамент, на якому будується довіра інвесторів, прозорість державних фінансів та стійкість економіки.

Список літератури

1. Дубініна М. В. Роль інвентаризації в аудиті достовірності фінансової звітності аграрних підприємств: методичні аспекти та практика в Україні. *Modern Economics*. 2025. № 51(2025). С. 87-96. URL: [https://doi.org/10.31521/modecon.V51\(2025\)-10](https://doi.org/10.31521/modecon.V51(2025)-10).
2. Савощенко А. С. Інфраструктура товарного ринку: Навчальний посібник./ А.С. Савощенко – К.: КНЕУ, 2004. – 734 с. URL: <https://buklib.net/books/31326/>
3. Стойка Н., Стойка М., Новіченко Л. Методи та процедури збору аудиторських доказів: сутність та особливості застосування. *Herald of khmelnytskyi national university. Economic sciences*. 2025. Т. 346, № 5. С. 560–565. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-346-5-79>

УДК 005.51:665.58:339.137.2

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОСМЕТИЧНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ В УМОВАХ РИНКОВОЇ КОНКУРЕНЦІЇ

Нагаєв В.М., д.п.н., проф.
Міщукова Д. А., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, Marmeladka207@gmail.com

Анотація. Досліджено напрями удосконалення системи управління косметичним підприємством в умовах ринкової конкуренції. Визначено особливості функціонування підприємств косметичної галузі, що характеризуються високою динамічністю попиту, швидкою зміною споживчих трендів і значною роллю інновацій. Обґрунтовано необхідність впровадження сучасних управлінських підходів, спрямованих на підвищення ефективності діяльності підприємства, зміцнення його конкурентних позицій та забезпечення сталого розвитку. Розглянуто ключові елементи системи управління, зокрема стратегічне планування, управління персоналом, маркетинг, інноваційний розвиток і контроль якості продукції. Доведено, що комплексне удосконалення управлінських процесів сприяє підвищенню конкурентоспроможності косметичних підприємств.

Ключові слова: косметичне підприємство, система управління, удосконалення управління, ринкова конкуренція, менеджмент, інновації, маркетинг, якість продукції, конкурентоспроможність, стратегічне управління

Сучасний ринок косметичної продукції характеризується високим рівнем конкуренції, швидкими темпами розвитку та постійною зміною споживчих уподобань. У таких умовах підприємства змушені постійно вдосконалювати систему управління для забезпечення ефективного функціонування та збереження конкурентних позицій. Особливістю косметичної галузі є значна залежність від інновацій, брендингу, якості продукції та маркетингових стратегій, що зумовлює необхідність комплексного підходу до управління [1].

Система управління косметичним підприємством являє собою сукупність взаємопов'язаних елементів, які забезпечують планування, організацію, мотивацію та контроль діяльності. В умовах ринкової конкуренції важливим є впровадження стратегічного управління, що дозволяє визначити довгострокові цілі розвитку підприємства та сформувати ефективні конкурентні переваги. Значну роль відіграє аналіз зовнішнього середовища, зокрема ринку, конкурентів і споживачів, що дає змогу своєчасно реагувати на зміни та адаптувати діяльність підприємства [2].

Одним із ключових напрямів удосконалення системи управління є розвиток інноваційної діяльності. Косметичні підприємства повинні постійно оновлювати асортимент продукції, впроваджувати нові технології виробництва та враховувати сучасні тренди, такі як екологічність, натуральність і безпечність продукції. Інновації дозволяють не лише задовольняти потреби споживачів, а й формувати нові ринкові ніші. Важливим елементом ефективної системи управління є маркетингова діяльність. Формування сильного бренду,

використання сучасних каналів просування, зокрема цифрових платформ, соціальних мереж і онлайн-реклами, сприяє підвищенню впізнаваності підприємства та залученню нових клієнтів. Особливу увагу слід приділяти дослідженню поведінки споживачів і формуванню довгострокових відносин із ними [3].

Не менш важливим є управління персоналом, оскільки саме кваліфіковані працівники забезпечують якість продукції та ефективність виробничих і управлінських процесів. Впровадження сучасних методів мотивації, навчання та розвитку персоналу сприяє підвищенню продуктивності праці та формуванню конкурентних переваг підприємства [4]. Контроль якості продукції є ще одним важливим аспектом системи управління косметичним підприємством. Високі стандарти якості, відповідність міжнародним нормам і сертифікація продукції сприяють зміцненню довіри споживачів і підвищенню репутації підприємства на ринку. Крім того, важливим напрямом удосконалення управління є цифровізація бізнес-процесів. Використання сучасних інформаційних систем дозволяє оптимізувати управління ресурсами, покращити планування та підвищити ефективність прийняття управлінських рішень. Це особливо актуально в умовах глобалізації та зростання конкуренції на міжнародних ринках.

Таким чином, удосконалення системи управління косметичним підприємством повинно здійснюватися комплексно, із врахуванням як внутрішніх, так і зовнішніх факторів. Важливою умовою є поєднання стратегічного підходу, інноваційного розвитку, ефективного маркетингу та якісного управління персоналом.

Удосконалення системи управління косметичним підприємством є необхідною умовою його успішного функціонування в умовах ринкової конкуренції. Комплексний підхід до управління, що включає стратегічне планування, розвиток інновацій, ефективну маркетингову діяльність, управління персоналом і контроль якості продукції, дозволяє підприємству підвищити конкурентоспроможність і зміцнити свої позиції на ринку. Впровадження сучасних управлінських інструментів і цифрових технологій сприяє підвищенню ефективності діяльності та забезпечує сталий розвиток підприємства у довгостроковій перспективі.

Список літератури

1. Котлер Ф., Келлер К. Л. Маркетинг-менеджмент. Київ: Видавництво «Хімджест», 2018. 720 с.
2. Діденко Є. О. Управління конкурентоспроможністю підприємства. Київ: КНЕУ, 2020. 312 с.
3. Литвиненко С. П., Ткаченко Л. В. Цифрові технології у сфері послуг: монографія. Харків: Стильна типографія, 2021. 288 с.
4. Балабанова Л. В. Управління персоналом підприємства. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 468 с.

УДК 336.76

СУТНІСТЬ БАНКІВСЬКИХ ДОХОДІВ І ВИТРАТ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Близнюк О.П., к.е.н., доц.
Дубінін І.О., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, bliznukoksana@gmail.com

Анотація. Банківські доходи та витрати є ключовими показниками фінансової діяльності комерційного банку, що відображають ефективність управління ресурсами та здатність установи генерувати прибуток і забезпечувати фінансову стійкість, стабільність, конкурентоспроможність та здатність реалізовувати стратегічні цілі.

Ключові слова: доходи та витрати банків, фінансові операції, банківські послуги, операційна, інвестиційна та фінансова діяльність, управління фінансовими ресурсами банків

Відповідно до статті 2 Закону України «Про банки і банківську діяльність», банк є юридичною особою, що має виключне право на здійснення банківських послуг на підставі чинної банківської ліцензії, інформація про яку обов'язково вноситься до Державного реєстру банків. Банк уповноважений надавати широкий спектр банківських та фінансових послуг, крім страхових, а також виконувати інші фінансові операції як у національній, так і в іноземній валюті, дотримуючись встановлених законодавством вимог [1].

Доходи та витрати, отримані банком у результаті виконання банківської та інших дозволених законом операцій, відображаються у фінансовій звітності і охоплюють операційну, інвестиційну та фінансову діяльність установи. Доходи банку розглядаються різними дослідниками як ключовий фінансовий результат його діяльності, що охоплює як економічні вигоди, так і конкретні джерела надходжень. Структура банківських доходів розкриває, які види операцій і діяльності є основними джерелами прибутку для банку [2].

Процентний дохід формується за рахунок надходжень, отриманих банківською установою від розміщення тимчасово вільних коштів у інших банках, надання кредитів суб'єктам господарювання та фізичним особам, а також від інвестування у боргові цінні папери, що приносять відсотковий дохід. Порядок нарахування та сплати процентних доходів регламентується умовами договорів між банком і контрагентами з урахуванням вимог чинного законодавства України та нормативних актів Національного банку України.

Комісійний дохід є різновидом операційного доходу, розмір якого залежить від обсягу здійснених операцій і визначається пропорційно сумі відповідних активів або зобов'язань, тобто не має фіксованого характеру. Дохід від торговельної діяльності виникає внаслідок самостійних операцій банку з купівлі-продажу фінансових інструментів, іноземної валюти чи цінних паперів, тоді як до інших банківських операційних доходів належать дивіденди, надходження від операційного лізингу, а також штрафи й пені, отримані в процесі банківського обслуговування.

Банківські витрати являють собою сукупність фінансових ресурсів, які фінансова установа витрачає на забезпечення своєї діяльності та надання банківських послуг. До них належать витрати на залучення та обслуговування депозитів, виплату процентів за позиками, витрати на операційне управління активами, ведення рахунків клієнтів, проведення платежів, а також витрати на інфраструктуру та технологічне забезпечення.

Окрім цього, до банківських витрат включаються адміністративні та управлінські витрати, витрати на персонал, оренду приміщень, амортизацію обладнання і програмного забезпечення, а також витрати на дотримання нормативних та правових вимог. Ефективне управління цими витратами дозволяє банку зменшувати надлишкові витрати, оптимізувати фінансові потоки та підвищувати загальну рентабельність діяльності.

Важливим аспектом аналізу банківських витрат є їх класифікація за економічним змістом та функціональною роллю у фінансовій діяльності, що дає змогу оцінити співвідношення витрат до доходів, визначити резерви для їх зниження та розробити стратегії оптимізації операційних процесів.

Процентні витрати формуються в процесі залучення фінансових ресурсів із різних джерел, зокрема від Національного банку України, інших банківських установ, суб'єктів господарювання, фізичних осіб, бюджетних і позабюджетних фондів, а також унаслідок емісії власних боргових цінних паперів та здійснення операцій із філіями. До цієї категорії належать усі витрати, пов'язані зі сплатою відсотків за користування залученими коштами.

Комісійні витрати охоплюють видатки, що виникають у межах надання розрахунково-касових послуг, здійснення операцій із цінними паперами, проведення валютних операцій, довірчого управління, а також виконання позабалансових операцій. До складу інших операційних витрат зараховуються витрати на інкасацію, аудиторські перевірки, переоцінку інвестиційної нерухомості, здійснення оперативного лізингу, а також сплату штрафних санкцій і пені, що супроводжують банківську діяльність.

Таким чином, банківські доходи та витрати є ключовими показниками фінансової діяльності комерційного банку, що відображають ефективність управління ресурсами та здатність установи генерувати прибуток. Доходи формуються як результат активних операцій банку, включаючи процентні надходження від кредитів та інвестицій, комісійні доходи, прибутки від торговельних операцій та інших банківських і небанківських джерел, тоді як витрати охоплюють витрати на залучення фінансових ресурсів, операційні витрати, комісійні та непередбачувані видатки.

Список літератури

1. Про банки і банківську діяльність. Закон України від 07.12.2000 № 2121-III. Документ 2121-III, чинний, поточна редакція від 10.01.2025, підстава – 4174-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2121-14#Text>
2. Бондаренко П.В. Особливості управління та формування фінансового результату банку. *Підприємство та інновації*. 2020. №12. С. 174-179. URL: <http://ejournal.in.ua/index.php/journal/article/view/328>

УДК 005.51:339.138:687.55

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ Б'ЮТІ-ПРОДАЖАМИ ПІДПРИЄМСТВА НА ПРИКЛАДІ КОМПАНІЇ FRC FRENCH (М. ХАРКІВ)

Нагаєв В.М., д.п.н., проф.
Шутько Д. Ю., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, did20045@gmail.com

Анотація. Досліджено напрями удосконалення моделі організації управління б'юті-продажами підприємства на прикладі компанії FRC French (м. Харків). Проаналізовано особливості функціонування підприємств б'юті-індустрії в умовах високої конкуренції, динамічних змін попиту та цифровізації торговельних процесів. Визначено ключові проблеми існуючої системи управління продажами та обґрунтовано необхідність її вдосконалення на основі сучасних маркетингових, цифрових та організаційних підходів. Запропоновано модель управління б'юті-продажами, що базується на інтеграції CRM-систем, розвитку омніканальних продажів, підвищенні кваліфікації персоналу та посиленні клієнтоорієнтованості. Доведено, що впровадження удосконаленої моделі сприяє підвищенню ефективності продажів і конкурентоспроможності підприємства.

Ключові слова: б'юті-продажі, модель управління, підприємство, FRC French, клієнтоорієнтованість, конкурентоспроможність, CRM-система, маркетинг, цифровізація, управління продажами

Сучасний ринок б'юті-продукції характеризується високим рівнем конкуренції, швидкою зміною споживчих переваг та активним впровадженням цифрових технологій у сферу продажів. У таких умовах ефективне управління б'юті-продажами стає ключовим фактором успішного функціонування підприємства та забезпечення його ринкових позицій. Особливо це актуально для компаній, що працюють у сегменті косметики та професійних б'юті-послуг, зокрема для FRC French (м. Харків). Метою дослідження є розробка та обґрунтування напрямів удосконалення моделі організації управління б'юті-продажами підприємства FRC French (м. Харків) в умовах конкурентного ринкового середовища шляхом впровадження сучасних цифрових, маркетингових та управлінських інструментів для підвищення ефективності продажів і конкурентоспроможності підприємства.

Аналіз діяльності підприємства свідчить, що існуюча модель організації управління продажами потребує вдосконалення в частині автоматизації процесів, підвищення ефективності взаємодії з клієнтами та розширення каналів збуту. Традиційні підходи до управління продажами не забезпечують достатньої гнучкості в умовах динамічного ринку, що зумовлює необхідність впровадження інноваційних рішень.

Удосконалена модель організації управління б'юті-продажами передбачає комплексний підхід, що включає використання CRM-систем для управління клієнтською базою, аналізу поведінки споживачів та персоналізації пропозицій. Це дозволяє підвищити рівень лояльності клієнтів і збільшити обсяги повторних продажів. Важливим елементом є також впровадження

омніканальної системи продажів, яка поєднує офлайн– і онлайн-канали взаємодії з клієнтами. Особливу роль у підвищенні ефективності б'юті-продажів відіграє маркетингова стратегія підприємства. Використання цифрового маркетингу, соціальних мереж, таргетованої реклами та співпраці з інфлюенсерами дозволяє значно розширити цільову аудиторію та підвищити впізнаваність бренду FRC French. У сучасних умовах саме цифрові канали стають основним інструментом залучення клієнтів у б'юті-сегменті.

Не менш важливим є розвиток персоналу, який безпосередньо здійснює продажі та комунікацію з клієнтами. Підвищення кваліфікації працівників, навчання технікам продажів, розвитку сервісного обслуговування та комунікативних навичок сприяє покращенню якості взаємодії з клієнтами та збільшенню обсягів реалізації продукції. Додатково слід відзначити важливість аналітики продажів, яка дозволяє підприємству оперативно реагувати на зміни ринку, визначати найбільш ефективні товари та коригувати стратегію розвитку. Використання сучасних аналітичних інструментів забезпечує прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Комплексний підхід передбачає моніторинг результатів продажів та оцінку ефективності роботи персоналу за допомогою KPI, що включають кількість успішно завершених угод, середній чек, рівень задоволеності клієнтів та ефективність взаємодії всередині команди. Така систематична оцінка сприяє виявленню слабких місць та своєчасному коригуванню процесів, підвищує мотивацію працівників та формує культуру якості у відділі продажів.

Таким чином, удосконалення моделі організації управління б'юті-продажами підприємства FRC French повинно базуватися на інтеграції цифрових технологій, розвитку маркетингових інструментів та підвищенні професійного рівня персоналу.

Удосконалення моделі управління б'юті-продажами є ключовою умовою підвищення конкурентоспроможності підприємства FRC French в умовах сучасного ринку. Впровадження CRM-систем, омніканальних продажів, цифрового маркетингу та розвитку персоналу дозволяє значно підвищити ефективність продажів і рівень задоволеності клієнтів. Досвід ТОВ «FRC French» демонструє практичну ефективність компетентнісного підходу у менеджменті продажів і може слугувати моделлю для інших підприємств б'юті-індустрії в Україні. Комплексний підхід до організації управління забезпечує адаптацію підприємства до змін ринкового середовища та створює умови для його сталого розвитку.

Список літератури

1. Котлер Ф., Армстронг Г. Основи маркетингу. Київ: «Видавництво Старого Лева», 2020. 880 с.
2. Балабанова Л. В., Сардак О. В. Маркетинг: теорія і практика. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 568 с.
3. Лирик І. В. Управління продажами та клієнтським сервісом підприємства. Київ: КНЕУ, 2021. 342 с.

УДК 368:330.32

РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Шелест О. Л., к.е.н., доц.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
м. Харків, Україна, ashelest1973@gmail.com

Анотація. розглянуто роль інформаційних технологій у забезпеченні сталого розвитку сучасного суспільства. Проаналізовано основні напрями застосування цифрових технологій для підвищення ефективності управління ресурсами, зменшення негативного впливу на довкілля та підтримки соціально-економічного розвитку. Особливу увагу приділено використанню таких технологій, як штучний інтелект, великі дані, хмарні обчислення та Інтернет речей у процесі вирішення екологічних і економічних проблем.

Ключові слова: інформаційні технології; сталий розвиток; цифровізація; штучний інтелект; великі дані; Інтернет речей; хмарні технології; «розумні міста»; екологічний моніторинг; цифрова трансформація.

У сучасних умовах цифрової трансформації інформаційні технології виступають одним із ключових чинників забезпечення сталого розвитку соціально-економічних систем. Інтенсивна еволюція цифрових інструментів і платформ створює передумови для більш раціонального управління ресурсами, підвищення результативності виробничих процесів та формування нових стандартів якості життя населення. Інтеграція сучасних інформаційних рішень, зокрема інформаційних систем, хмарних сервісів, технологій штучного інтелекту та аналітики великих масивів даних, істотно розширює можливості для комплексного реагування на глобальні виклики. Застосування зазначених технологій сприяє ефективнішому вирішенню проблем, що виникають у сфері екологічної безпеки, економічного розвитку та соціальної стабільності.

Концепція сталого розвитку базується на досягненні збалансованості між економічним зростанням, соціальним прогресом і збереженням природного середовища. Запровадження сучасних цифрових платформ і інформаційно-аналітичних систем створює передумови для оперативного обміну даними, комплексного опрацювання значних масивів інформації та формування обґрунтованих управлінських рішень. Завдяки цьому підвищується результативність управління соціально-економічними процесами, а також забезпечується більш ефективна координація діяльності різних суб'єктів у напрямі досягнення цілей сталого розвитку. У рамках стратегічних ініціатив сталого розвитку одним із пріоритетних напрямів впровадження інформаційних технологій є організація системного екологічного моніторингу. Сучасні аналітичні цифрові платформи надають можливість інтегрованого контролю за станом природного середовища, здійснення кількісної та якісної оцінки забруднення повітря, водних ресурсів та ґрунтів, а також прогнозування потенційних екологічних загроз на основі емпірично обґрунтованих моделей.

Застосування мереж датчиків, супутникових систем дистанційного зондування Землі та спеціалізованого програмного забезпечення створює умови для підвищення ефективності контролю за використанням природних

ресурсів. Крім того, інтеграція зазначених технологічних рішень сприяє своєчасному виявленню негативних екологічних тенденцій і забезпечує можливість оперативного реагування на екологічні виклики, що є важливим елементом формування ефективної системи управління сталим розвитком.

Інформаційні технології є ключовим компонентом реалізації концепції «розумного міста» (Smart City), яка має на меті підвищення ефективності управління міською інфраструктурою та забезпечення більш комфортних і безпечних умов життя для населення.

Завдяки впровадженню цифрових рішень у міські системи стає можливим оптимізувати управління транспортом, енергетикою, комунальними послугами та іншими елементами інфраструктури, що сприяє підвищенню ресурсної ефективності, зменшенню витрат і поліпшенню загальної якості міського середовища. Використання сучасних цифрових рішень забезпечує впровадження інтелектуальних систем керування транспортними потоками, оптимізацію енергоспоживання, розвиток електронного урядування, а також підвищення ефективності функціонування міської інфраструктури [1].

Інтеграція інформаційно-комунікаційних технологій у систему міського управління сприяє більш раціональному використанню ресурсів, зменшенню витрат енергії та формуванню комфортного і безпечного міського середовища. У результаті реалізації таких цифрових ініціатив підвищується якість надання публічних послуг, посилюється ефективність управлінських процесів та забезпечується сталий розвиток урбанізованих територій.

Цифрові технології посідають важливе місце й у розвитку енергетичного сектору, оскільки їх використання сприяє підвищенню ефективності функціонування енергетичних систем. Інтеграція сучасних інформаційних рішень у діяльність енергетичних підприємств забезпечує оптимізацію процесів виробництва та розподілу енергоресурсів, а також створює можливості для системного контролю рівня їх споживання. Крім того, застосування інформаційно-комунікаційних технологій сприяє активнішому впровадженню відновлюваних джерел енергії та підвищує загальну ефективність енергетичної інфраструктури. Особливе значення у цьому контексті мають інтелектуальні енергетичні мережі (Smart Grid), які забезпечують більш гнучке та раціональне управління енергетичними потоками, що, у свою чергу, підвищує рівень енергетичної безпеки та стабільності функціонування енергетичних систем.

Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку сучасних інформаційних технологій є інтеграція штучного інтелекту та аналітики великих даних. Використання цих технологій забезпечує можливість опрацювання значних обсягів інформації, виявлення прихованих закономірностей та прогнозування потенційних змін у різних сферах діяльності. Наприклад, завдяки аналітичним алгоритмам великих даних можна прогнозувати потреби у споживанні енергії, оптимізувати транспортні маршрути в урбанізованих територіях або оцінювати екологічний стан певних регіонів. Додатково значну роль у підтримці сталого розвитку відіграють хмарні обчислення. Завдяки хмарним платформам інформація може зберігатися та оброблятися на віддалених серверах, що суттєво підвищує доступність даних

та зменшує витрати на створення і підтримку локальної інфраструктури. Крім того, централізоване розміщення обчислювальних потужностей дозволяє оптимізувати споживання енергетичних ресурсів, оскільки великі дата-центри працюють більш ефективно порівняно з розподіленими локальними системами, що сприяє загальному підвищенню екологічної ефективності цифрової інфраструктури. Перспективним напрямом розвитку сучасних цифрових технологій є використання Інтернету речей (IoT), який передбачає інтеграцію різноманітних пристроїв у єдину мережу для збору, обробки та обміну даними. Ця технологія дозволяє створювати взаємопов'язані системи, що забезпечують автоматизоване управління процесами в реальному часі та підвищують ефективність функціонування як інфраструктурних, так і промислових об'єктів. Така інтеграція створює можливості для автоматизованого управління критичною міською інфраструктурою, зокрема системами освітлення, водопостачання, опалення та іншими комунальними сервісами. У межах концепції «розумних міст» IoT дозволяє оптимізувати використання ресурсів, підвищувати енергоефективність та забезпечувати більш комфортні умови життя для населення. Завдяки цим технологіям міські системи стають більш адаптивними та інтегрованими, що сприяє покращенню якості управління інфраструктурою та ефективному реагуванню на потреби мешканців. [2].

Ще одним стратегічно важливим напрямом розвитку інформаційних технологій є створення та вдосконалення цифрових платформ для електронного урядування. Інтеграція сучасних інформаційних систем у діяльність органів державної влади забезпечує підвищення прозорості адміністративних процесів, поліпшення доступу громадян до публічних послуг та скорочення бюрократичних процедур. Це створює передумови для більш ефективного управління соціально-економічними процесами та підтримки сталого соціального розвитку. Водночас розвиток ІТ-технологій потребує врахування принципів екологічної відповідальності. Масштабне розширення цифрової інфраструктури, зокрема збільшення кількості пристроїв та дата-центрів, може призводити до підвищеного енергоспоживання та накопичення електронних відходів. Тому пріоритетними завданнями є впровадження енергоефективних рішень, розвиток «зелених» дата-центрів і активне використання відновлюваних джерел енергії. Отже, майбутній розвиток інформаційних технологій у контексті сталого розвитку тісно пов'язаний із процесами цифрової трансформації економіки, впровадженням інноваційних рішень та підвищенням ефективності управління ресурсами. Застосування сучасних цифрових технологій сприятиме формуванню екологічно безпечного, економічно стабільного та соціально орієнтованого суспільства, що відповідає принципам сталого розвитку.

Список літератури

1. Komninos N., Kakderi C., Panori A., Tsarchopoulos P. Smart City planning from an evolutionary perspective. Journal of Urban Technology. 2018. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/ref/10.1080/10630732.2018.1485368>.
2. Burch T. (2019). Surveyors and smart cities – partners in technology. GPS World. URL: <https://www.gpsworld.com/surveyors-and-smart-cities-partners-in-technology> (assessed 18 January 2022).

UDC 004.056:005.94(477)

CYBERSECURITY AND DIGITAL TRANSFORMATION OF SOCIETY – THE BIGGEST CHALLENGES OF TODAY

Levkin D., Candidate of Engineering Science, Associate Professor,
Kotko Ya. Candidate of Economics, Associate Professor,
Levkin A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Annotation. With the digital transformation of education, science, business, and other areas of human activity, ensuring cybersecurity on the internet has become a key national security priority for Ukraine.

Keywords: digital transformation, cybersecurity, artificial intelligence, remote format, national security of Ukraine

The application of information technology in all spheres of human activity expands personal freedom and helps generate new ideas and practical solutions. The rapid pace of digitalization of public and private structures in Ukraine simplifies the provision of services to society and, at the same time, exposes government agencies, military facilities, critical infrastructure, transportation facilities, and users' personal data to cyberattacks and cyber sabotage. Since 2022, cyberattacks on banking institutions have become more frequent, with the aim of manipulating the financial deposits of individuals and legal entities and stealing their personal data. Ensuring cybersecurity is a key aspect of Ukraine's national security, as cybersecurity guarantees determine the interests of society and the state [1]. The use of artificial intelligence opens up new opportunities for society, but at the same time creates new threats from cyberattacks. Cyberattacks include reconnaissance of the personal data of individuals and legal entities with the aim of destabilizing the situation in Ukraine, and extortion of money from Internet users through ransomware. At the same time, due to the imperfections of the cybersecurity system in newly created small and medium-sized enterprises, these enterprises are more vulnerable to cyberattacks than large companies and corporations. It should be noted that cyberattacks on critical infrastructure and large corporations occur through the disruption of key information systems. The mechanism for countering cyberattacks includes:

- *detection and identification of cyberattacks.* Cybersecurity specialists determine in advance the system's resistance to cyberattacks and cyber sabotage. The development of a modern cyberattack detection system is ensured through the analysis of deviations from the network activity established during the debugging of the system's information space;

- *protection against cyber-attacks.* The use of an automated anomaly detection system in an information system is more effective in solving cybersecurity problems than traditional engineering solutions that use quarantine restrictions and antivirus software;

- *an adequate response to cyberattacks.* Creating a comprehensive, interdisciplinary approach to integrating the legal and social aspects of cyber protection of personal data;

– *overcoming the consequences of cyberattacks*. It should be noted that today, due to the complete dependence of the technical and technological base of IT product manufacturers on foreign suppliers, it is difficult to replace risky technologies in enterprises.

In the context of remote learning, where the activities of companies and organizations are largely carried out through unsecured communication channels and devices scattered across different locations where Internet users are located, an effective system of control by state authorities over the cyber security of information networks is needed. However, due to the use of interdisciplinary methods to detect and counter cyberattacks, the traditional regulatory framework responsible for ensuring cybersecurity needs to be reformed and updated. In addition to the fact that specialists from various scientific fields need to be involved in combating cyberattacks and overcoming their consequences, for coordinated work in a team, it is necessary to develop mechanisms for interaction not only between the boss and employees, but also between specialists from different scientific fields.

Unfortunately, due to Internet users' violations of basic cyber hygiene rules, cyberattacks in Ukraine's information space have become more frequent recently. To raise public awareness of basic cybersecurity rules, it is necessary to organize lectures on methods of protection against cyberattacks and rules for overcoming their consequences in higher education institutions, enterprises, and organizations in Ukraine; and to post material on basic cyber hygiene rules in places of mass gathering (subway stations, supermarkets, shopping malls, etc.). It should be noted that a person's age, level of education, profession, and location affect their perception of Internet security. For Internet safety, you should only trust news from government websites, avoid opening suspicious links, and, if possible, verify information obtained from Internet sources [2, 3]. Parents need to explain the dangers of the Internet to their children and monitor who their children communicate with in instant messengers. In addition, the forced transition of learning and human activity to the online sphere creates risks of reduced physical activity and, as a result, deteriorating health. Therefore, it is necessary to take a break from electronic and digital gadgets through physical exercise and outdoor recreation.

References

1. Letychevskyi O.O. Suchasni naukovi problemy kiberbezpeky. *Visnyk NAN Ukrainy*. 2023. No. 2. S. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.15407/vsn2023.02.012>
2. Korzhov H., Yenin M. Kiberbezpeka v umovakh tsyfrovoi nerivnosti: do postanovky sotsiologichnoi problemy. *Visnyk NTU «KPI». Politolohiia. Sotsiologhiia. Pravo*. 2024. No. 3(63). S. 17–27. DOI: [https://doi.org/10.20535/2308-5053.2024.3\(63\).313487](https://doi.org/10.20535/2308-5053.2024.3(63).313487).
3. Kavun S., Levkina R., Kotko Y., Levkin D, Levkin A. Information Security in Project Management for the Financial and Budgetary Capacity of the National Economy. *CEUR Workshop Proceedings*. 2023. No. 3550. Pp. 246–254. Режим доступу: <https://ceur-ws.org/Vol-3550/short9.pdf>

УДК 37:004

ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ОСВІТИ ЯК СКЛADOVA СТАЛОГО РОЗВИТКУ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Самойленко О.В., к.п.н., доц.
Кривчук М.В., здобувач РВО магістр
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
м. Ніжин, Україна, samoilenko.ov@ndu.edu.ua

Анотація. Розглядаються можливості використання цифрових інструментів для моніторингу якості освіти та забезпечення сталого розвитку освітнього середовища. Аналізуються сучасні підходи до освітньої аналітики та використання даних у процесі управління закладом освіти.

Ключові слова: цифрові технології, моніторинг якості освіти, освітня аналітика

Протягом останніх років цифрові технології дедалі активніше впливають на розвиток освітньої сфери та організацію управління закладами освіти. Інформаційні системи, електронні платформи й аналітичні інструменти поступово стають важливою складовою управлінської діяльності, оскільки забезпечують можливість системного збору, опрацювання та узагальнення освітніх даних. У таких умовах особливої актуальності набуває створення ефективної системи моніторингу якості освіти, що дозволяє керівникам освітніх установ ухвалювати управлінські рішення на основі достовірної інформації та забезпечувати розвиток освітнього середовища відповідно до сучасних вимог. Проблематика оцінювання якості освіти та організації моніторингових процедур посідає помітне місце в сучасних наукових дослідженнях. Питання функціонування системи забезпечення якості освіти розглядаються у працях А. Гелеш. Формування дослідницької компетентності майбутніх менеджерів освіти як важливої умови ефективного управління аналізують О. Гречаник і О. Григораш. Значення внутрішнього оцінювання діяльності закладів освіти та ролі самоаналізу в управлінні якістю освітнього процесу обґрунтовує В. Громовий. Окремі аспекти застосування моніторингових механізмів у сучасній освітній практиці висвітлюють О. Денисюк, Н. Титаренко та Г. Зварич. Теоретичні та прикладні питання організації моніторингу розглядаються також у працях С. Кіриченка, О. Бугакової та Ж. де Кости. Наукові підходи до формування внутрішніх систем забезпечення якості освіти як складової освітнього менеджменту представлено у дослідженнях В. Мартинця та О. Солдаткіна. Аналіз наукових праць засвідчує, що моніторинг дедалі частіше розглядається як важливий управлінський інструмент, хоча питання його практичного впровадження у діяльність закладів освіти потребують подальшого опрацювання.

У науковій літературі моніторинг якості освіти трактується як безперервний процес збору та аналізу інформації про результати освітньої діяльності. Він охоплює оцінювання навчальних досягнень здобувачів освіти, аналіз ефективності освітніх технологій, вивчення особливостей освітнього середовища, а також визначення рівня задоволеності учасників освітнього процесу. Використання цифрових технологій значно розширює можливості здійснення таких процедур і підвищує їхню результативність. У практиці сучасних закладів освіти для організації моніторингових процесів застосовуються різноманітні цифрові платформи та інформаційні системи. Зокрема, для управління освітнім середовищем використовуються системи Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams. Для опрацювання та візуалізації даних застосовуються аналітичні інструменти Looker Studio (Google Data Studio) та Microsoft Power BI. Проведення

опитувань і збір зворотного зв'язку здійснюється за допомогою сервісів Google Forms і SurveyMonkey. Контроль навчальних результатів та організація освітнього процесу підтримуються електронними журналами і платформами «Нові знання», «Єдина школа», HUMAN, «Моя школа». Значну роль у накопиченні освітньої статистики відіграють державні інформаційні системи АІКОМ і ЄДЕБО, які містять дані про функціонування освітніх установ [1]. У сучасних дослідженнях з управління освітою дедалі більше уваги приділяється використанню освітньої аналітики (learning analytics) як інструменту підтримки управлінських рішень. Її застосування передбачає збирання та аналіз даних, що формуються в цифрових освітніх середовищах, системах дистанційного навчання та електронних платформах управління освітнім процесом. Як зазначають G. Siemens і P. Long, аналіз освітніх даних дозволяє виявляти закономірності навчальної діяльності та прогнозувати результати навчання [3, с. 30-40].

У практиці освітнього менеджменту для цього використовуються аналітичні інструменти Tableau, Microsoft Power BI, модулі аналітики платформ Canvas Analytics і Moodle Learning Analytics, а також системи оброблення освітніх даних Learning Locker та OpenLRS. Їх застосування дає змогу відстежувати динаміку освітніх показників, аналізувати активність здобувачів освіти та оцінювати результативність освітніх програм. На думку R. Ferguson, використання освітньої аналітики сприяє підвищенню ефективності управління освітніми організаціями, оскільки забезпечує прийняття рішень на основі даних [4, с. 304-317]. Використання цифрових систем моніторингу сприяє також підвищенню відкритості управління закладами освіти. Аналітичні дані можуть бути доступними для різних учасників освітнього процесу – адміністрації, педагогів, здобувачів освіти та батьків. Це створює передумови для розвитку партнерської взаємодії та формування культури прозорого управління.

У контексті сталого розвитку освітніх організацій важливого значення набуває здатність закладів освіти постійно вдосконалювати власну діяльність. Цифрові інструменти моніторингу забезпечують системний зворотний зв'язок, що дозволяє своєчасно коригувати освітні програми, підвищувати якість навчання та ефективніше використовувати наявні ресурси [2]. Отже, використання цифрових інструментів у процесі моніторингу якості освіти створює нові можливості для розвитку освітнього менеджменту. Аналіз освітніх даних, застосування сучасних інформаційних платформ та впровадження аналітичних систем сприяють підвищенню ефективності управління закладами освіти та забезпечують умови для їх сталого розвитку.

Список літератури

1. Інструменти моніторингу ефективності інформаційно-цифрового середовища закладів загальної середньої освіти: методичні рекомендації/ О. Овчарук, М. Лещенко, О. Гриценчук, Н. Сороко, І. Іванюк, О. Кравчина, І. Малицька; за заг.ред. О. Овчарук. Київ: ІЦО НАПН України. 2025. 100 с. URL:<https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/>
2. Цілі сталого розвитку. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-stalohorozvytku>
3. Siemens G., Long P. Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education // *EDUCAUSE Review*. 2011. Vol. 46(5). P. 30-40. URL:<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3321831>
4. Ferguson R. Learning Analytics: Drivers, Developments and Challenges // *International Journal of Technology Enhanced Learning*. 2012. Vol. 4(5-6). P. 304-317. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816>

УДК 004.056:623.746.4-519

КІБЕРЗАХИЩЕНА СИСТЕМА АВТОНОМНОГО МОНІТОРИНГУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ЗОН

Крайнюк О.В., к.т.н., доц.
Репринцева А.С., здобувач, РВО бакалавр
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, alenauvarova@ukr.net

Анотація. У роботі розглядається проблема цифровізації охорони праці через системи аеромоніторингу, що створює критичну залежність від стабільності каналів зв'язку. Обґрунтовано необхідність розробки автономних алгоритмів на засадах периферійних обчислень (Edge AI) для протидії кібератакам типу DoS та спуфінгу навігаційних сигналів. Метою дослідження є моделювання кіберзахищеної системи, здатної самостійно ідентифікувати аномалії та підтримувати функції безпеки праці без постійного зв'язку з сервером.

Ключові слова: периферійні обчислення, кіберстійкість, БпЛА, охорона праці, засоби індивідуального захисту, алгоритм безпечної відмови (Fail-Safe), Edge AI, імітаційне моделювання

Сьогодні важко уявити сучасне велике підприємство чи енергетичний об'єкт без використання безпілотних технологій. Використання дронів для моніторингу небезпечних зон стало не просто технічною новинкою, а необхідністю для збереження людських життів [1, 2, 3]. Наприклад, коли потрібно перевірити стан висотної димової труби, обстежити лінію електропередач під напругою або знайти місце витоку газу на хімічному заводі, дрон виконує цю роботу набагато швидше та безпечніше за людину [4]. Це дозволяє персоналу залишатися на безпечній відстані, отримуючи всю необхідну інформацію в реальному часі.

Актуальність цієї теми зумовлена стрімким розвитком штучного інтелекту та цифрової інфраструктури. В умовах сучасних технологічних викликів, автоматизація контролю безпеки на виробництві дозволяє значно знизити рівень травматизму та запобігти екологічним катастрофам [5]. Проте, попри широке впровадження безпілотників, існує суттєва проблема, яка часто залишається поза увагою. Більшість популярних систем моніторингу повністю залежать від стабільного зв'язку з центральним сервером або оператором [6].

Саме тут виникає критичне протиріччя. Якщо під час обстеження небезпечного об'єкта відбудеться обрив зв'язку або спрямована кібератака на канали передачі даних, дрон перетворюється на некерований об'єкт, який сам може стати причиною аварії. Більш того, передача відеопотоку на віддалений сервер для аналізу займає час, якого в екстреній ситуації може просто не бути. Існуючі методи захисту інформації часто занадто громіздкі для легких літальних апаратів, що робить їх вразливими до втручання в систему управління або підміни координат.

Отже, постає важлива наукова та практична проблема: як навчити дрон бути самостійним та захищеним від зовнішнього цифрового впливу, щоб він

міг виконувати завдання навіть у критичних умовах повної ізоляції від мережі.

Метою даного дослідження є розробка концепції кіберзахищеної системи, яка здатна обробляти дані безпосередньо на борту літального апарату. Ми прагнемо довести, що перенесення інтелектуальних функцій до самого пристрою дозволяє не лише пришвидшити реакцію на небезпеку, але й створити надійний бар'єр проти кіберзагроз, роблячи процес моніторингу автономним та безпечним.

Сучасна архітектура більшості систем моніторингу на базі БпЛА побудована за принципом централізації, де дрон виконує роль лише терміналу для збору даних, а основні обчислювальні процеси відбуваються на віддаленому сервері. Така повна залежність апарата від постійного та високошвидкісного зв'язку із центром управління створює критичні ризики для промислової безпеки. Якщо дрон виконує інспекцію всередині залізобетонних конструкцій, ангарів або на територіях із сильними електромагнітними завадами, розрив з'єднання стає неминучим. У такому разі пристрій втрачає здатність отримувати команди, що може призвести до його падіння або зіткнення з об'єктами інфраструктури, які він мав би захищати.

Ще однією вагомою проблемою централізованих систем є суттєва затримка сигналу, що виникає під час передачі великих обсягів відеоданих через хмарні сервіси. Кожен етап – від кодування відео на борту до його обробки на сервері та повернення аналітичної відповіді – додає дорожочінні секунди до часу реакції. У контексті моніторингу небезпечних зон, де ситуація може змінитися миттєво (наприклад, раптовий викид полум'я або поява працівника в зоні роботи механізмів), затримка навіть у дві-три секунди робить систему відеоаналітики неефективною, оскільки попередження прийде вже після того, як подія сталася.

Окрему увагу слід приділити вразливості каналів зв'язку до цілеспрямованих кібератак. Централізована модель управління є «відкритими дверима» для зловмисників, які можуть використовувати методи перехоплення сигналу для отримання конфіденційної інформації про об'єкт. Більш небезпечними є атаки типу «спуфінг», коли зовнішній агресор підміняє реальні GPS-координати дрона фальшивими. У такому випадку система безпеки апарата вважає, що він знаходиться в безпечній зоні, тоді як насправді він може бути спрямований на зіткнення з критично важливим обладнанням. Відсутність інтелектуальних механізмів перевірки даних безпосередньо на борту робить дрон повністю беззахисним перед такими цифровими втручаннями, перетворюючи корисний інструмент моніторингу на потенційну загрозу для всього підприємства.

Для подолання критичних недоліків централізованого управління пропонується перехід до нової архітектури моніторингу, що базується на технології Edge AI або периферійних обчислень. Основна ідея цієї концепції полягає в тому, щоб перенести «центр прийняття рішень» із віддаленого хмарного сервера безпосередньо на борт безпілотного апарата. У такій моделі дрон перестає бути просто транслятором відеосигналу; він перетворюється на автономну інтелектуальну одиницю, здатну самостійно аналізувати

навколишнє середовище та миттєво реагувати на виявлені загрози без очікування підтвердження від зовнішньої мережі.

Реалізація такого підходу стала можливою завдяки появі спеціалізованих компактних обчислювальних модулів, розроблених спеціально для роботи зі штучним інтелектом. Сучасні рішення, як-от сімейство плат NVIDIA Jetson або Google Coral, мають надзвичайно малу вагу та низьке енергоспоживання, що дозволяє легко інтегрувати їх у конструкцію невеликих промислових дронів. Ці модулі оснащені потужними графічними ядрами, які здатні в реальному часі запускати складні нейронні мережі для розпізнавання об'єктів, виявлення пожеж або аналізу траєкторії руху техніки безпосередньо під час польоту.

Впровадження локальної обробки даних надає системі моніторингу низку стратегічних переваг. По-перше, це кардинальне підвищення швидкості реакції: оскільки дані не подорожують через інтернет до сервера і назад, час від виявлення небезпеки до подачі сигналу тривоги скорочується до сотих часток секунди. По-друге, значно зростає рівень конфіденційності, адже критично важлива інформація про внутрішній стан об'єкта взагалі не покидає борт апарата, що автоматично знімає ризик її перехоплення під час передачі. Нарешті, повна незалежність від інтернету та зовнішніх мереж робить таку систему максимально живучою в умовах складної радіоелектронної обстановки або навмисних спроб заблокувати зв'язок, що є ключовим фактором для забезпечення стабільної безпеки на виробництві.

Ключовим елементом запропонованої системи є інтелектуальні механізми розпізнавання загроз, які працюють у реальному часі. Використання легких нейронних мереж, оптимізованих для периферійних обчислень, дозволяє дрону самостійно ідентифікувати порушення норм охорони праці. Наприклад, система здатна миттєво виявити відсутність захисних шоломів або сигнальних жилетів у персоналу, що перебуває в небезпечній зоні. Такий автоматизований контроль значно знижує вплив людського фактора, оскільки дрон може подати звуковий сигнал або надіслати сповіщення про порушення ще до того, як станеться нещасний випадок.

Проте справжня кіберстійкість системи проявляється в її здатності адекватно реагувати на критичні зміни у власному стані. Для цього розроблено спеціальний алгоритм дій на випадок втрати зв'язку або виявлення ознак цілеспрямованого цифрового втручання. Якщо вбудовані датчики фіксують аномалії в радіосигналі, що характерно для спроб глушіння, або розбіжності між даними GPS та інерціальної системи навігації (ознака спуфінгу), дрон автоматично припиняє виконання основного завдання. Система переходить у режим підвищеного захисту, блокуючи зовнішні порти управління та покладаючись виключно на внутрішні сенсори для орієнтації у просторі.

Для мінімізації ризиків пошкодження дорогого обладнання або травмування людей передбачені чіткі протоколи безпечного завершення польоту. У разі виникнення позаштатної ситуації система активує режим повернення до точки зльоту за заздалегідь записаним безпечним маршрутом, який не потребує зовнішнього сигналу навігації. Якщо ж ситуація оцінюється як критична, наприклад, при виявленні повної відмови систем позиціонування,

дрон реалізує протокол аварійної посадки в найближчій ізольованій зоні. Така зона визначається автоматично за допомогою бортової камери, яка шукає вільний від людей та техніки майданчик, що гарантує максимальний рівень безпеки навіть у найскладніших умовах кібератаки.

У межах дослідження було розроблено алгоритм функціонування бортової системи, який можна представити у вигляді класичної блок-схеми. Логіка алгоритму базується на замкненому циклі «Сприйняття – Аналіз – Дія».

На першому етапі система отримує дані з камер та сенсорів. Далі відбувається паралельна перевірка: аналіз виробничої ситуації (пошук порушень) та самодіагностика стану каналів зв'язку. Якщо нейромережа ідентифікує небезпеку на підприємстві, дрон миттєво реагує локально (рис. 1).

Особлива увага в алгоритмі приділена «вузлу безпеки», а саме перевірці валідності навігаційних даних. У разі виявлення розбіжностей між сигналами супутників та внутрішніми гіроскопами (що свідчить про кібератаку), система ігнорує зовнішні команди та переходить до виконання протоколу автономного повернення. Це виключає можливість перехоплення управління зловмисниками.

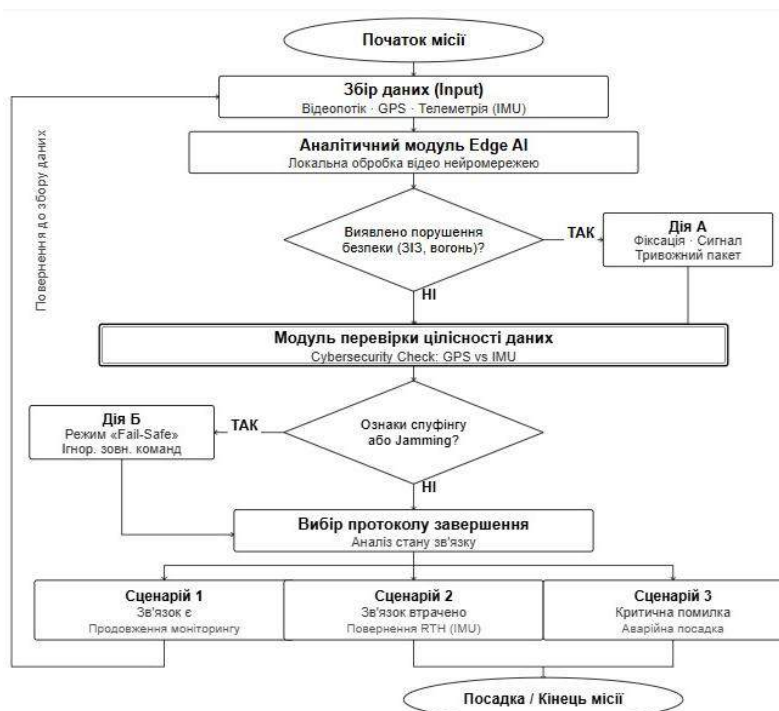


Рисунок 1 – Алгоритм функціонування бортового контролера БпЛА в умовах деструктивних мережевих впливів

Для підтвердження ефективності запропонованої концепції було проведено аналіз ключових показників роботи системи у порівнянні з класичною хмарною архітектурою. Основним критерієм оцінки стала швидкість реакції на критичну подію – час від моменту фіксації небезпеки камерою до прийняття рішення про дію.

Результати моделювання (зображені на графіку нижче) показують, що при використанні хмарних обчислень затримка становить у середньому 2.25 секунди (із можливим зростанням до 3 секунд залежно від завантаження

мережі). Це зумовлено складним ланцюжком передачі даних. Натомість автономна система на базі Edge AI демонструє час реакції у межах 0.08–0.1 секунди.

Така різюча різниця у швидкості пояснюється спрощенням шляху, який проходять дані. У хмарній архітектурі інформація має подолати шість етапів, включаючи кодування та фізичну передачу через мережу, що є «вузьким місцем» системи. В автономній моделі цей шлях скорочується до трьох локальних кроків, що виключає вплив мережових затримок та робить систему незалежною від якості інтернет-з'єднання (рис. 2).

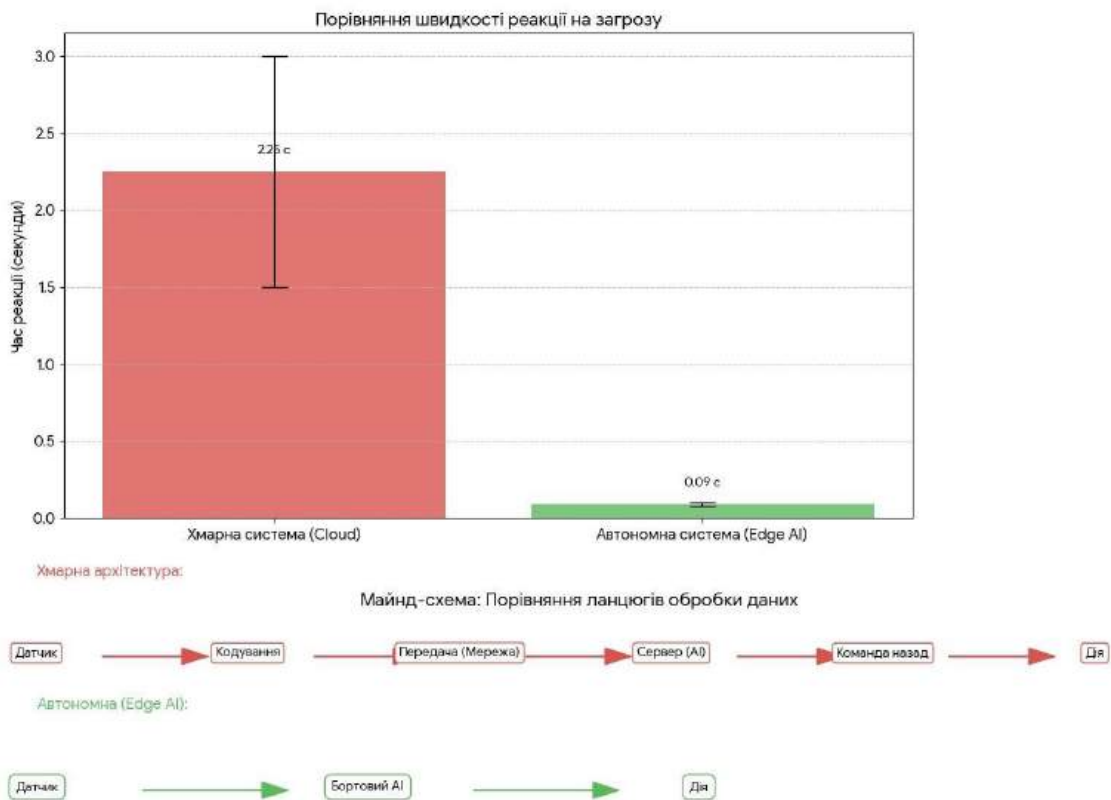


Рисунок 2 – Порівняльний аналіз швидкості та логіки обробки даних у централізований та автономній архітектурах БпЛА

Важливим етапом дослідження стала оцінка роботи БпЛА в умовах інтенсивних радіозавад та спроб кібервтручань. Традиційні дрони за таких умов втрачають стабільність керування, оскільки їхній «інтелект» знаходиться поза межами апарата. Автономна система Edge AI показала високу стійкість: навіть при повному блокуванні зовнішніх сигналів зв'язку, апарат продовжував виконувати аналіз зони моніторингу та коректно розпізнавав об'єкти (наприклад, наявність шоломів у персоналу), покладаючись на власні обчислювальні ресурси.

Отримані результати підтверджують, що децентралізоване управління дозволяє не лише пришвидшити реакцію системи безпеки в десятки разів, а й зробити її захищеною від зовнішніх цифрових впливів. Це доводить, що інтелектуальна автономність є найбільш перспективним шляхом розвитку для кіберзахищених промислових систем.

У межах наукової роботи було теоретично обґрунтовано та практично підтверджено ефективність застосування периферійних обчислень для створення кіберзахисених систем аеромоніторингу. Встановлено, що перехід від централізованих архітектур до автономних алгоритмів на базі Edge AI дозволяє повністю нівелювати загрози інформаційного паралічу під час DoS-атак або спроб підміни навігаційних сигналів. Завдяки розробленій тристановій моделі адаптивної поведінки та впровадженню протоколів Fail-Safe, безпілотний апарат здатен підтримувати критичні функції контролю безпеки праці навіть за умов повної цифрової ізоляції об'єкта.

Результати імітаційного моделювання продемонстрували, що локальна обробка даних нейромережами класу YOLO Tiny скорочує час реакції на небезпеку до 0,09 секунди, що є в десятки разів швидшим показником порівняно з традиційним дистанційним управлінням або хмарними сервісами. Це дозволяє не лише гарантувати стабільність моніторингу в агресивному радіоелектронному середовищі, а й забезпечити високий рівень захисту персональних даних через відмову від трансляції відеопотоку у відкриті мережі. Таким чином, запропонований підхід перетворює БпЛА на інтелектуальний автономний вузол безпеки, що здатний ефективно мінімізувати виробничий травматизм у реальному часі.

Список літератури

1. Aiello G., Hopps F., Santisi D., Venticinque M. The Employment of Unmanned Aerial Vehicles for Analyzing and Mitigating Disaster Risks in Industrial Sites. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2020. Vol. 67. P. 519–530. DOI: <https://doi.org/10.1109/tem.2019.2949479>.
2. Rabajczyk A., Zboina J., Zielecka M., Fellner R. Monitoring of Selected CBRN Threats in the Air in Industrial Areas with the Use of Unmanned Aerial Vehicles. *Atmosphere*. 2020. Vol. 11, № 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11121373>.
3. Asadzadeh S., Oliveira W., De Souza Filho C. UAV-based remote sensing for the petroleum industry and environmental monitoring: State-of-the-art and perspectives. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2021. Vol. 208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109633>.
4. Nooralishahi P., Ibarra-Castaneda C., Deane S., López F. [et al.]. Drone-Based Non-Destructive Inspection of Industrial Sites: A Review and Case Studies. *Drones*. 2021. Vol. 5, № 4. P. 106. DOI: <https://doi.org/10.3390/drones5040106>.
5. Kon T. The Importance of the Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in the Oil and Gas Industry. *Petroleum Science and Engineering*. 2024. Vol. 8, № 2. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.pse.20240802.11>.
6. Mendu B., Mbuli N. State-of-the-Art Review on the Application of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Power Line Inspections: Current Innovations, Trends, and Future Prospects. *Drones*. 2025. Vol. 9, № 4. P. 265. DOI: <https://doi.org/10.3390/drones9040265>.

УДК 37:004

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ОСВІТНЬОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ЯК УМОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ

Самойленко О.В., к.п.н., доц.
Пекалева В.О., здобувачка РВО магістр
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
м. Ніжин, Україна, samoilenko.ov@ndu.edu.ua

Анотація. Досліджено роль цифрових технологій у модернізації управління закладом освіти. Обґрунтовано значення цифрової трансформації освітнього менеджменту для підвищення ефективності управлінських процесів і забезпечення якості освітніх послуг.

Ключові слова: освітній менеджмент, цифровізація управління, інформаційні технології, цифрова трансформація освіти, ефективність управління

Розвиток інформаційних технологій і поширення цифрових сервісів поступово змінюють підходи до організації управління в освітній сфері. У практиці діяльності закладів освіти дедалі ширше використовуються електронні інформаційні системи, автоматизовані бази даних і цифрові платформи, що забезпечують опрацювання та зберігання управлінської інформації. Це зумовлює необхідність переосмислення традиційних управлінських підходів і посилює увагу до проблеми цифрової трансформації освітнього менеджменту, яка пов'язана із застосуванням сучасних технологічних рішень у процесі управління освітніми організаціями.

У науковій літературі цифрову трансформацію освітнього менеджменту зазвичай пов'язують із поступовим оновленням підходів до управління освітніми організаціями на основі використання цифрових технологій. Йдеться передусім про впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у повсякденну управлінську діяльність, автоматизацію окремих адміністративних процедур, застосування електронних інформаційних систем і аналітичних інструментів для опрацювання управлінських даних та підтримки прийняття рішень. Як зазначає М. Фуллан, використання цифрових технологій розширює можливості управління, оскільки дозволяє працювати з великими масивами інформації, удосконалювати комунікацію та забезпечувати більш обґрунтоване стратегічне планування розвитку освітніх організацій [3]. Н. Селвін розглядає цифровізацію освіти як багатовимірний соціально-організаційний процес, пов'язаний із впровадженням цифрових платформ і інформаційних систем у діяльність освітніх інституцій [4].

У вітчизняних дослідженнях проблематика цифровізації управління освітою також посідає важливе місце. Зокрема, В. Биков пов'язує цифрову трансформацію освіти зі створенням цифрового освітнього середовища та розширенням можливостей використання інформаційно-комунікаційних технологій у системі управління освітою [1, с. 20-26]. О. Спірін та інші автори, підкреслюють значення цифрових платформ і мережевих сервісів для модернізації управлінських процесів і розвитку інформаційної взаємодії в освітніх організаціях [2].

Однією зі складових цифрової трансформації управління є впровадження електронного документообігу, який забезпечує створення, реєстрацію, оброблення, зберігання та передавання управлінських документів у цифровому форматі. Використання електронних систем документообігу дає змогу оптимізувати роботу з управлінською документацією, скоротити час опрацювання документів, підвищити контроль за виконанням управлінських рішень і зменшити обсяг паперових носіїв інформації. У практиці управління можуть використовуватися цифрові платформи та корпоративні середовища, зокрема Microsoft 365, Google Workspace, SharePoint, M.E.Doc, «Вчасно», що забезпечують організацію електронного документообігу та спільну роботу з управлінськими документами.

Важливу роль у цифровізації управлінської діяльності відіграють також відомі державні інформаційні системи, зокрема Єдина державна електронна база з питань освіти (ЄДЕБО) та АІКОМ (Автоматизований інформаційний комплекс освітнього менеджменту), які забезпечують накопичення та систематизацію управлінської інформації. Для аналітичної підтримки управління застосовуються інструменти оброблення й візуалізації даних, зокрема Microsoft Power BI, Tableau, Looker Studio, що дозволяють узагальнювати інформацію та формувати аналітичні звіти. Отже, цифрова трансформація освітнього менеджменту передбачає системне впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у сферу управління закладами освіти. Використання електронного документообігу, інформаційних систем управління та цифрових аналітичних інструментів сприяє підвищенню ефективності управлінської діяльності, забезпечує прозорість управлінських процедур і створює умови для модернізації системи управління освітніми організаціями.

Список літератури

1. Биков В.Ю. Цифрова трансформація суспільства і розвиток комп'ютерно-технологічної платформи освіти і науки України. Матеріали методологічного семінару НАПН України "Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку". 4 квітня 2019 р. / За ред. В.Г. Кременя, О.І. Ляшенка. К, 2019. С. 20-26. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/>.
2. Цифрова трансформація в освіті: виклики та перспективи: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (15-16 квітня 2025 року, м. Київ) / Упорядники: Твердохліб І.А., Малюх Є.В. Київ: Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, 2025. 324 с. URL: <https://enpuirb.udu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b6b7f639-1209-4f6a-a55b-ed6fece44020/content>.
3. Fullan M. The New Meaning of Educational Change. New York: Teachers College Press, 2016. URL: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3088134>.
4. Selwyn N. Should Robots Replace Teachers? Cambridge: Polity Press, 2019. URL: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3627290>.

УДК 614.8

ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ МЕТОДИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ НЕБЕЗПЕК ЯК ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УМОВАХ ВОЄННОГО ВПЛИВУ

Рашкевич Н.В., Ph.D

Національний університет цивільного захисту України
м. Черкаси, Україна, rashkevych_nina@nuczu.edu.ua

Анотація. Проведено аналіз сучасних підходів до оцінювання техногенних загроз, спричинених воєнними діями, зокрема забруднення ґрунтів та підземних вод небезпечними речовинами, а також методів моніторингу, математичного моделювання і використання геоінформаційних та цифрових технологій для прогнозування і управління ризиками надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: техногенні загрози, воєнні дії, забруднення ґрунтів, геоінформаційні системи, моніторинг довкілля.

Воєнні дії супроводжуються руйнуванням об'єктів критичної інфраструктури, що призводить до вивільнення небезпечних речовин та формування техногенних загроз. Унаслідок цього забруднювачі накопичуються у ґрунтовому покриві та мігрують у підземні води, утворюючи осередки тривалого забруднення [1]. Такі процеси впливають на екологічний стан територій і становлять небезпеку для населення, а їх динаміка визначається інтенсивністю уражень, типом застосованого озброєння та умовами території [2]. Техногенні процеси, спричинені бойовими діями, мають складний багатофакторний характер, що ускладнює їх дослідження традиційними методами. Зокрема, обмежений доступ до уражених територій та ризики для персоналу обумовлюють необхідність використання дистанційних та інформаційно-аналітичних підходів [3]. У цьому контексті наукові дослідження орієнтовані на розроблення математичних моделей, здатних описувати процеси формування та поширення забруднення. У роботі [4] запропоновано підхід до формалізації впливу техногенного навантаження на стан ґрунтів і ґрунтових вод із урахуванням параметрів уражень, характеристик середовища та умов міграції забруднювачів. Такі моделі дозволяють здійснювати просторово-розподілене оцінювання рівнів забруднення та визначати потенційно небезпечні зони. Дослідження [5] доповнює ці підходи визначенням умов існування математичних моделей і формуванням структурних елементів інформаційно-технічних методів, що включають підсистеми збору, обробки та інтерпретації даних. Реалізація моделей у практичній площині потребує розроблення алгоритмів, що забезпечують обробку вхідних даних та формування показників безпеки. У роботі [6] представлено алгоритмічні підходи, які передбачають інтеграцію геопросторової інформації про ураження з природними характеристиками території, що дозволяє отримувати кількісні оцінки ризиків. Такі алгоритми можуть бути використані у складі систем підтримки прийняття рішень у сфері цивільного захисту.

Геоінформаційні технології застосовуються для забезпечення просторової інтеграції різнорідних даних та їх візуалізації. У роботі [7] показано підходи до геопросторового профілювання територій, що дозволяє здійснювати зонування за рівнем небезпеки та формувати карти ризику, що, у свою чергу, сприяє визначенню пріоритетних напрямів реагування та плануванню заходів щодо зниження наслідків техногенних впливів.

Методи моніторингу стану довкілля є джерелом вхідних даних для моделей. У дослідженнях [8] розглянуто використання сучасних технологій контролю водних ресурсів, включаючи дистанційні та інструментальні методи. Робота [9] присвячена визначенню концентрацій забруднювачів та розробці експрес-методів аналізу для оперативного отримання інформації про стан середовища, тоді як у [10] запропоновано оцінювання забруднення ґрунтів за показниками електропровідності, що може виступати індикатором техногенного впливу. Цифровізація процесів моніторингу та управління даними дозволяє підвищити ефективність аналізу. У роботі [11] описано використання QR-технологій для збору, передачі та систематизації інформації, що підвищує оперативність обробки даних та забезпечує їх доступність для різних рівнів управління, сприяючи формуванню єдиного інформаційного простору для оцінки техногенних ризиків.

Таким чином, результати аналізу наукових джерел свідчать про розвиток підходів, що поєднують математичне моделювання, геоінформаційні системи та сучасні технології моніторингу для дослідження процесів формування та поширення техногенного забруднення. Зазначені підходи орієнтовані на забезпечення інформаційної підтримки прийняття рішень у сфері попередження надзвичайних ситуацій та відновлення безпеки територій.

Список літератури

1. Рашкевич Н.В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень / Н.В. Рашкевич // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – Том 4. – Вип. 178. – С. 232-251. – DOI: 10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251.
2. Рашкевич Н.В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з небезпекою ґрунтових вод / Н.В. Рашкевич, О.М. Мирошник, Р.І. Шевченко // Збірник наукових праць «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація». – Черкаси: ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. – Том 7. – № 2. – С. 193-216.
3. Рашкевич Н.В. Попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру в зоні бойових дій / Н.В. Рашкевич, О.С. Рашкевич, О.В. Ребров, Р.І. Шевченко // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – Том 4. – Вип. 185. – С. 211-220.
4. Рашкевич Н.В. Теорія і практика розробки інтегрованої моделі оцінювання забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на уражених територіях / Н.В. Рашкевич,

- В.А. Краснов, О.С. Рашкевич // Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека». – Черкаси: НУЦЗ України, 2025. – Вип. 18 (2/2025). – С. 23-33. – DOI: 10.52363/2522-1892.2025.2.3.
5. Рашкевич Н. Формування умов існування математичної моделі попередження надзвичайних ситуацій на територіях забруднених залишками ракетно-артилерійського ураження / Н. Рашкевич, О. Шевченко, І. Рушак, В. Крадожон, В. Краснов // Journal of Scientific Papers Social Development and Security. – 2025. – Volume 15. – № 5. – Р. 151-161. – DOI: 10.33445/sds.2025.15.5.12.
6. Рашкевич Н.В. Формування алгоритму інформаційно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації на територіях, що зазнали ракетно-артилерійських уражень / Н.В. Рашкевич, Р.І. Шевченко, О.В. Нешпор // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – Том 3. – Вип. 184. – С. 223-228. – DOI: 10.33042/2522-1809-2024-3-184-223-228.
7. Рашкевич Н.В. Процедури геопросторового профілювання території можливого радіаційного забруднення внаслідок ракетно-артилерійських уражень / Н.В. Рашкевич, В.А. Краснов, А.С. Гузь // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – Харків: ХНАДУ, 2025. – № 111. – С. 158-165. – DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2025.111.0.158.
8. Рашкевич О.С. Формування методики лазерного моніторингу надзвичайної ситуації техногенного характеру на території, що зазнала ракетно-артилерійського ураження / О.С. Рашкевич, Н.В. Рашкевич, Р.І. Шевченко, А.О. Хмирова // Journal of Scientific Papers Social Development and Security. – 2024. – Volume 14. – № 4. – С. 171-180. – DOI: 10.33445/sds.2024.14.4.14.
9. Loboichenko V., Nikitina N., Leonova N., Konovalova O., Bondarenko A., Zemlianskyi O., Rashkevich N. (2024). Study of the features of determination of heavy metals in bottom sediments. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1348, 012014.
10. Рашкевич Н.В. Оцінка забруднення ґрунтів у районах ураження ракетно-артилерійських систем за показниками електропровідності / Н.В. Рашкевич, Р.С. Мележик, А.В. Перегін, В.А. Краснов // Збірник наукових праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». – Черкаси: НУЦЗ України, 2025. – № 2 (42). – С. 294-303. – DOI: 10.52363/2524-0226-2025-42-19.
11. Вовчук Т. Формування інформаційної QR-технології моніторингу стану поверхневих вод на територіях, які постраждали внаслідок бойових дій / Т. Вовчук, В. Лобойченко, Н. Рашкевич, О. Шевченко, Р. Шевченко // Scientific foundations in research in Engineering: collective monograph / Korniylo I., Gnyp O. – International Science Group. – Boston: Primedia eLaunch, 2022. – С. 357–368. – DOI: 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.2.

UDC 519.6

SYSTEM ARCHITECTURE AND ALGORITHMIC BASIS OF NUMERICAL METHODS IN IT INFRASTRUCTURE

Kapiton A., d.p.s, professor
Yuriy Kondratyuk Poltava Polytechnic National University
Poltava, Ukraine, kits_seminar@ukr.net

Abstract: The topic of the study is the analysis of the system architecture and algorithmic basis of numerical methods in IT infrastructure. Modern numerical methods are analyzed, which are considered as algorithmic structures intended for discrete approximation of continuous mathematical models.

Keywords: numerical methods, information technology, infrastructure, algorithms, system architecture

A topical topic today is the study of the system architecture and algorithmic basis of numerical methods in IT infrastructure, based on the analysis of the conceptual model of computational mathematics. Modern numerical methods are considered as algorithmic structures designed for discrete approximation of continuous mathematical models. In modern software development, numerical methods are integrated into the following stacks: Deep Learning and Optimization (neural network training is based on the Stochastic Gradient Descent and Backpropagation algorithms. These are examples of numerical minimization of loss functions in multidimensional spaces); Computer Vision: (using Fast Fourier Transform and wavelet analysis for signal filtering and image compression); Digital Twins and Physics Engines (real-time implementation of the Finite Element Method for game engines and computer-aided design[1]. The next component of our analysis is algorithmic complexity. The effectiveness of numerical methods is assessed by their computational complexity: Matrix Operations - the classical Gaussian method has a complexity that is inefficient for Big Data; Scalability - when designing systems, not only time complexity is taken into account. A feature of modern methods is their focus on massively parallel computing - parallelization and hardware acceleration: General-Purpose GPU - transferring calculations from the CPU to graphics accelerators using CUDA or OpenCL, which allows performing thousands of arithmetic operations simultaneously; Distributed Computing - using MPI protocols and frameworks to distribute the computational load between cluster nodes. Special attention is paid to software implementation and DevOps. The implementation of numerical algorithms requires the use of proven low-level abstractions: BLAS/LAPACK; High-level Wrappers - use of NumPy, PyTorch and TensorFlow libraries, which delegate heavy calculations to optimized C++/CUDA backends; Containerization - deployment of computing environments in Docker/Kubernetes to ensure reproducibility of results regardless of the host system configuration. In the IT industry, numerical methods are the foundation for Data Science and High-Performance Computing (HPC). Their development is aimed at increasing the energy efficiency of calculations and adapting algorithms to the specifics of modern hardware.

Reference list

1. Information technology and automation – 2025 URL: <https://ontu.edu.ua/download/konfi/2025/Collection-of-abstracts-of-the-conference-ITIA-2025.pdf>

УДК 338.48:004.8

ЕВОЛЮЦІЯ ЦИФРОВИХ РІШЕНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ В ЕРУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Даниленко В.В., к.е.н., доц.
Гридчина Є.А., здобувачка РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, danylenko.14@btu.kharkov.ua

Анотація. Робота досліджує еволюцію цифрових рішень у сфері туризму – від інформаційних вебплатформ до інтелектуальних систем на основі штучного інтелекту, орієнтованих на досягнення Цілей сталого розвитку ООН. На основі аналізу актуальних міжнародних наукових досліджень 2025 року виявлено ключові тенденції цифрової трансформації туристичної галузі, визначено роль ШІ як каталізатора сталого зростання та окреслено регуляторні й етичні виклики, які супроводжують упровадження інтелектуальних технологій у туристичну практику.

Ключові слова: штучний інтелект, сталий розвиток туризму, цифрові рішення, вебтехнології, цілі сталого розвитку, цифрова трансформація, розумний туризм

Туризм належить до галузей, які найбільш чутливо реагують на технологічні зміни, адже якість туристичного досвіду та ефективність управління DESTINATIONAMI безпосередньо залежать від доступних цифрових інструментів. Протягом останніх десятиліть галузь пройшла шлях від статичних інформаційних ресурсів мережі Web 1.0 до динамічних інтерактивних платформ, а нині стоїть на порозі якісно нового етапу – інтеграції систем штучного інтелекту в усі ланки туристичного ланцюга цінності. Паралельно зростає усвідомлення того, що технологічний прогрес у туризмі має бути узгоджений із глобальним порядком денним сталого розвитку, закріпленим у Цілях сталого розвитку ООН (ЦСР). Метою даної роботи є аналіз еволюції цифрових рішень у туризмі крізь призму їх відповідності принципам сталості та потенціалу ШІ як системного каталізатора цих процесів.

Цифрова трансформація туристичної галузі розгорталася поетапно. Перший етап, Web 1.0, характеризувався статичними інформаційними сайтами готелів, авіакомпаній та туроператорів, що виконували виключно презентаційну функцію. Другий етап – поява динамічних платформ бронювання, агрегаторів пропозицій і систем управління відносинами з клієнтами – суттєво підвищив операційну ефективність галузі. Третій, сучасний етап ознаменований масовим впровадженням таких технологій ШІ, як системи рекомендацій, предиктивна аналітика, чат-боти і розумні системи управління DESTINATIONAMI. Саме на цьому етапі цифрові рішення набули потенціалу безпосередньо сприяти досягненню ЦСР, передусім ЦСР 8 (гідна праця та економічне зростання), ЦСР 11 (сталі міста), ЦСР 12 (відповідальне споживання) та ЦСР 13 (пом'якшення наслідків зміни клімату). Роль вебтехнологій, при цьому, визначається як інфраструктурний шар, який забезпечує операціоналізацію принципів сталості на рівні конкретних туристичних продуктів і DESTINATIONAMI [1].

Систематичний огляд Alves, Arantes та Moreira (2025), що охопив 76 публікацій рівня Q1, виявив чотири ключові тематичні кластери взаємодії ІІІ та сталого туризму: спільне створення цінності в ланцюгах постачання, сервісні інновації, управління досвідом і нові технологічні рубежі [2]. Дослідники встановили, що ІІІ здатний підвищити сталість туристичних операцій шляхом оптимізації їх ефективності, просування етичного управління та інклюзивності. Особливо значущим є висновок про те, що впровадження ІІІ-рішень безпосередньо корелює з прогресом у досягненні ЦСР 9, 11, 12 і 13, хоча масштаби цього впливу суттєво варіюються залежно від специфіки дестинації та зрілості цифрової інфраструктури.

Кількісне підтвердження цих висновків забезпечує дослідження Siddik et al. (2025), проведене на матеріалі десяти провідних туристичних дестинацій світу із застосуванням методів штучних нейронних мереж (ANN) та економетричного моделювання [3]. Результати засвідчили, що рівень впровадження ІІІ є статистично значущим позитивним чинником сталого туристичного зростання поряд із ВВП на душу населення та рівнем урбанізації. Цей приклад є найпоказовішим великомасштабним емпіричним дослідженням, яке встановлює причинно-наслідковий зв'язок між технологіями ІІІ та показниками сталого розвитку туристичної галузі, відкриваючи нові перспективи для доказової розробки туристичної політики.

Поряд із позитивними тенденціями наукова спільнота фіксує суттєві застереження щодо надмірно оптимістичних оцінок ролі ІІІ в сталому туризмі. Hall і Cooper (2025), аналізуючи 148 наукових праць, констатують, що більшість задокументованих зв'язків між ІІІ та ЦСР у туризмі є спекулятивними та узагальненими [4]. Автори наголошують на необхідності критичного підходу до оцінки компромісів. Наприклад, алгоритмічна упередженість систем рекомендацій, на їхню думку, може посилювати нерівномірність туристичних потоків, концентруючи їх у вже перевантажених дестинаціях. У свою чергу, надмірна персоналізація загрожує автентичності культурного досвіду, а залежність від цифрових платформ підвищує вразливість малих і середніх туристичних підприємств. Питання витіснення робочих місць, захисту персональних даних і цифрового розриву між розвиненими та менш розвиненими регіонами також залишаються без вичерпних відповідей. Синтез розглянутих досліджень дозволяє сформулювати низку обґрунтованих прогнозів щодо подальшої еволюції цифрових рішень у сфері сталого туризму. По-перше, інтелектуальні системи управління дестинаціями, що інтегрують дані в реальному часі про туристичні потоки, вуглецевий слід і навантаження на екосистеми, стануть стандартом для туристично розвинених регіонів. По-друге, генеративний ІІІ трансформує персоналізацію туристичного досвіду, спрощуючи процес формування маршрутів і рекомендацій, які враховують не лише вподобання туриста, а й критерії екологічної та соціальної сталості. По-третє, регуляторний тиск – зокрема в рамках EU AI Act – стимулюватиме розробку верифікованих стандартів якості ІІІ-рішень для туристичної галузі. Нарешті, зростатиме роль регіональних вебплатформ як медіаторів між глобальними ІІІ-рішеннями та

місцевими потребами сталого розвитку, що особливо актуально для ринків Центральної та Східної Європи.

Окреслені прогнози, однак, набувають реалістичніших контурів лише у зіставленні з тими структурними протиріччями, які виявив критичний аналіз наявних досліджень. Саме розходження між декларованими можливостями ІІІ і задокументованими наслідками його застосування є, мабуть, найважливішим аналітичним результатом, що виникає при синтезі досліджених джерел. Туристична галузь має специфічну вразливість щодо такого розриву: вона надзвичайно фрагментована, залучає стейкхолдерів різного масштабу – від транснаціональних платформ до малих сімейних підприємств – і функціонує в контексті, де соціальні, екологічні та економічні наслідки рішень взаємно переплетені. За цих умов ІІІ-система, оптимізована за одним параметром (наприклад завантаженістю готелів або задоволеністю індивідуального туриста) цілком здатна одночасно погіршувати показники за іншим, концентруючи потоки, витісняючи місцевих операторів або поглиблюючи сезонний дисбаланс.

Еволюція цифрових рішень у туризмі відображає ширшу трансформацію галузі від операційної ефективності до системної орієнтації на принципи сталості. Штучний інтелект виступає потужним, проте ще недостатньо регульованим каталізатором цих змін. Емпіричні дані підтверджують позитивний вплив ІІІ на показники сталого туристичного зростання, тоді як критичний аналіз застерігає від надмірного оптимізму. Ефективність ІІІ-рішень у досягненні ЦСР суттєво залежить від якості цифрової інфраструктури, зрілості регуляторного середовища та готовності стейкхолдерів галузі до відповідального впровадження технологій. Подальші дослідження мають зосередитись на розробці верифікованих методологій оцінки реального внеску цифрових рішень у досягнення конкретних ЦСР, а також на вивченні регіональної специфіки цифрової трансформації туризму в умовах різного рівня технологічного розвитку.

Список літератури

1. Даниленко В. В. Роль вебтехнологій у досягненні цілей сталого розвитку в туризмі. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку агропродовольчої сфери, індустрії гостинності та торгівлі: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Харків, 4 листопада 2025 р.). Харків: ДБТУ, 2025. С. 288–289.
2. Alves J., Arantes L., Moreira A. C. AI-powered sustainable tourism: Aligning innovations with the sustainable development goals. *Journal of Hospitality & Tourism Research*. 2025. DOI: 10.1177/14673584251409416.
3. Siddik A. B., Forid M. S., Yong L., Du A. M., Goodell J. W. Artificial intelligence as a catalyst for sustainable tourism growth and economic cycles. *Technological Forecasting and Social Change*. 2025. Vol. 210. Article 123875. DOI: 10.1016/j.techfore.2024.123875.
4. Hall C. M., Cooper C. Making tourism smart in the age of artificial intelligence. *Current Issues in Tourism*. 2025. Vol. 28, No. 1. P. 1–5. DOI: 10.1080/13683500.2025.2460922.

УДК 631.03

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЧИННИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Шишко І.М.,
заступник директора з навчально-виховної роботи
комунальний заклад «Харківський ліцей № 113
Харківської міської ради
м. Харків, Україна, shishko_iren@ukr.net

Анотація. У тезах розглянуто роль інформаційних технологій у забезпеченні сталого розвитку суспільства. Проаналізовано основні напрями використання цифрових технологій у сфері екології, економіки та соціального розвитку. Визначено потенціал інформаційних систем, штучного інтелекту, великих даних та цифрових платформ для вирішення глобальних проблем сучасності, зокрема зміни клімату, раціонального використання ресурсів та підвищення ефективності управління.

Ключові слова: сталий розвиток, інформаційні технології, цифровізація, екологічний моніторинг, штучний інтелект, великі дані, цифрові платформи

Сучасний світ стикається з низкою глобальних викликів, серед яких зміна клімату, виснаження природних ресурсів, забруднення довкілля, зростання соціальної нерівності. Для подолання цих проблем міжнародна спільнота визначила концепцію сталого розвитку як стратегічний напрям розвитку людства.

Сталий розвиток передбачає збалансоване поєднання економічного зростання, соціального добробуту та збереження довкілля. У цьому контексті інформаційні технології стають важливим інструментом підтримки прийняття рішень, аналізу даних і впровадження інноваційних рішень у різних сферах діяльності.

Проблематика використання інформаційних технологій для сталого розвитку активно досліджується у працях сучасних українських і зарубіжних науковців. Значна увага приділяється ролі цифрових технологій у підвищенні ефективності управління природними ресурсами, розвитку «розумних» міст, екологічного моніторингу та оптимізації виробничих процесів.

Дослідники підкреслюють, що впровадження інформаційно-комунікаційних технологій сприяє підвищенню прозорості управління, розвитку електронного урядування та залученню громадян до вирішення екологічних і соціальних проблем.

Інформаційні технології є одним із ключових факторів трансформації сучасного суспільства. Вони сприяють ефективному використанню ресурсів, оптимізації управлінських процесів та розвитку інновацій.

Цифрові технології дозволяють збирати, обробляти та аналізувати великі обсяги інформації, що дає змогу прогнозувати екологічні ризики, оптимізувати використання енергетичних ресурсів та розробляти стратегії сталого розвитку.

Одним із важливих напрямів застосування інформаційних технологій є екологічний моніторинг. Сучасні цифрові системи дозволяють здійснювати

постійний контроль стану довкілля, відстежувати рівень забруднення повітря, води та ґрунтів.

Супутникові технології, сенсорні мережі та системи дистанційного зондування Землі забезпечують оперативне отримання інформації про зміни в природному середовищі. Це дозволяє своєчасно реагувати на екологічні загрози та розробляти ефективні заходи щодо їхнього запобігання.

Інформаційні технології активно застосовуються у сфері енергетики для підвищення ефективності використання енергоресурсів. Системи «розумних мереж» (smart grid) забезпечують оптимальне розподілення електроенергії, зменшення втрат та інтеграцію відновлюваних джерел енергії.

Крім того, використання технологій аналізу великих даних дозволяє прогнозувати споживання енергії та оптимізувати енергетичні процеси.

Штучний інтелект і технології аналізу великих даних відіграють важливу роль у реалізації концепції сталого розвитку. Вони дозволяють моделювати складні соціально-економічні процеси, прогнозувати наслідки управлінських рішень і розробляти оптимальні стратегії розвитку.

Наприклад, алгоритми машинного навчання використовуються для прогнозування змін клімату, аналізу екологічних ризиків, оптимізації транспортних систем та підвищення ефективності виробництва.

Важливим напрямом є використання інформаційних технологій у сфері освіти. Цифрові освітні платформи, онлайн-курси та інтерактивні ресурси сприяють поширенню знань про принципи сталого розвитку.

Застосування інформаційних технологій у навчальному процесі дозволяє формувати екологічну свідомість, розвивати критичне мислення та підвищувати рівень цифрової грамотності учнів і студентів.

Інформаційні технології відіграють важливу роль у забезпеченні сталого розвитку сучасного суспільства. Їх використання сприяє ефективному управлінню природними ресурсами, підвищенню енергоефективності, розвитку екологічного моніторингу та вдосконаленню систем управління.

Застосування цифрових технологій, штучного інтелекту та великих даних створює нові можливості для вирішення глобальних екологічних і соціально-економічних проблем. Подальший розвиток інформаційних технологій та їх інтеграція у різні сфери діяльності є важливою умовою досягнення цілей сталого розвитку.

Список літератури

1. Биков В. Ю. Цифрова трансформація освіти і суспільства. – Київ: Інститут цифровізації освіти НАПН України, 2021.
2. Морзе Н. В., Співак С. М. Інформаційно-комунікаційні технології в освіті. – Київ: Університет «Україна», 2020.
3. Биков В. Ю., Лещенко М. П. Цифровізація суспільства і розвиток освіти. – Київ, 2022.

УДК 666.97.013-52:004.8

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРОТУАРНОЇ ПЛИТКИ

Нечитайло Ю.А., к.т.н., доц.
Радченко В.В., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, nechitaylo@btu.kharkov.ua

Анотація. Розглядається питання підвищення ефективності процесу виготовлення тротуарної плитки шляхом впровадження системи автоматизованого керування. Проведено аналіз технологічного процесу виробництва та визначено основні параметри, що підлягають контролю і регулюванню. Розроблено алгоритм автоматизованого керування, який забезпечує поетапну координацію роботи технологічного обладнання, включаючи процеси дозування, змішування, формування та твердіння виробів. Особливу увагу приділено реалізації адаптивних механізмів керування, зокрема корекції водоцементного співвідношення з урахуванням вологості сировини та контролю гомогенності суміші. Запропонований підхід дозволяє підвищити стабільність технологічного процесу, покращити якість готової продукції та зменшити витрати матеріальних і енергетичних ресурсів. Отримані результати можуть бути використані при розробці та модернізації автоматизованих систем керування у виробництві будівельних матеріалів..

Ключові слова: автоматизація, система керування, ПЛК, технологічний процес, вібрація, пресування, температура, вологість

Зростання обсягів будівництва та благоустрою територій у сучасних умовах зумовлює необхідність підвищення ефективності виробничих процесів і забезпечення стабільної якості продукції. Тротуарна плитка є одним із найбільш поширених матеріалів для облаштування пішохідних зон, прибудинкових територій та промислових об'єктів, у зв'язку з чим вимоги до її міцності, геометричної точності та довговічності постійно зростають. Окрім цього, значну роль відіграють естетичні характеристики виробів, які також повинні бути стабільними від партії до партії.

За таких умов традиційні методи керування технологічними процесами, що значною мірою залежать від людського фактора, не забезпечують необхідного рівня точності, повторюваності та стабільності результатів. Наявність ручного керування призводить до коливань параметрів технологічного процесу, що, у свою чергу, негативно впливає на якість продукції, збільшує відсоток браку та знижує ефективність використання ресурсів.

Використання систем автоматизованого керування дозволяє здійснювати безперервний контроль і регулювання основних технологічних параметрів процесу виготовлення тротуарної плитки, зокрема дозування компонентів суміші, режимів віброущільнення, часу формування та твердіння виробів. Автоматизація виробництва сприяє зменшенню втрат матеріалів, підвищенню продуктивності обладнання та зниженню енерговитрат, що є важливим чинником у забезпеченні конкурентоспроможності підприємств будівельної

галузі. Крім того, впровадження сучасних засобів автоматизації створює передумови для підвищення рівня безпеки праці, зменшення впливу шкідливих виробничих факторів та покращення умов роботи обслуговуючого персоналу.

Розробка системи автоматизованого керування виготовленням тротуарної плитки є актуальним науково-практичним завданням, яке відповідає сучасним тенденціям розвитку промислової автоматизації. Особливого значення набуває інтеграція таких систем у загальну структуру цифрового виробництва, що дозволяє реалізувати принципи Industry 4.0, зокрема моніторинг, аналіз і оптимізацію виробничих процесів у режимі реального часу.

Система керування процесом виготовлення тротуарної плитки функціонує відповідно до заданої логіки автоматизованого циклу, що забезпечує послідовне та узгоджене керування всіма технологічними операціями – від подачі сировини до завершального контролю якості готової продукції. Побудова системи здійснена на основі принципів автоматичного керування з урахуванням безперервності виробничого процесу, узгодженості роботи обладнання та дотримання вимог виробничої безпеки. Блок-схему алгоритму керування наведено на рис. 1.

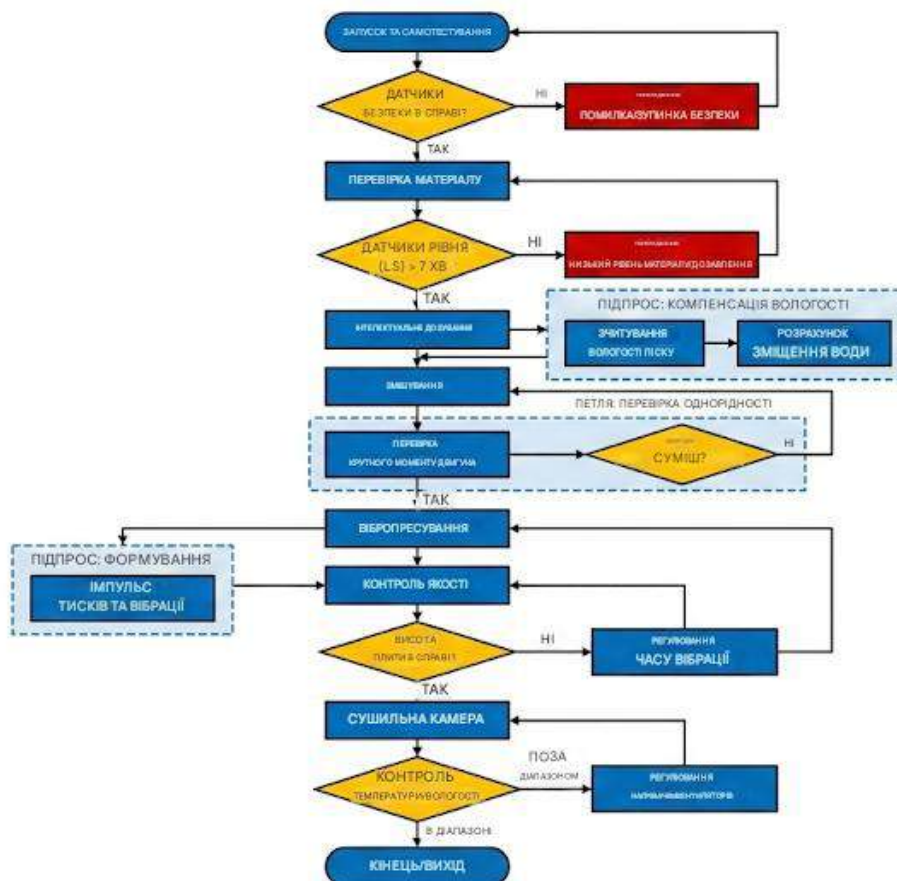


Рис.1. Блок-схема алгоритму керування процесом виготовлення тротуарної плитки

Синтез алгоритму керування процесом виготовлення тротуарної плитки здійснюється на основі детального аналізу технологічної схеми виробництва, визначення контрольованих параметрів та встановлення логічної послідовності виконання операцій. Основною метою алгоритму є забезпечення стабільного

протікання технологічного процесу, точного дотримання рецептури суміші, синхронізації роботи обладнання та своєчасного реагування на відхилення параметрів від заданих значень. Алгоритм функціонує у циклічному режимі, передбачає можливість ручного, напіваавтоматичного та автоматичного керування, а також реалізує захисні та блокувальні функції.

Початковим етапом роботи системи є ініціалізація та самодіагностика. Після подачі живлення контролер виконує перевірку стану входів і виходів, справності датчиків рівня, маси, температури та положення виконавчих механізмів. Проводиться контроль наявності сировини у видаткових бункерах, перевірка стану захисних огорожень та відсутності сигналів аварійної зупинки. У разі невідповідності хоча б одного параметра система формує сигнал блокування запуску та відображає повідомлення оператору. Лише після підтвердження готовності всіх вузлів алгоритм переходить до виконання виробничого циклу. Такий підхід дозволяє запобігти запуску системи в аварійних або небезпечних умовах.

Важливою складовою алгоритму є контроль ресурсів перед початком дозування. Передбачено обов'язкове опитування датчиків рівня у бункерах, і у разі фіксації недостатньої кількості сировини виробничий цикл автоматично призупиняється. Одночасно здійснюється контроль стану міжблокувань: при відкритті захисних елементів або спрацюванні аварійної зупинки система негайно деактивує виконавчі механізми. Це забезпечує високий рівень безпеки функціонування обладнання.

Наступним етапом є керування транспортуванням і дозуванням компонентів. Після отримання команди «Пуск» активуються конвеєри та живильники, що забезпечують подачу сировини до змішувача. Алгоритм передбачає адаптивне дозування компонентів із урахуванням вологості заповнювачів. Дані від вологоміра використовуються для корекції водоцементного співвідношення, що дозволяє підвищити точність рецептури та забезпечити стабільні властивості суміші. Такий підхід дозволяє мінімізувати вплив зовнішніх факторів, зокрема змін вологості сировини, на кінцеву якість продукції.

Третій етап алгоритму пов'язаний із процесом змішування. На відміну від традиційних рішень із фіксованим часом перемішування, запропонований алгоритм передбачає контроль гомогенності суміші за навантаженням електродвигуна змішувача. Стабілізація струму двигуна свідчить про досягнення однорідної структури, після чого система подає команду на вивантаження суміші. Додатково може здійснюватися контроль часу змішування як допоміжного параметра, що підвищує надійність функціонування системи.

Четвертий етап реалізує цикл формування виробів. Алгоритм координує подачу суміші, роботу вібропреса та контроль параметрів ущільнення. Додатково реалізовано контур контролю якості: після кожного циклу вимірюються геометричні параметри виробу, і у разі відхилення автоматично коригуються режими роботи обладнання. Це дозволяє адаптувати процес до

змін властивостей матеріалу або технічного стану обладнання, а також зменшити кількість дефектної продукції.

П'ятим кроком є керування процесом витримування та сушіння. Реалізовано ПІД-регулювання температури та вологості середовища, що забезпечує рівномірний набір міцності виробів. Система безперервно порівнює поточні параметри із заданими значеннями та формує керуючі впливи на виконавчі механізми. Це дозволяє уникнути появи тріщин, деформацій та інших дефектів, пов'язаних із порушенням режимів твердіння.

Завершальний етап алгоритму включає розпалублення, очищення, сортування та транспортування готової продукції. Система координує роботу обладнання, здійснює облік виготовленої продукції та передає інформацію до системи візуалізації. Передбачено також аварійний режим, у якому всі механізми зупиняються у безпечній послідовності для запобігання пошкодженню обладнання.

Для реалізації алгоритму доцільно використовувати програмований логічний контролер промислового виконання, зокрема Siemens SIMATIC S7-1200. Даний контролер має достатню кількість входів і виходів, підтримує підключення модулів розширення та забезпечує інтеграцію з операторськими панелями. Підтримка стандарту ІЕС 61131-3 дозволяє реалізувати алгоритм у вигляді функціональних блоків або послідовної логіки станів. Використання такого ПЛК забезпечує надійність роботи системи, гнучкість налаштування та можливість подальшої модернізації виробничої лінії. Запропонований алгоритм автоматизованого керування процесом виготовлення тротуарної плитки охоплює всі основні стадії технологічного процесу. Запропонований підхід забезпечує узгоджену роботу обладнання, точність дозування компонентів та стабільність технологічних параметрів. Реалізація адаптивних механізмів керування, зокрема корекції водоцементного співвідношення та контролю гомогенності суміші, дозволяє підвищити якість готової продукції та зменшити вплив зовнішніх факторів. Використання зворотних зв'язків і сучасних засобів автоматизації сприяє підвищенню ефективності виробництва, зниженню витрат ресурсів та покращенню умов праці. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та модернізації автоматизованих систем керування у будівельній галузі.

Список літератури

1. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Programmable Controller – System Manual. – Версія 4.5, 05/2021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/241/109797241/att_1066673/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf
2. Real Games. Factory I/O – User Manual. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.factoryio.com/manual/>
3. Smart automation in roadbuilding: more precise asphalt reclamation and paving – connected, automated and fully integrated. – Режим доступу: <https://lectura.press/en/article/smart-automation-in-roadbuilding-more-precise-asphalt-reclamation-and-paving-connected-automated-and-fully-integrated/65250>

УДК 504.064.3

МОНІТОРИНГ ТЕРИТОРІЙ НАВКОЛО СХОВИЩ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

Рашкевич Н.В., PhD,

Краснов В.А., здобувач РВО PhD

Національний університет цивільного захисту України

м. Черкаси, Україна, rashkevych_nina@nuczu.edu.ua,

Рашкевич О.С., к.т.н.

3-й ДПРЗ Головного управління ДСНС України у Харківській області

м. Харків, Україна, 37asrras@gmail.com

Анотація. Розглянуто підхід до моніторингу територій навколо сховищ відпрацьованого ядерного палива на основі геопросторового аналізу, моделювання міграції забруднювачів та інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: відпрацьоване ядерне паливо, моніторинг територій, геопросторовий аналіз, радіаційне забруднення, інформаційно-аналітична система

Функціонування сховищ відпрацьованого ядерного палива пов'язане з необхідністю постійного контролю стану навколишньої території, оскільки навіть локальне порушення цілісності інженерних бар'єрів або пошкодження окремих елементів інфраструктури може призвести до формування складного просторового поля забруднення. У такому випадку недостатньо фіксувати лише факт перевищення контрольних показників.

Потрібно визначати конфігурацію зони впливу, напрямки перенесення радіонуклідів, середовища-накопичувачі, потенційні шляхи міграції та ділянки, де забруднення з найбільшою ймовірністю проявиться у першу чергу. Саме тому моніторинг територій навколо сховищ відпрацьованого ядерного палива слід розглядати як задачу поєднання геоінформаційних систем, моделей поширення забруднення, баз даних спостережень та процедур просторової інтерпретації результатів [1–4].

Для територій такого типу характерна багатокомпонентність контролю. Необхідно одночасно відстежувати стан приземного шару атмосфери, ґрунтового покриву, поверхневих вод, ґрунтових вод, техногенно трансформованих ділянок, дренажних ліній, локальних понижень рельєфу та водозбірних напрямків. Дані з різних джерел залишаються роз'єднаними: результати дозиметричних вимірювань не пов'язуються з морфометрією місцевості, проби ґрунтів не інтерпретуються разом із гідрогеологічними умовами, а окремі аномалії не вбудовуються у сценарій розвитку події.

У праці [1] показано, що під час оцінювання наслідків аварії на сховищі відпрацьованого ядерного палива слід враховувати не лише сам рівень радіаційного впливу, а й просторовий характер його реалізації. Це означає, що система моніторингу має бути орієнтована не на набір розрізнених точок спостереження, а на побудову цифрової моделі території з накладанням усіх факторів, що впливають на розповсюдження забруднення.

Система моніторингу повинна включати кілька рівнів.

Перший рівень – базове геопросторове описання території. На цьому етапі формують цифрову картографічну основу: межі майданчика, санітарно-захисні зони, гідромережу, елементи рельєфу, дренажну інфраструктуру, транспортні комунікації, характер землекористування, типи ґрунтів, глибину залягання ґрунтових вод, локальні водозбірні басейни.

Другий рівень – шар даних спостережень: результати дозиметричного контролю, пробовідбору ґрунтів, вод, донних відкладів, а також інформація від стаціонарних або мобільних постів контролю.

Третій рівень – сценарне моделювання, у межах якого оцінюють можливі траєкторії поширення забруднювачів за різних умов пошкодження, метеорологічної обстановки, інтенсивності інфільтрації та напрямків підземного стоку.

Четвертий рівень – аналітичний, де результати агрегуються у карти ризику, пріоритетності спостережень та зон першочергового реагування.

Одним із елементів аналізу є геопросторове профілювання території. Його зміст полягає не лише у візуалізації потенційно небезпечної площі, а у виділенні структурних елементів ландшафту, через які забруднення буде переміщуватися або накопичуватися. У роботі [3] запропоновано підхід до геопросторового профілювання територій можливого радіаційного забруднення, який може бути адаптований і для задач контролю навколо сховищ відпрацьованого ядерного палива. Передусім це стосується використання цифрових моделей рельєфу, процедур зонування за напрямками стоку, просторового виділення бар'єрних і транзитних зон, а також ранжування ділянок за ймовірністю накопичення забруднювачів. Такий підхід дає змогу перейти від формального радіального охоплення території навколо об'єкта до логіки, де мережа моніторингу підпорядковується будові місцевості. Наприклад, дві точки, розташовані на однаковій відстані від сховища, можуть мати принципово різний пріоритет контролю через відмінності у мікрорельєфі, типі ґрунтів, наявності водотривких прошарків або зв'язку з лініями поверхневого стоку.

Для контролю стану ґрунтів та ґрунтових вод доцільно використовувати модель, у якій поєднані результати натурних вимірювань, просторові характеристики геологічного середовища та розрахункові сценарії міграції забруднювачів. У джерелі [2] обґрунтовано підхід до розробки моделі оцінювання забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на уражених територіях. У контексті сховищ відпрацьованого ядерного палива це означає, що система моніторингу не повинна обмежуватися фіксацією концентрацій у контрольних точках. Потрібно аналізувати зв'язок між місцем можливого надходження забруднення, сорбційними властивостями ґрунтів, глибиною проникнення, швидкістю фільтрації, сезонною мінливістю зволоження, напрямками руху ґрунтових вод і близькістю до водоприймальних об'єктів. Саме на цьому рівні інформаційні технології стають інструментом не тільки збереження даних, а побудови причинно-просторової картини процесу.

У роботі [5] розглянуто використання електропровідності водної витяжки ґрунту як показника сумарного вмісту розчинених іонів, що можуть бути пов'язані з продуктами вибухових реакцій та техногенним впливом у районах ураження ракетно-артилерійських систем. Авторами застосовано просторово-глибинний підхід до відбору проб із урахуванням відстані від місця ураження та глибини залягання ґрунтового шару. У межах моніторингу територій навколо сховищ відпрацьованого ядерного палива такий підхід може бути використаний як додатковий інструмент попереднього виділення ділянок для подальшого лабораторного контролю.

У межах моніторингу навколо сховищ відпрацьованого ядерного палива доцільно виділити три режими роботи інформаційної системи.

Перший – фоновий режим, коли формують базу довгострокових спостережень, уточнюють просторову мінливість природного радіаційного фону, перевіряють репрезентативність мережі пунктів контролю, накопичують дані для побудови сезонних і багаторічних профілів.

Другий – режим підвищеної уваги, коли фіксуються відхилення від нормального функціонування об'єкта, зміни технічного стану споруд або зовнішні фактори впливу, що потребують ущільнення мережі спостережень і запуску сценарного прогнозування.

Третій – післяаварійний режим, у межах якого інформаційна система повинна працювати як засіб просторового супроводу рішень: визначати черговість маршрутів обстеження, оптимізувати точки відбору проб, оновлювати межі прогнозованої зони впливу та формувати карти для органів реагування.

Окрему технічну проблему становить локалізація можливих вторинних джерел забруднення. Після первинного викиду або витoku формуються ділянки акумуляції, з яких забруднювачі можуть повторно надходити до поверхневих чи підземних вод. Тому для повноцінного моніторингу потрібні не лише карти розподілу показників, а й процедури зворотного просторового аналізу, які дозволяють визначати найбільш імовірне джерело або вузол формування вторинного перенесення. У роботі [4] розглянуто моделювання процесу пошуку джерел забруднення водних об'єктів; цей підхід може бути використаний для побудови алгоритмів просторової ретроспекції, коли за сукупністю зафіксованих перевищень у контрольних створах визначаються можливі траєкторії надходження забруднення до водного середовища. Для територій поблизу сховищ це має практичне значення в умовах складної гідрографічної мережі, наявності технічних каналів, дренажних систем і локальних водозбірних знижень.

З погляду архітектури даних, така система моніторингу має спиратися на єдину геобазу, в якій об'єднано растрові шари дистанційного зондування, векторні тематичні карти, результати лабораторних аналізів, часові ряди вимірювань і сценарні розрахунки. Це створює основу для автоматизованого оновлення тематичних карт, просторової інтерполяції, побудови профілів ризику та формування аналітичних звітів. Інструментально така система може реалізовуватися із застосуванням ГІС-платформ, цифрових моделей рельєфу,

баз просторових даних, модулів багатокритеріального аналізу та веб-інтерфейсів для віддаленого доступу до результатів. Цифровізація моніторингу дає можливість не просто накопичувати інформацію, а скорочувати час переходу від спостереження до управлінського рішення.

Таким чином, моніторинг територій навколо сховищ відпрацьованого ядерного палива доцільно розглядати як інформаційно-аналітичну систему, у якій просторові дані, результати спостережень та моделі міграції забруднювачів узгоджено використовуються в межах єдиного аналітичного підходу. Для цього доцільно поєднувати підходи оцінювання радіаційного впливу, комплексного моделювання стану ґрунтів і ґрунтових вод, геопросторового профілювання території та алгоритми пошуку джерел забруднення водних об'єктів. У сукупності це дозволяє формувати не лише карту поточного стану, а й цифровий сценарій розвитку ситуації, придатний для планування спостережень, виявлення критичних зон та підтримки рішень щодо захисту довкілля та населення.

Список літератури

1. Краснов В.А. Оцінка радіаційного впливу під час аварії на сховищі відпрацьованого ядерного палива / В.А. Краснов, Н.В. Рашкевич // Комунальне господарство міст. Серія: інформаційні технології та інженерія. – 2025. – Том 6. – Вип. 194. – С. 74-81. – DOI: 10.33042/3083-6727-2025-6-194-74-81.
2. Рашкевич Н.В. Теорія і практика розробки інтегрованої моделі оцінювання забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на уражених територіях / Н.В. Рашкевич, В.А. Краснов, О.С. Рашкевич // Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека». – 2025. – Том 18. – № 2. – С. 23-33. – DOI: 10.52363/2522-1892.2025.2.3.
3. Рашкевич Н.В. Процедури геопросторового профілювання території можливого радіаційного забруднення внаслідок ракетно-артилерійських уражень / Н.В. Рашкевич, В.А. Краснов, А.С. Гузь // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2025. – № 111. – С. 158-165. – DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2025.111.0.158.
4. Рашкевич Н.В. Моделювання процесу пошуку джерел забруднення водних об'єктів в умовах сучасних військових загроз / Н.В. Рашкевич, О.С. Шевченко, В.А. Краснов // Maritime security of the Baltic-Black Sea region: challenges and threats: матеріали V International scientific conference. – Riga: Baltija Publishing, 2025. – С. 42-45. – URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/267373>
5. Рашкевич Н.В. Оцінка забруднення ґрунтів у районах ураження ракетно-артилерійських систем за показниками електропровідності / Н.В. Рашкевич, Р.С. Мележик, А.В. Перегін, В.А. Краснов // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2025. – № 2(42). – С. 294-303. – DOI: 10.52363/2524-0226-2025-42-19.

УДК 004.42:658.87

КЛІЄНТ-СЕРВЕРНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ МАГАЗИНУ КАНЦТОВАРІВ

Нечитайло Ю.А., к.т.н., доц.
Дзвіняк І.Р., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, nechitaylo@btu.kharkov.ua

Анотація. Розглянуто розробку клієнт-серверного додатку для оптимізації роботи магазину канцтоварів. Система забезпечує централізований облік товарів і продажів, ведення клієнтської бази, формування звітності та контроль доступу користувачів. Запропоноване рішення поєднує функціональність, продуктивність і безпеку, що дозволяє підвищити ефективність управління запасами та якість обслуговування клієнтів. Додаток є актуальним інструментом для малого та середнього бізнесу у сфері роздрібної торгівлі.

Ключові слова: клієнт-серверний додаток, онлайн-продажі, облік, клієнт, сервер

У сучасних умовах розвитку цифрових технологій та зростання конкуренції у сфері роздрібної торгівлі особливої актуальності набуває впровадження інформаційних систем, спрямованих на автоматизацію та оптимізацію бізнес-процесів підприємств. Магазины канцелярських товарів, як представники малого та середнього бізнесу, характеризуються значним асортиментом продукції, постійним рухом товарних запасів і необхідністю оперативного обліку продажів, що ускладнює ефективне управління без використання спеціалізованого програмного забезпечення. У цьому контексті застосування клієнт-серверної архітектури у торговельних інформаційних системах дозволяє забезпечити централізоване зберігання та обробку даних, підвищити надійність роботи додатку, масштабованість і безпеку доступу до інформації. Використання веб-додатків на основі такої архітектури надає можливість працювати з системою з різних пристроїв без необхідності встановлення спеціального програмного забезпечення, що є важливим фактором для сучасних торговельних підприємств. Незважаючи на наявність готових програмних рішень для автоматизації торгівлі, більшість з них є надмірно складними, дорогими або недостатньо адаптованими до специфіки роботи невеликих магазинів канцелярських товарів. Це зумовлює потребу у розробці власного клієнт-серверного додатку, орієнтованого на конкретні вимоги користувачів та оптимізацію основних бізнес-процесів, таких як облік товарів, контроль залишків, реєстрація продажів та формування звітності. Розробка такого додатку є актуальною задачею, що поєднує практичну цінність для торговельного підприємства та науково-прикладний інтерес у сфері проєктування і реалізації інформаційних систем. Використання мови програмування C++ та взаємодія з базою даних через SQL-бібліотеки дозволяє створити стабільний, продуктивний і масштабований програмний продукт.

До розроблюваного клієнт-серверного додатку для магазину канцтоварів висуваються ключові вимоги, що забезпечують його ефективну роботу, зручність використання та відповідність потребам користувачів (рис. 1).

Вимоги охоплюють як функціональні, так і нефункціональні аспекти, що дозволяє комплексно оцінити технічні й бізнес-процесні аспекти системи. Функціональні вимоги визначають конкретні завдання та операції, які додаток повинен виконувати для забезпечення автоматизації роботи магазину. Точний облік товарів дозволяє уникнути дефіциту чи надлишку запасів і спрощує планування закупівель. Реєстрація нових товарних позицій із зазначенням назви, категорії, кількості, ціни та постачальника, редагування даних про товари у разі зміни асортименту або ціни, видалення застарілих або непридатних товарів із бази та контроль залишків на складі з автоматичним оновленням після продажів і надходжень забезпечують повний облік товарів. Систематизація інформації про клієнтів дозволяє підвищити якість обслуговування та лояльність покупців. Ведення клієнтської бази передбачає реєстрацію покупців із збереженням контактних даних, історії покупок і уподобань, можливість сегментації клієнтів для проведення акцій або персоналізованих пропозицій та формування звітів про активність клієнтів і регулярних покупців. Ефективний облік продажів забезпечує швидку оцінку товарообігу та фінансових результатів, що включає реєстрацію касових операцій та оформлення замовлень, ведення історії продажів із деталізацією по товарах, клієнтах, даті та сумі покупки, а також можливість інтеграції з електронними платіжними системами та формування чеків. Формування регулярних звітів допомагає керівництву приймати обґрунтовані рішення щодо закупівель та маркетингових заходів, включаючи автоматичне створення звітів про залишки, продажі, прибуток і попит на товари, генерацію статистичних графіків і таблиць для аналітики та експорт звітів у популярні формати, такі як PDF або Excel. Безпека системи забезпечується керуванням доступом користувачів, що дозволяє розмежувати права залежно від ролі – адміністратора, касира, менеджера або постачальника, захистити дані від несанкціонованого доступу та відстежувати дії користувачів через журналування. Підтримка одночасної роботи кількох користувачів гарантує всім працівникам доступ до актуальної інформації з синхронізацією змін у режимі реального часу, що забезпечує цілісність даних при одночасному редагуванні. Інтеграція з базою даних і обробка запитів у режимі реального часу забезпечують надійність і швидкодію системи при великому обсязі інформації, оптимізоване зберігання даних дозволяє швидко виконувати пошук і обробку запитів, а підтримка транзакцій запобігає втраті або дублюванню даних. Крім того, підтримка різних клієнтських пристроїв забезпечує гнучкість у використанні системи, дозволяючи працювати на стаціонарних ПК, ноутбуках та планшетах, а інтерфейс адаптується під різні роздільні здатності екранів.

Нефункціональні вимоги визначають характеристики додатку, які забезпечують його стабільність, ефективність та зручність експлуатації. Продуктивність системи проявляється у швидкій обробці запитів користувачів і стабільній роботі навіть при великій кількості одночасних користувачів або зростанні обсягу товарів. Надійність і відмовостійкість забезпечуються збереженням цілісності даних, запобіганням їх втраті у разі збоїв, а також механізмами резервного копіювання та відновлення бази даних.



Рис. 1. Функціональні та нефункціональні вимоги до клієнт-серверного додатку для магазину канцтоварів

Масштабованість гарантує можливість додавання нових користувачів, функцій або робочих місць без кардинальної зміни архітектури та гнучкість розширення функціоналу у майбутньому. Безпека передбачає авторизацію користувачів і контроль доступу до модулів, шифрування конфіденційних даних, захист від SQL-ін'єкцій та атак типу «людина посередині». Зручність використання полягає у створенні інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу та мінімізації часу на навчання персоналу. Сумісність забезпечується роботою на сучасних операційних системах та браузерях, а також можливістю інтеграції з іншими програмними рішеннями. Підтримка та супровід передбачають оновлення програмного забезпечення без переривання роботи магазину та наявність документованих процедур налагодження та експлуатації.

Особливу увагу приділено продуктивності та безпеці системи, які визначають її ефективність. Система повинна витримувати одночасне навантаження до 100 користувачів, швидко обробляти запити та забезпечувати стабільну роботу інтерфейсу без затримок. Для цього застосовуються балансувальники навантаження, оптимізація SQL-запитів, хмарні рішення для масштабування ресурсів і підтримка транзакцій. Захист даних реалізується через шифрування TLS/SSL, алгоритми AES-256, двофакторну автентифікацію та інтеграцію з OAuth2, а також відповідність стандартам PCI DSS і GDPR для роботи з платіжними та персональними даними.

Клієнт-серверний додаток для оптимізації роботи магазину канцтоварів забезпечує автоматизацію ключових бізнес-процесів, підвищує ефективність управління товарними запасами та сприяє покращенню обслуговування клієнтів. Його впровадження дозволяє адаптуватися до динамічних змін ринку, знижувати витрати та збільшувати прибутковість бізнесу, що робить його актуальним як для малого, так і середнього бізнесу в умовах цифрової трансформації торгівлі.

Список літератури

1. Client Server Computing. / S.T. Deepa, T. Yegamma / Charulatha Publications Private Limited, 2019. 203 p.
2. Коваленко В.Ф. Інформаційні системи в управлінні. – Харків: Фоліо, 2021. 248 с.

УДК 004.056

АДАПТИВНІ ТА КЛАСИЧНІ МОДЕЛІ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ КІБЕРЗАГРОЗ

Синявіна Ю.В., к.е.н., доц.
Самойленко А.Р., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, antonsamoylenko42@gmail.com

Анотація. Робота присвячена аналізу переходу від класичних статичних методів захисту інформації до сучасних адаптивних архітектур. Основний акцент зроблено на критичних недоліках периметральної безпеки в умовах складних кібератак та обґрунтовано необхідність впровадження концепції нульової довіри для динамічного управління доступом.

Ключові слова: класичні моделі захисту, адаптивна безпека, кіберзагрози, інформаційна безпека, управління доступом, Zero Trust

У сучасному світі інформація виступає ключовим ресурсом розвитку суспільства, економіки та держави. Активна цифровізація всіх сфер діяльності, включаючи освіту, фінанси, державне управління та критичну інфраструктуру, зумовлює стрімке зростання ролі інформаційних технологій та, відповідно, підвищує вимоги до забезпечення інформаційної безпеки.

Методи кібератак сьогодні змінюються і ускладнюються настільки швидко, що старі підходи до захисту інформації просто перестають працювати. Оскільки компанії масово переходять на хмарні технології, працюють у гібридному форматі та використовують розгалужену інфраструктуру, звичних меж «корпоративної мережі» фактично більше не існує. Через це виникає цілком реальна потреба відмовлятися від жорстких статичних правил безпеки на користь адаптивних моделей управління [1].

Традиційні системи захисту (наприклад, моделі Біба, Белла-ЛаПадули або рольовий доступ RBAC) роками будувалися на логіці «довіряй, але перевіряй». Головна ідея полягала в тому, щоб звести надійний бар'єр на вході до мережі – налаштувати міжмережеві екрани, VPN та системи запобігання вторгненням. Правило було простим: якщо користувач або пристрій успішно авторизувався і потрапив усередину, система автоматично вважала його «своїм» і надавала кредит довіри.

Проте на практиці саме ця довіра стала головною слабкістю класичної безпеки. Якщо хакеру вдається вкрати паролі працівника через фішинг, він отримує легітимний доступ і може вільно переміщуватися внутрішньою мережею (здійснювати так званий lateral movement). Оскільки старі моделі працюють за незмінними матрицями доступу, вони не вміють оцінювати поведінку користувача в реальному часі. Через це зловмисники можуть тижнями або навіть місяцями знаходитись у зламаній системі, залишаючись абсолютно непоміченими [2].

Щоб вирішити цю проблему, індустрія переходить до адаптивного захисту, фундаментом якого стала концепція нульової довіри (Zero Trust Architecture). Її ключове правило звучить інакше: «ніколи не довіряй, перевіряй постійно». У цій моделі жоден користувач чи пристрій не отримує доступу за замовчуванням, навіть якщо він фізично знаходиться в офісі або підключений до внутрішньої мережі. Кожен новий запит до корпоративних ресурсів розглядається окремо і проходить сувору багатокрокову перевірку [3, 4].

Адаптивність такої моделі досягається за рахунок впровадження систем поведінкової аналітики користувачів та сутностей (UEBA). Рішення про надання доступу формується динамічно на основі безперервного аналізу множини факторів: поточного місцезнаходження користувача, часу доби, стану безпеки кінцевого пристрою (актуальність ОС, наявність оновленого антивірусу), а також типовості запитуваних операцій. Якщо система фіксує відхилення від нормальної поведінки (наприклад, спробу завантажити нетиповий для певного співробітника обсяг баз даних або вхід з незвичної геолокації), адаптивний механізм автоматично підвищує вимоги до багатфакторної перевірки або миттєво блокує сесію[2].

Окремо варто виділити технологію мікросегментації, яка є одним із ключових механізмів реалізації архітектури нульової довіри. Замість того, щоб захищати лише зовнішні межі, цей підхід розділяє внутрішню IT-інфраструктуру на безліч невеликих, ізольованих одна від одної зон. Навіть якщо хакеру вдасться скомпрометувати один конкретний пристрій чи обліковий запис, радіус його дій буде жорстко обмежений цим єдиним сегментом. Для того щоб зробити хоча б крок убік, наприклад, звернутися до сусіднього сервера чи іншої бази даних, зломиснику доведеться заново проходити повну процедуру перевірки даючи адміністраторам час на локалізацію та нейтралізацію атаки [1].

Перехід до адаптивних систем не означає повної відмови від класичних моделей. На практиці найбільш життєздатним є гібридний підхід. Класичні дискреційні та мандатні моделі продовжують функціонувати на базовому рівні баз даних та файлових систем як надійний фундамент розмежування прав. Водночас адаптивні механізми (як Zero Trust Network Access) працюють як інтелектуальна надбудова, що додає контекст та забезпечує гнучку, автоматизовану реакцію на інциденти.

Порівняльний аналіз показує, що класичні моделі ефективні для базових рівнів безпеки, тоді як сучасні моделі забезпечують адаптивність та гнучкість у динамічних системах. Найбільш ефективним підходом є комбіноване застосування класичних та сучасних моделей разом із концепцією Zero Trust у багаторівневій системі контролю доступу. Таке поєднання дозволяє одночасно забезпечувати конфіденційність, цілісність і гнучкість доступу, адаптуючись до поточних ризиків і умов використання системи.

В Україні концепція Zero Trust (нульової довіри) активно набирає обертів через постійні кіберзагрози, повномасштабну війну та необхідність захисту

критичної інфраструктури. Хоча повномасштабних державних проєктів на рівні всієї країни ще небагато, реальні приклади вже є в банківському секторі, державних структурах та бізнесі.

Еволюція кіберзагроз доводить, що виключно статичні моделі безпеки вже не є достатніми для захисту інформаційних активів підприємств. Адаптивні системи –це сучасні рішення кібербезпеки, які не просто реагують на відомі загрози за сигнатурами, а навчаються в реальному часі, аналізують поведінку користувачів і систем, виявляють аномалії та автоматично адаптуються до нових атак (включаючи zero-day і AI-генеровані). Вони базуються на машинному навчанні (ML), штучному інтелекті (ШІ), аналізі поведінки та архітектурі Zero Trust.

Впровадження адаптивних моделей на базі архітектури нульової довіри дозволяє мінімізувати загальну поверхню атаки, унеможливити приховане горизонтальне переміщення зловмисників мережею та забезпечити високий рівень кіберстійкості в умовах гібридної реальності[2, 3].

Отже, інтеграція класичних моделей, сучасних адаптивних підходів та концепції Zero Trust дозволяє побудувати ефективну систему захисту інформації, яка відповідає сучасним викликам кібербезпеки та забезпечує мінімізацію ризиків витоку даних і несанкціонованого доступу.

Література

1. Придибайло О. Б., Срібна І. М., Придибайло Р. В. Архітектура нульової довіри: основні принципи організації. *Науково-технічний журнал «Зв'язок»*. 2022. № 35. С. 16-20. <https://doi.org/10.31673/2412-9070.2022.051620>
2. Korobeinikova T., Zhuravel I., Bodak A., & Borodenko, D. (2024). Концепція нульової довіри: сучасні методи забезпечення кібербезпеки. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2024. № 30. С.67-77. <https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.07>
3. Попов А.О. Архітектура нульової довіри / Попов А. О. // Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем: праці 15 міжнародної науково-практичної конференції, Київ, 23-24 грудня 2024 р. / [за заг. ред.: М. М. Глибовця, Т. В. Панченка та ін.; Факультет інформатики Національного університету «Києво-Могилянська академія» та ін.]. Київ: НаУКМА, 2024. С. 112-114. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/items/2df3d973-b824-4c3b-9ed0-9b4971b7d0c7>
4. Rose, S., Borchert, O., Mitchell, S. and Connelly, S. (2020) Zero Trust Architecture. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg. <https://doi.org/10.6028/nist.sp.800-207>

УДК 004.055

НОВІТНІ ЗАСОБИ АДМІНІСТРУВАННЯ В WINDOWS 11

Чалий І. В., к.т.н., доц.,
Міхальова К.М., здобувачка РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, ivchaly@btu.kharkov.ua

Анотація. У тезах обговорюються деякі з найновіших інструментів адміністрування у Windows 11, які покращують роботу ІТ-фахівців, системних адміністраторів, насамперед у питаннях кібербезпеки.

Ключові слова: інформаційна безпека, операційна система (ОС), новітні засоби адміністрування, Pluton

Windows 11 привнесла не лише новий дизайн, а й суттєві зміни в архітектуру управління, безпеку та інструментарій. Розглянемо деякі новітні засоби адміністрування в Windows 11. Вони пройшли еволюцію від простих графічних вікон до потужних консольних середовищ та хмарних інтеграцій. Філософія адміністрування сучасних ОС Windows базується на концепції балансу між свободою користувача та жорстким контролем безпеки. У минулому адміністрування часто сприймалося як реактивна діяльність (виправлення того, що вже зламалося). Сьогодні – це проактивна стратегія створення довіреного середовища. Вперше у Windows 11 Windows Terminal став стандартним хостом консолі. Це інтегроване середовище, що дозволяє адміну в одному вікні з вкладками працювати з PowerShell, CMD та Azure Cloud Shell. Переваги середовища: підтримка рендерингу тексту, профілі для різних завдань та інше.

Microsoft Dev Home – це новий багатофункціональний центр керування системою, розроблений спеціально для спрощення роботи системних адміністраторів та розробників у Windows 11, швидкого налаштування робочого середовища через файли конфігурації WinGet. Він пропонує єдину інтуїтивно зрозумілу панель управління (Dashboard) з віджетами для моніторингу навантаження на процесор, відеокарту та пам'ять (CPU, GPU, RAM) у реальному часі, а також інструменти для автоматизованого розгортання робочого оточення. Головною інновацією Dev Home є можливість швидкого створення Dev Drive – спеціалізованих дискових розділів на базі файлової системи ReFS (Resilient File System), які суттєво прискорюють роботу з великими масивами даних та корпоративними проектами.

ReFS (Resilient File System) – це файлова система нового покоління від Microsoft, розроблена для забезпечення максимальної відмовостійкості та продуктивності при роботі з великими обсягами даних. На відміну від NTFS, вона має вбудовані механізми автоматичного виявлення та виправлення пошкоджень даних без необхідності зупинки системи (chkdsk), а також демонструє значну перевагу у швидкості при роботі з віртуальними машинами та масивами розробки (Dev Drive). У Windows 11 ReFS стає ключовим інструментом для професійного середовища, пропонуючи надійний захист від

деградації даних («data rot») та миттєве копіювання файлів через технологію block cloning. Поява нової файлової системи, оптимізованої для високих навантажень (компіляція коду, робота з великими репозиторіями), що забезпечує до 30% приросту продуктивності порівняно з NTFS.

Відбулося Покращення Windows Subsystem for Linux (WSL 2). Windows 11 вперше повноцінно підтримує запуск графічних Linux-додатків (WSLg) "з коробки". Покращена інтеграція з файловою системою та можливість монтування дисків у форматі ext4 безпосередньо через командний рядок, що дозволяє адмінам використовувати інструменти Linux для діагностики Windows-дисків.

З'явився Microsoft Pluton як інтегрована технологія безпеки. Він став доступним для користувачів саме з виходом Windows 11 та появою відповідного обладнання. Microsoft Pluton – це інноваційний процесор безпеки, інтегрований безпосередньо в кристал центрального процесора (CPU), що замінює або доповнює традиційний модуль TPM. Windows 11 стала першою операційною системою, яка на рівні ядра підтримує пряму взаємодію з архітектурою Pluton для захисту облікових даних (Windows Hello) та ключів шифрування (BitLocker). Його головна перевага полягає в усуненні вразливості каналу зв'язку між CPU та окремим чипом безпеки, що робить фізичне перехоплення критичних даних, таких як BitLocker або Windows Hello, практично неможливим. Завдяки тісній інтеграції з хмарою, Pluton забезпечує постійне та захищене оновлення мікропрограм безпеки безпосередньо через Windows Update, гарантуючи стійкість системи до найсучасніших апаратних атак. Отже – це відповідь на зростання кількості атак, спрямованих на фізичне перехоплення даних між процесором і материнською платою. У Windows 10 використовувався дискретний TPM-чип, який фізично відокремлений від процесора, тоді як у Windows 11 з Pluton цей "шлях" для хакера просто зник.

Windows Update for Business (Reports). Нові звіти в хмарі. У Windows 11 з'явилися розширені можливості моніторингу оновлень через хмарні служби. Тепер адмін може бачити не просто статус "оновлено", а детальний аналіз сумісності драйверів та помилок оновлення в реальному часі через Azure.

Управління вікнами та продуктивністю (Snap Layouts). Хоча це виглядає як дизайн, Snap Layouts дозволяють адмінам, що працюють з багатьма консолями моніторингу одночасно, миттєво організовувати робочий простір на екранах високої роздільної здатності, що раніше вимагало стороннього софту.

Ми не розглянули деякі другорядні косметичні оновлення, зосередившись на критично важливих архітектурних та адміністративних інструментах безпеки й продуктивності Windows 11. Windows 11 знаменує перехід від "косметичного" адміністрування до контейнеризованого та віртуалізованого підходу. Вперше системні засоби орієнтовані на глибоку інтеграцію з хмарою та автоматизацію через термінал нового покоління, що робить ОС більш захищеною та зручною.

Список літератури

1. Microsoft Learn: Windows 11 documentation. URL: learn.microsoft.com/en-us/windows/whats-new/windows-11.

УДК 005.95/.96:004:330.34

ЦИФРОВІ ПЛАТФОРМИ УПРАВЛІННЯ ТАЛАНТАМИ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ БІЗНЕСУ

Обиденнова Т.С., к.е.н., доц..

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
м. Харків, Україна, obyd_ts@ukr.net

Анотація. У роботі досліджено роль цифрових платформ управління талантами як важливого інструменту забезпечення сталого розвитку бізнесу. Обґрунтовано, що сучасні підприємства потребують інтегрованих цифрових рішень для ефективного залучення, розвитку та утримання персоналу в умовах динамічного середовища. Розглянуто ключові функції цифрових HR-платформ, їх вплив на формування організаційної культури та підтримку соціальної складової сталого розвитку. Визначено переваги використання таких платформ у підвищенні прозорості управління персоналом, розвитку компетенцій та зміцненні корпоративних цінностей.

Ключові слова: цифрові платформи, управління талантами, сталий розвиток, персонал, HR-технології, корпоративна культура, цифровізація, людський капітал, організаційний розвиток

Сучасний етап розвитку підприємництва характеризується одночасним впливом цифрової трансформації та необхідністю переходу до принципів сталого розвитку. У цих умовах особливого значення набуває ефективне управління персоналом як ключовим ресурсом підприємства. Традиційні підходи до роботи з персоналом поступово втрачають ефективність, поступаючись місцем цифровим інструментам, що забезпечують більш гнучке, прозоре та адаптивне управління.

Цифрові платформи управління талантами стають важливим елементом трансформації HR-функції, який дозволяє не лише автоматизувати процеси, а й формувати нову якість взаємодії між підприємством і персоналом [1]. Це особливо актуально в контексті сталого розвитку, де значна увага приділяється соціальній відповідальності, розвитку людського капіталу та формуванню позитивної організаційної культури.

Цифрові платформи управління талантами являють собою інтегровані інформаційні системи, що охоплюють основні HR-процеси: підбір персоналу, адаптацію, оцінювання результативності, навчання, розвиток компетенцій та управління кар'єрними траєкторіями [2]. Використання таких платформ дозволяє підприємствам формувати цілісну систему роботи з персоналом, орієнтовану на довгострокову ефективність.

У контексті сталого розвитку цифрові HR-платформи виконують кілька важливих функцій. По-перше, вони сприяють підвищенню прозорості управління персоналом, що відповідає принципам відкритості та підзвітності. По-друге, забезпечують розвиток людського капіталу через доступ до цифрового навчання, індивідуалізованих програм розвитку та безперервного підвищення кваліфікації. По-третє, підтримують формування інклюзивного

середовища та корпоративної культури, заснованої на цінностях сталого розвитку.

Особливої уваги заслуговує вплив цифрових платформ на організаційну культуру. Завдяки цифровим комунікаційним інструментам, системам зворотного зв'язку та оцінювання залученості персоналу формується більш відкрите та адаптивне середовище, у якому працівники відчують свою значущість і причетність до стратегічних цілей підприємства.

Крім того, застосування аналітичних інструментів (HR-аналітики) дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо розвитку персоналу, прогнозування потреб у кадрах та зниження ризиків плинності. Це, у свою чергу, підвищує стійкість підприємства до зовнішніх викликів. Використання даних у режимі реального часу дає змогу оперативно реагувати на проблеми та коригувати управлінські стратегії [3]. Також аналітика сприяє виявленню прихованих тенденцій у поведінці персоналу та підвищенню ефективності управління.

Разом з тим, впровадження цифрових платформ потребує врахування низки викликів, зокрема необхідності забезпечення цифрових компетенцій персоналу, захисту даних та адаптації організаційної культури до нових форматів взаємодії. Важливим є також подолання опору змінам з боку працівників та формування цифрового мислення. Крім цього, підприємствам необхідно інвестувати ресурси у навчання персоналу та модернізацію ІТ-інфраструктури.

Отже, цифрові платформи управління талантами є важливим інструментом забезпечення сталого розвитку підприємства, оскільки сприяють підвищенню ефективності управління персоналом, розвитку людського капіталу та формуванню сучасної організаційної культури. Їх використання дозволяє підприємствам адаптуватися до умов цифрової економіки, підвищувати конкурентоспроможність та забезпечувати довгострокову стійкість.

Список літератури

1. Вербівська, Л., & Блеско, Н. (2024). Залучення та утримання талантів в інноваційних бізнес-процесах: виклики та цифрові стратегії. *Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія Економіка*, (2), 9–15. DOI: <https://doi.org/10.32782/ecovis/2024-2-2>
2. Чобіток В. І. Концептуальні основи інтелектуалізації управління холістичним розвитком промислових підприємств залізничного транспортного машинобудування. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2020. №2 (70). С. 151–157.
3. Obydiennova, T., Kharabara, V., Zabashtanskyi, M., Nazarko, S., & Havronskyi, A. (2024). The impact of digital transformation on the innovative development of economic systems. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 46(1), 63–70. DOI: <https://doi.org/10.15544/mts.2024.07>

УДК 631.3.004.8

TRANSFORMATION OF AGRICULTURE: THE KEY ROLES OF DRONES IN PRECISION FARMING

Chygryna S.A. lec.
State Biotechnological University
Kharkiv, Ukraine, chygryn_s@ukr.net

Abstract. The integration of unmanned aerial vehicles (UAVs) into agriculture represents a crucial stage in the transformation of the sector toward precision farming. Drones enable highly accurate crop diagnostics using multispectral sensors and the NDVI index, allowing early detection of problems and optimizing fertilizer, water, and plant protection product use. Compared to satellite systems, UAVs offer greater flexibility, precision, and independence from weather conditions. Modern agricultural drones are widely used not only for monitoring but also for targeted spraying, seeding, and farmland surveillance. However, further large-scale adoption of this technology is constrained by several factors, including the limited development of artificial intelligence algorithms for diverse crop recognition and the need for improved regulatory frameworks. Therefore, the effective implementation of agricultural drones requires a comprehensive approach that combines technological innovation, AI development, and adaptation of agricultural policies.

Keywords: agricultural drones, precision farming, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), agriculture, artificial intelligence, crop monitoring, automation, agrotechnology, sustainable development

Drones are not a futuristic accessory to agriculture but a current necessity for climate-resilient food systems. They break the trade-off between high yield and environmental health by enabling centimeter-scale management of inputs. The integration of unmanned aerial vehicles (UAVs) into agriculture is not merely a technological trend but a fundamental shift toward precision farming, capable of increasing crop yields by up to 5% and radically transforming resource management approaches. The agricultural drone market expanded from \$1.2 billion in 2019 to \$4.8 billion in 2024, marking this technology's shift from an experimental phase to an essential tool for farming operations of all sizes.

The main advantage of drones over traditional methods, such as satellite monitoring, lies in their accuracy and accessibility. While satellites provide data with meter-level precision and are affected by cloud cover, drones operate near fields, offering millimeter-level geolocation accuracy and enabling detection of even minor issues – from gaps in crop rows to early signs of disease. The use of multispectral cameras, particularly NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) technology, allows farmers to assess plant health, soil nitrogen levels, and drainage efficiency in real time, making fertilization and irrigation processes precise rather than uniform.

The application range of agricultural drones has already extended far beyond passive observation. In Southeast Asia, especially in South Korea, where drones are used on approximately 30% of farmland, precision spraying is adopted. This method not only reduces chemical stress on plants and lowers the cost of crop protection products but also eliminates health risks for workers who would otherwise operate

backpack sprayers on steep slopes, such as tea plantations. In parallel, other applications are developing, including seeding drones capable of planting up to 400,000 trees per day in hard-to-reach areas, as well as surveillance systems for livestock monitoring and perimeter protection of valuable crops (e.g., cannabis) without the need for large security teams.

Among the most promising, though still emerging, technologies are micro-drones for pollination (developed by researchers in the Netherlands and Japan) and microwave-based irrigation sensing systems from Australia, which can determine soil moisture even through dense foliage.

Despite transformative potential, two key constraints remain. First, the data bottleneck: drones generate terabytes of raw image data per flight, but many farmers lack the AI-driven analytics platforms necessary to interpret NDVI or thermal maps into actionable commands. Second, regulatory fragmentation: beyond-visual-line-of-sight (BVLOS) operations are heavily restricted in most nations, limiting drone range to under 1 km from the operator.

The future of precision farming depends on edge computing (onboard AI that processes data in real-time) and regulatory harmonization that permits autonomous swarms to operate across entire watersheds without human piloting. A critical factor in further development is artificial intelligence: current algorithms still struggle to recognize mixed crops and species other than major monocultures like corn or wheat. Without improvements in AI systems, drones will remain a niche solution for monoculture fields in developed countries, offering limited benefits to small-scale farmers in developing regions.

Thus, the key conclusion is that successful integration of drones into agriculture depends not only on advancements in sensors and flight capabilities, but also on regulatory adaptation – particularly regarding chemical spraying – and the development of machine learning algorithms capable of handling biological diversity. Farmers are advised to start small and gradually integrate drone-generated data into existing farm management systems.

References

1. Croptracker. (n.d.). Drone technology in agriculture. <https://www.croptracker.com/blog/drone-technology-in-agriculture.html>
2. Habib, E. Drones in agriculture. DrDrone. <https://drdrone.ca/blogs/drone-news-drone-help-blog/dronesinagriculture>

УДК 657.375:502.131.1

ІННОВАЦІЙНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ОБЛІКОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПОДАТКОВОЇ ЗВІТНОСТІ

Лобода Н.О., к.е.н., доц.
Стефанишин С.Р., здобувач РВО бакалавр,
Львівський національний університет ім. І. Франка
м. Львів, Україна, Sofia.Stefanyshyn@lnu.edu.ua

Анотація. У дослідженні розглядається роль інноваційних інформаційних технологій у трансформації облікових процесів та податкової звітності в контексті сталого розвитку підприємств. Окрема увага приділяється таким технологіям, як блокчейн, великі дані (Big Data) та автоматизація облікових операцій, що сприяють підвищенню ефективності управління фінансами, забезпеченню прозорості та зниженню адміністративних витрат. Визначені перспективи впровадження цифрових рішень у сфері обліку та оподаткування, а також проблеми, що виникають при їх впровадженні, зокрема в аспектах безпеки даних та постійного оновлення технічної інфраструктури. У результаті, інноваційні технології дозволяють підприємствам досягати сталого економічного розвитку через точне управління фінансовими потоками та зниження податкових ризиків.

Ключові слова: оподаткування, облік, сталий розвиток, цифровізація, блокчейн, великі дані (Big Data)

У сучасному світі інформаційні технології відіграють все більш важливу роль у всіх сферах економічної діяльності, включаючи облік та оподаткування. Для багатьох підприємств та організацій в умовах глобалізації та швидкого розвитку цифрових технологій важливо не лише забезпечити ефективне управління фінансовими потоками, але й орієнтуватися на сталий розвиток.

Технологічні інновації у сфері обліку та податкової звітності можуть стати важливими інструментами для досягнення цієї мети, адже вони сприяють автоматизації процесів, зниженню витрат, підвищенню прозорості та покращенню точності фінансової звітності [1, с. 21].

Інформаційні технології змінюють підходи до ведення обліку, а також до управління фінансовими потоками в рамках сталого розвитку. Вони надають можливість автоматизувати численні облікові операції, такі як ведення бухгалтерії, розрахунок податків, аналіз фінансових результатів та інші важливі аспекти [2]. Використання програмних продуктів для автоматизації облікових процесів дозволяє значно знизити вплив людського фактору, зменшити кількість помилок та збільшити швидкість виконання операцій [3, с. 10].

Завдяки використанню інноваційних технологій, таких як хмарні обчислення та великі дані (Big Data), підприємства можуть не лише швидко здійснювати фінансові операції, але й проводити комплексний аналіз великих обсягів інформації, що дає можливість більш точно прогнозувати фінансові результати та ухвалювати стратегічні рішення для сталого розвитку бізнесу.

Великі дані (Big Data) є однією з ключових технологій, яка здатна революціонізувати облікові процеси. Завдяки здатності обробляти величезні обсяги інформації, ці технології дозволяють здійснювати глибокий аналіз

фінансових даних у реальному часі. Це забезпечує точність та своєчасність фінансової звітності, що є критично важливим для сталого розвитку компаній та організацій.

Завдяки використанню аналітичних інструментів на базі великих даних, підприємства можуть ідентифікувати нові закономірності та зміни в своїх фінансових показниках, що дозволяє їм ефективніше адаптуватися до ринкових умов та покращувати фінансове планування в майбутньому. Це дозволяє керівникам швидко реагувати на зміни в ринку або у фінансовому середовищі, а також знижувати ризики, що виникають через нестабільність у макроекономічних умовах [4].

Блокчейн є ще однією інноваційною технологією, яка знайшла своє застосування в облікових процесах та податковій звітності. В основі цієї технології лежить принцип дистрибуції та незмінності даних, що робить її надзвичайно корисною для забезпечення прозорості та безпеки фінансових операцій. У контексті обліку блокчейн дозволяє здійснювати реєстрацію фінансових транзакцій у розподіленій мережі, що робить дані недоступними для підробок і змін. Це забезпечує додаткові гарантії точності та достовірності фінансової звітності.

Особливо важливим є використання блокчейн-технології в системах електронного документообігу та податкових звітів. Завдяки такому підходу можна забезпечити прозорість податкових зобов'язань, що сприяє підвищенню ефективності податкового контролю та знижує ризики податкових правопорушень.

Однією з найважливіших складових інноваційних змін в сфері оподаткування є цифровізація податкової звітності. Впровадження електронних систем подачі податкових декларацій і звітів дозволяє знизити адміністративне навантаження на платників податків і державні органи, підвищити ефективність роботи податкових служб та мінімізувати ймовірність помилок при заповненні звітних форм. Це також дозволяє зменшити час, необхідний для обробки та аналізу податкових даних, що є важливим фактором у підтримці сталого розвитку економіки.

Електронне адміністрування податків забезпечує інтеграцію різних податкових баз та автоматизовану перевірку правильності податкових розрахунків. Це дозволяє швидко виявляти будь-які порушення, а також здійснювати контроль за дотриманням податкового законодавства.

Впровадження інноваційних технологій в облікові та податкові процеси має безпосередній вплив на сталий розвиток підприємств. Завдяки ефективному використанню інформаційних технологій компанії можуть значно знизити свої витрати на адміністративне управління, забезпечити більш точну і своєчасну звітність, а також підвищити рівень управління фінансами [5, с. 317].

Інформаційні технології дозволяють організаціям швидко реагувати на зміни в зовнішньому середовищі, ефективно оптимізувати свої витрати та збільшити прибутковість [6, с. 12]. У свою чергу, сталий розвиток компанії сприяє зростанню її конкурентоспроможності на ринку, створенню нових робочих місць і підтримці екологічних ініціатив [7, с. 275].

Незважаючи на безперечні переваги, впровадження інформаційних технологій у сфері обліку та податкової звітності стикається з рядом проблем. Однією з основних є потреба у постійному оновленні технічної інфраструктури та програмного забезпечення, що вимагає значних фінансових вкладень. Крім того, багато підприємств, особливо малих і середніх, стикаються з труднощами у впровадженні новітніх технологій через відсутність кваліфікованих кадрів та необхідної технологічної підтримки.

Ще однією проблемою є безпека даних. Збільшення обсягу інформації, що зберігається в електронному вигляді, підвищує ризик її втрати або несанкціонованого доступу. Тому забезпечення захисту даних стає одним з важливих аспектів впровадження інноваційних технологій.

Однак, попри ці проблеми, перспективи впровадження інформаційних технологій у облік і оподаткування залишаються дуже високими. Вони дозволяють значно підвищити ефективність облікових процесів, забезпечити більшу прозорість податкових операцій і сприяти сталому економічному розвитку.

Список літератури

1. Medynska, T., Loboda, N., Nohinova, N., Oliynyk, N., Borutska, Y. (2024). Optimization of ecological taxation: Role in the formation of environmental protection budgets. *International Journal of Environmental Impacts*, Vol. 7. No. 1. pp. 17-23. DOI: <https://doi.org/10.18280/ije.070102>
2. Лобода Н.О., Чабанюк О.М., Сподарик Т.І. Фіскальне навантаження у національній економіці: динамічний аспект. Науковий журнал "БІЗНЕС ІНФОРМ". 2021. № 2. С. 292-299. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-2-292-299>
3. Костишина М. Т., Киричук У. М., Лобода Н. О., Демко М. Я. Організація обліку: навч. посібник. Львів: Вид-во ЛДФА, 2011. 192 с.
4. Лобода Н.О., Чабанюк О.М., Мосолова Ю.О. Спрощена система оподаткування як мікроекономічний фіскальний регулятор. Науковий журнал "БІЗНЕС ІНФОРМ". 2021. № 4. С. 228-234. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-4-228-234>
5. Лобода Н.О. Податковий кодекс України і оподаткування доходів фізичних осіб: контекстуальний аналіз. *Економічні науки. Серія "Облік і фінанси"*: зб. наук. пр. / [редкол.: відп. ред. д.е.н., проф. Герасимчук З.В.]. Луцьк: ЛНТУ, 2013. Вип. 10 (37). Ч. 1. С. 315-324.
6. Чабанюк О.М., Лобода Н.О., Кузьмінська К.І. Бухгалтерський облік та прикладні програмні рішення. BAS: бухгалтерія: навч. посібник. К.: видавництво "АЛЕРТА", 2024. 234 с.
7. Chabaniuk, O., Holovachko, V., Loboda, N., Lytvynenko, N., & Novoseletska, A. (2026). Improving the accounting and analytical support model for the formation and digitalization of enterprise reporting. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, Vol. 1(66), pp. 266-278. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.66.2026.5139>

УДК 004.9:544.726:628.3

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ У ДОСЛІДЖЕННЯ ХІТОЗАН-БЕНТОНІТОВИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Будішевська О.Г., д.х.н., проф.

Романюк Ю.Р.,

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. Роботу присвячено дослідженню застосування інформаційних технологій у сфері сталого розвитку на прикладі розроблення хітозан-бентонітових сорбентів для вилучення іонів важких металів із водного середовища. Демонструються можливості використання екотоксикологічних баз даних (PubChem, EPI Suite), методів машинного навчання мовою Python для прогнозування ефективності сорбції та інструментів молекулярної візуалізації (Avogadro, MolView) для вирішення актуальних екологічних проблем.

Ключові слова: хітозан, бентоніт, очищення стічних вод, важкі метали, машинне навчання, молекулярне моделювання, сталий розвиток

Сучасний етап розвитку хімічної інженерії та екологічних технологій вимагає глибокої інтеграції ІТ-інструментів. Це спричинено як глобальною цифровізацією дослідницьких процесів, так і необхідністю швидкого пошуку рішень для досягнення Цілей сталого розвитку (SDG), зокрема щодо забезпечення населення чистою водою та належними санітарними умовами [1].

Особливу увагу дослідників усе більше привертають біополімери природного походження як екологічна альтернатива синтетичним матеріалам. У наших дослідженнях сорбентів для очищення водних середовищ ефективно використовують глину бентоніт та полісахарид хітозан. Останній проявляє унікальні комплексоутворювальні властивості щодо іонів важких металів, а його джерела є відновлювальними. Модифіковані хітозаном бентоніти є перспективними біодеградабельними адсорбентами для деполюції побутових та промислових стічних вод [2].

Метою цієї роботи є демонстрація можливостей використання ІТ-рішень для оптимізації розробки екологічно безпечних систем на основі бентоніту та хітозану. Важливим елементом сучасного дослідницького процесу є попередня *in silico* оцінка нових компонентів. Для перевірки фізико-хімічних характеристик та оцінки екотоксикологічного профілю сполук ми використовуємо онлайн-базу PubChem (National Library of Medicine, США) та програму EPI Suite (EPA, США). Наприклад, комп'ютерна верифікація моноестеру трет-бутилпероксिमалеїнату (PE), який виконує функції ініціатора, зшивального агента та кислотного компонента для протонування хітозану, дозволила обґрунтувати безпечність його використання ще до проведення експериментів. Це скорочує кількість лабораторних дослідів і зменшує утворення хімічних відходів.

Для оптимізації аналітичних процедур застосовано методи машинного навчання (ML) мовою Python у середовищі Google Colab. Під час досліджень процесів видалення іонів міді (Cu^{2+}) із водного середовища

спектрофотометричним методом виникла потреба прогнозувати їх концентрацію без постійного застосування приладів [3]. На основі даних для серії зразків з відомими значеннями рН (2,0; 4,0; 7,0; 9,0) та об'ємом розчину (25, 22, 32, 35 мл) було застосовано метод множинної лінійної регресії для апроксимації експериментальних даних у просторі параметрів.

Одержано залежність $c = 0,108 + 0,0048 \cdot \text{pH} - 0,0032 \cdot V$ (де c – концентрація у мг/см³, V – об'єм у мл). Коефіцієнт детермінації R^2 становить 0,995, що свідчить про високу точність прогнозу. Отримані результати кількісно підтверджують, що підвищення рН сприяє зростанню ефективності видалення Cu^{2+} . Такий підхід дозволяє швидко оцінювати залишкову концентрацію металів у виробничих або дослідницьких умовах.

Для глибшого розуміння механізмів сорбції доцільним є застосування інструментів 3D-молекулярної візуалізації (Avogadro, веб-додаток MolView). Автоматична трансформація двовимірних структур у 3D-моделі дозволяє віртуально проаналізувати розташування реакційноздатних аміно– та гідроксильних груп деградованого хітозану (Рис. 1). Це допомагає наочно прогнозувати, як макромолекула утворює комплекси з іонами важких металів та взаємодіє з базальними площинами кристалічної ґратки бентоніту.

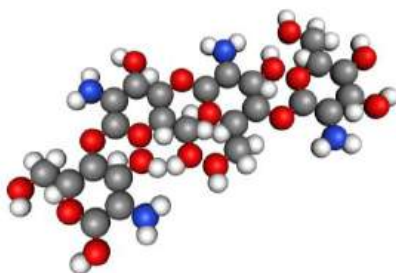


Рис. 1. 3D-модель деградованого хітозану з візуалізацією реакційно здатних аміно– та гідроксильних груп (MolView)

У підсумку, представлений комплексний підхід із залученням екотоксикологічних баз даних, алгоритмів машинного навчання та 3D-моделювання не лише прискорює створення інноваційних еко-матеріалів для деполуції водних середовищ, але й робить дослідницький процес економічно вигіднішим та ресурсощадним, що повною мірою відповідає сучасним вимогам сталого розвитку.

Список літератури

1. Khasri A., Ahmad M. A. Adsorption of heavy metals onto chitosan-bentonite composites: A comprehensive review. *Journal of Environmental Management*. 2022. Vol. 302. P. 114002.
2. Crini G. Historical review on adsorptive removal of hazardous materials from water. *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 233. P. 100-112.
3. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*. 2011. Vol. 12. P. 2825-2830.

УДК 004.7:004.056:636.2

АРХІТЕКТУРА БЕЗПЕЧНОЇ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Дьоміна В.М., к.т.н., доц..
Самойленко А.Р., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, antonsamoylenko42@gmail.com

Анотація. У роботі розглядається архітектура безпечної бездротової сенсорної мережі (БСМ) для безперервного моніторингу фізіологічних показників великої рогатої худоби. Акцентується увага на ієрархічній структурі мережі, надійності передачі даних та методах криптографічного захисту інформації в умовах сучасних агропідприємств. Показано, що запропонований підхід сприяє підвищенню ефективності моніторингу та рівня кібербезпеки в системах тваринництва.

Ключові слова: бездротова сенсорна мережа, моніторинг тварин, велика рогата худоба, кібербезпека, архітектура мережі

В умовах інтенсифікації агропромислового виробництва автоматизація процесів нагляду за тваринами стає базовою вимогою для забезпечення рентабельності. Своєчасне виявлення субклінічних стадій захворювань, таких як мастит, кульгавість або метаболічні розлади у великої рогатої худоби (ВРХ), дозволяє значно знизити ветеринарні витрати та попередити падіння надоїв. Традиційні методи візуального огляду не здатні забезпечити цілодобовий контроль за кожною особиною у великих стадах. Відповідно, впровадження систем на базі бездротових сенсорних мереж (БСМ) дає можливість відстежувати ключові індикатори здоров'я – температуру тіла, рухову активність, частоту дихання та інтенсивність жуйного процесу – в режимі реального часу, формуючи об'єктивну картину стану всього поголів'я [1].

Проектування такої мережі спирається на жорстку ієрархічну модель, структурно розділену на кілька функціональних блоків. Найнижчий, первинний рівень формують автономні сенсорні вузли, інтегровані в нашійники, вушні бирки або болюси, що вводяться безпосередньо у рубець тварини. Апаратна специфіка цих пристроїв полягає у критичній обмеженості обчислювальних потужностей, обсягу оперативної пам'яті та енергоресурсів. Вбудовані датчики (зокрема триосьові акселерометри та термістори) працюють від мініатюрних елементів живлення, розрахованих на тривалу автономну роботу. Це змушує систему більшість часу перебувати в режимі енергозбереження і активуватися лише для короткострокової передачі пакетів даних.

Зібрана первинна інформація транслюється на середній рівень, який складається з ретрансляторів та локальних шлюзів (gateways). Ці проміжні вузли монтуються на елементах інфраструктури ферми і відповідають за збір даних з сотень або тисяч кінцевих пристроїв за допомогою енергоефективних протоколів зв'язку малого радіуса дії. Шлюзи виконують функцію первинних

агрегаторів, фільтруючи дубльовані або пошкоджені пакети та перенаправляючи трафік до центральної бази.

Логічна побудова архітектури вимагає чіткого просторового і структурного планування. Моделювання такої топології передбачає зведення до центру трьох верхніх рівнів архітектури (рівень локальних серверів, хмарного сховища та клієнтського застосунку), що оптимізує адміністрування та усуває асиметрію при обробці великих масивів запитів. Цей централізований аналітичний блок приймає "сирі" дані і за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення формує звіти, генерує тривожні сповіщення у разі фіксації аномалій у поведінці чи температурі тварин, а також накопичує історичну базу для роботи алгоритмів предиктивної ветеринарної діагностики [2].

Важливим функціональним компонентом централізованого аналітичного рівня є модулі інтелектуальної обробки даних, які забезпечують інтерпретацію первинних вимірювань та підтримку прийняття рішень. З огляду на багатовимірний характер параметрів, що надходять від сенсорних вузлів (температура, активність, частота дихання, жуйна активність), їх аналіз потребує застосування методів багатовимірної статистики та машинного навчання.

Формування узагальненої оцінки фізіологічного стану тварини може бути представлене у вигляді векторної моделі, де кожен сенсорний вузол формує вектор ознак $x_i(t) \in \mathbb{R}^n$, що характеризує стан окремої особини у момент часу t . Подальша обробка цих даних здійснюється за допомогою класифікаційних алгоритмів, які дозволяють віднести поточний стан до одного з класів: нормальний, підозрілий або патологічний.

Для задач раннього виявлення відхилень доцільним є використання методів аномалійного аналізу, які базуються на визначенні відхилень від індивідуального поведінкового профілю тварини. Такий підхід дозволяє враховувати індивідуальні особливості фізіології, що є критично важливим у великих стадах із високою варіативністю показників. Крім того, ефективність аналітичного блоку підвищується за рахунок накопичення історичних даних, що дає змогу формувати прогностичні моделі розвитку захворювань. Використання часових рядів дозволяє виявляти тенденції зміни параметрів ще до появи клінічних симптомів, що забезпечує перехід від реактивної до предиктивної ветеринарної діагностики [3].

Критичним бар'єром при розгортанні БСМ у відкритому середовищі агрокомплексів є проблема кібербезпеки. Дані передаються радіоканалом на значні відстані, що формує широку поверхню для атак. Існує високий ризик пасивного перехоплення зоотехнічних і комерційних даних, активної підміни інформації для хибної імітації нормального стану при захворюваннях, а також виведення з ладу окремих сегментів мережі через атаки типу DDoS або фізичне захоплення вузла [4].

Через згадані раніше апаратні обмеження автономних сенсорів застосування класичних "важких" асиметричних криптографічних алгоритмів (на кшталт RSA) є неможливим – вони потребують надмірних ресурсів

мікроконтролера та призводять до миттєвого виснаження акумуляторів. Ефективним вирішенням цієї проблеми є імплементація методів полегшеної криптографії спеціально орієнтованих на IoT-пристрої [5]. Використання оптимізованих симетричних шифрів у поєднанні зі строгими протоколами автентифікації на рівні шлюзів дозволяє забезпечити цілісність даних без критичної втрати енергоефективності. Крім того, механізми динамічної генерації ключів шифрування мінімізують наслідки у разі компрометації одного окремого датчика на тварині [6].

Впровадження запропонованої архітектури БСМ формує захищене та масштабоване середовище для повноцінної цифровізації тваринницької галузі. Збалансований розподіл обчислювального навантаження між периферійними вузлами та центральним сервером гарантує тривалий життєвий цикл бездротової системи, а застосування адаптованих криптографічних рішень надійно забезпечує конфіденційність та достовірність зібраних показників. Додатково інтеграція методів інтелектуального аналізу даних дозволяє реалізувати механізми раннього виявлення відхилень у фізіологічному стані тварин, що підвищує ефективність управління стадом та знижує виробничі ризики. Таким чином, запропонований підхід створює передумови для переходу до предиктивних моделей ведення тваринництва.

Список літератури

1. Paulauskaite-Taraseviciene A., Nakrosis A., Zymantiene J., Jurenas V., Vezys J., Sederevicius A., Gruzauskas R., Oberauskas V., Japertiene R., Bubulis A., Kizauskiene L., Silinskas I., Zemaitis J., Ostasevicius V. AI-Driven Multimodal Sensing for Early Detection of Health Disorders in Dairy Cows. *Animals*. 2026. Vol. 16, No. 3. Art. 411. DOI: 10.3390/ani16030411.
2. Leliveld L. M. C., Brandolese C., Grotto M., Marinucci A., Fossati N., Lovarelli D., Riva E., Provolo G. Real-time automatic integrated monitoring of barn environment and dairy cattle behaviour: Technical implementation and evaluation on three commercial farms. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2024. Vol. 216. Art. 108499. DOI: 10.1016/j.compag.2023.108499.
3. Goswami P., et al. Machine learning-based dynamic trust and anomaly detection framework for wireless sensor networks. *Scientific Reports*. 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-19768-z.
4. Oztoprak A., Korpeoğlu İ., et al. Security challenges, mitigation strategies, and future directions in wireless sensor networks: a survey // *ACM Computing Surveys*. 2024. Vol. 57, No. 2. Art. 45. DOI: 10.1145/3706583.
5. Soto-Cruz J., Ruiz-Ibarra E., Vázquez-Castillo J., Espinoza-Ruiz A., Castillo-Atoche A., Mass-Sanchez J. A Survey of Efficient Lightweight Cryptography for Power-Constrained Microcontrollers. *Technologies*. 2025. Vol. 13, No. 1. Art. 3. DOI: 10.3390/technologies13010003.
6. Заблоцький С., Пограничний В., Тарасенко А., Колодій Р. Оптимізація процесу маршрутизації в розподілених мережах з використанням машинного навчання // *Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія*. 2025. Т. 5, № 1. С. 64–74. DOI: 10.23939/ict2025.01.064.

УДК 004.056

ТЕХНОЛОГІЇ VIRTUALIZATION-BASED SECURITY У WINDOWS 11

Чалий І. В., к.т.н., доц.,
Міхальова К.М., здобувачка РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, ivchaly@btu.kharkov.ua

Анотація. Розглянуто деякі особливості технології VBS у WINDOWS 11. VBS – це не окрема програма, а режим роботи ОС, який використовує апаратну віртуалізацію для створення ізольованої області пам'яті.

Ключові слова: інформаційна безпека, операційна система (ОС), Virtualization-based security (VBS), апаратна віртуалізація, гіпервізор

Окрім нового дизайну у ОС Windows 11, були внесені суттєві зміни в інструменти управління системних адміністраторів, архітектуру управління.

Розглянемо питання Virtualization-based security (VBS) у Windows 11. VBS – це технологія безпеки, яка створює ізольовану область пам'яті для захисту критичних системних компонентів від шкідливих програм і атак, використовуючи апаратну віртуалізацію (Hyper-V, наприклад, Credential Guard, Device Guard, Memory Integrity). Отже VBS – це режим роботи ОС, який використовує апаратну віртуалізацію для створення ізольованої області пам'яті.

Традиційно ядро ОС (Ring 0) вважалося найзахищенішим. VBS створює "рівень вище" (Virtual Trust Level 1), де працюють критичні процеси безпеки, недсяжні навіть для скомпрометованого ядра. Технологічний фундамент (апаратні вимоги) цього наступні:

1. Використання гіпервізора як фундаменту безпеки.
2. SLAT (Second Level Address Translation). Необхідність апаратної підтримки трансляції адрес для мінімізації втрат продуктивності.
3. IOMMU. Захист від атак через прямий доступ до пам'яті (DMA) з боку периферійних пристроїв.

Серед ключових компонентів, що базуються на VBS можливо виділити HVCI (Memory Integrity), Credential Guard та Device Guard.

HVCI (Hypervisor-protected Code Integrity), або цілісність пам'яті, це функція безпеки Windows, яка використовує віртуалізацію для створення захищеного простору, де перевіряється, чи є код, який завантажується в ядро системи, довіреним та з цифровим підписанням, запобігаючи шкідливим програмам втручатися в роботу системи на низькому рівні, що робить комп'ютер стійкішим до атак, блокуючи запуск непідписаного або підозрілого коду. Ця функція зазвичай увімкнена за замовчуванням у Windows 11 та доступна в Windows 10, але вимагає сучасного обладнання (Intel 8-го покоління / AMD Zen 2 або новіше) для оптимальної роботи.

Якщо VBS створює «захищену кімнату» всередині комп'ютера, то HVCI – це суворий охоронець на вході до цієї кімнати, який перевіряє кожного, хто намагається запустити код у режимі ядра системи. HVCI використовує

можливості гіпервізора Hyper-V для реалізації фундаментального принципу безпеки W^X (Write XOR Execute). Це означає, що сторінка системної пам'яті може бути або доступною для запису (Write), або доступною для виконання (Execute), але ніколи не одночасно. Як же це працює. Коли драйвер хоче виконатися, він надсилає запит. Гіпервізор перехоплює цей запит і перевіряє цифровий підпис коду у своєму ізольованому середовищі (VTL1). Тільки після підтвердження того, що код є автентичним і не був змінений, гіпервізор позначає цю сторінку пам'яті як «виконувану». Будь-яка спроба змінити цей код "на льоту" автоматично робить сторінку недійсною для виконання.

Credential Guard в Windows – це функція її безпеки, яка захищає корпоративні облікові дані від крадіжки та зловживань (наприклад, атак «Pass-the-Hash»/«Pass-the-Ticket»), ізолюючи їх у захищеному віртуалізованому середовищі, доступ до якого має лише привілейоване системне програмне забезпечення. Відбувається ізоляція процесу LSA (Local Security Authority). Навіть якщо зловмисник отримає права адміна, він не зможе витягти хеші паролів із пам'яті, оскільки вони знаходяться у віртуальному середовищі. Все це запобігає доступу шкідливого програмного забезпечення (ПЗ) до секретів, навіть якщо ядро системи скомпрометовано.

Device Guard – це комплекс апаратних (TPM, UEFI) та програмних (політика цілісності коду, VBS) функцій безпеки Windows, що працює як єдине ціле, аби блокувати виконання не довірених застосунків та захистити систему від складних і нових шкідливих програм, дозволяючи запускати лише ті програми, які пройшли перевірку і є «довіреними» (підписані, із Windows Store або організацією). Він забезпечує захист від атак «нульового дня», контролюючи запуск програм за допомогою політик цілісності коду, які налаштовуються через групові політики або PowerShell.

Але у технології, що розглядається є і свої недоліки. Це зокрема негативний вплив на продуктивність та сумісність (падіння на 5-20% у певних сценаріях через постійні перевірки цілісності).

Застарілі драйвери несумісні з HVCI. Як же це підвищує загальну стабільність системи? Драйвери часто використовують «брудні» методи керування пам'яттю: запитують дозвіл на запис даних у ту саму ділянку пам'яті, де виконується код. HVCI суворо забороняє це. Оскільки старий драйвер не вміє «працювати» інакше, гіпервізор блокує його спробу доступу.

Хоча блокування драйвера може здатися проблемою, для системи в цілому це великий плюс: Система стає більш «передбачуваною».

Висновки. Впровадження VBS у Windows 11 ознаменувало остаточний перехід від стратегії «реагування на загрози» до стратегії «превентивної ізоляції». Головний висновок полягає в тому, що сучасна ОС більше не може покладатися лише на програмні методи захисту, оскільки рівень витонченості кібератак (зокрема атак на рівні ядра) вимагає апаратної сегментації ресурсів.

Список літератури.

1. Microsoft Learn: Windows 11 documentation. URL: learn.microsoft.com/en-us/windows/whats-new/windows-11.

УДК 004.91:655.1

ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ТИПОГРАФІКИ НА ЯКІСТЬ ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ

Чаговець В.В., к.е.н., доц.
Медведєв М.Л., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, kit.chah@biotechuniv.edu.ua

Анотація. У роботі розглядаються основні принципи та методи оптимізації типографіки в цифровому середовищі, роль технологій в удосконаленні шрифтового дизайну та користувацький досвід оптимізації типографіки.

Ключові слова: оптимізація, типографіка, цифровий контент, шрифтовий дизайн, AI-верстка

У сучасному інформаційному суспільстві візуальна складова тексту має не менше значення, ніж його зміст. Текстова інформація – основа комунікації між людьми, організаціями, підприємствами, але саме те, як вона оформлена, часто визначає, наскільки легко й ефективно її буде сприйнято і використано. Оптимізація типографіки – це процес удосконалення способів подання тексту для досягнення максимального рівня читабельності, зручності та естетичної привабливості. Він охоплює як технічні аспекти (використання цифрових інструментів, алгоритмів верстки, веб-шрифтів), так і художньо-дизайнерські (вибір гарнітури, структури тексту, інтерліньяжу, кольору тощо); має прикладне значення для веб-дизайну, видавничої справи, цифрових медіа, UX/UI-дизайну, електронного навчання та навіть програмування інтерфейсів програмних застосунків.

Метою роботи стало дослідити основні принципи типографіки, методи її оптимізації в цифровому середовищі, роль технологій в удосконаленні шрифтового дизайну та користувацький досвід оптимізації типографіки.

Типографіка – це мистецтво і наука оформлення тексту. Вона включає вибір, поєднання і використання шрифтів, розміщення текстових блоків, визначення міжрядкових і міжлітерних інтервалів, структуру сторінки тощо. У сучасному розумінні типографіка є не просто прикрасою тексту, а засобом комунікації, який впливає на психологічне сприйняття, рівень концентрації та навіть емоційний стан [1-4].

Оптимізація типографіки базується на певних принципах, спрямованих на досягнення читабельності, естетики та ефективної комунікації:

1. Читабельність. Вона залежить від розміру шрифту, контрасту, довжини рядка (оптимально – 60-80 символів), структури абзаців та розділення контенту заголовками.

2. Логічна ієрархія. Використання різних стилів (жирний, курсив, підзаголовки) допомагає організувати інформацію, створюючи візуальну структуру тексту.

3. Узгодженість. Єдність стилю шрифтів, кольорів та розмірів у межах

одного документа або веб-сторінки створює цілісне враження та підвищує професійність.

4. Адаптивність. У цифровому середовищі типографіка має бути адаптивною до різних пристроїв – комп'ютерів, смартфонів, планшетів. CSS-технології (Cascading Style Sheets) дозволяють налаштовувати шрифти під різні розміри екранів.

5. Доступність. Оптимізована типографіка враховує потреби користувачів із вадами зору – правильний контраст, масштабування, використання читабельних гарнітур (наприклад, Open Sans або Arial).

З розвитком інформаційних технологій типографіка вийшла далеко за межі друку. Сьогодні її основне поле – цифрове середовище: сайти, мобільні застосунки, електронні книги, соціальні мережі. Веб-типографіка базується на стандартах HTML та CSS. Сучасні інструменти, як-то Google Fonts або Adobe Fonts, дозволяють підключати тисячі гарнітур без встановлення їх на пристрій користувача. Ключові аспекти веб-типографіки – це використання веб-шрифтів у форматах WOFF та WOFF2; визначення fallback-шрифтів (заміни у разі недоступності основного); оптимізація швидкості завантаження шрифтів (preload, font-display); налаштування адаптивних одиниць вимірювання: em, rem, vw.

Мобільна типографіка потребує ще точнішої оптимізації, оскільки площа екрана обмежена. Тут важливими є масштабованість тексту; контрастність на різному освітленні; відсутність надлишкових декоративних елементів; розмір натискних зон для інтерактивних елементів.

У дизайні користувацьких інтерфейсів типографіка – це частина функціональності. Вона сприяє навігації, акцентує увагу, формує емоційне сприйняття продукту. Відомі дизайн-системи Material Design від Google або Human Interface Guidelines від Apple визначають суворі правила шрифтової ієрархії, кольорів і розмірів для досягнення послідовності між продуктами.

Завдяки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій існує безліч програм і веб-сервісів, що допомагають розробникам і дизайнерам оптимізувати типографіку. Це такі, як: Adobe InDesign, Illustrator, Figma, Sketch (використовуються для макетування друкованих і цифрових видань із точним контролем типографічних параметрів); Google Fonts, Font Squirrel, DaFont (дають змогу підбирати шрифти за категоріями, переглядати комбінації та перевіряти ліцензії); CSS утиліти (Clamp, Fluid typography), що забезпечують автоматичну адаптацію розміру шрифту під розмір екрана; Accessibility checker (Wave, Lighthouse), які перевіряють контрастність, масштабування тексту та відповідність стандартам WCAG (Web Content Accessibility Guidelines).

Сучасні інформаційні системи використовують алгоритми для автоматичної верстки та вирівнювання тексту. Так, алгоритм Knuth-Plass застосовується в системі верстки TeX і дозволяє розраховувати оптимальні розриви рядків для рівномірного розподілу тексту. Оптимізація рендерингу шрифтів (subpixel rendering) дає змогу відображати літери плавніше та чіткіше на екранах. Сучасні системи на базі штучного інтелекту (наприклад, Adobe Sensei) автоматично підбирають шрифтові пари, коригують інтервали та

пропонують стилістично узгоджені рішення. Дослідження показують, що правильна типографіка здатна збільшити час перебування користувача на сторінці, покращити запам'ятовування інформації та навіть підвищити рівень довіри до бренду.

Попри розвиток технологій, існують проблеми, які ускладнюють оптимізацію. Серед них можна виділити нестандартне відображення шрифтів у різних браузерях або операційних системах, велика кількість варіантів шрифтів ускладнює вибір і може призвести до візуального хаосу, використання нелегальних шрифтів може мати юридичні наслідки, не всі гарнітури містять кирилицю, що є актуальним для україномовного контенту.

Майбутнє типографіки пов'язане з інтеграцією штучного інтелекту, змінною типографікою (Variable Fonts), AR/VR-технологіями та генеративним дизайном. Variable Fonts дозволяють створювати тисячі варіацій одного шрифту без потреби завантаження окремих файлів, що суттєво зменшує час завантаження сайтів. AI-дизайнери вже здатні пропонувати шрифтові комбінації на основі аналізу контенту, кольорів і цільової аудиторії. Типографіка в доповненій реальності (AR) формує нові вимоги до просторового розташування тексту, тому що читання відбувається не на площині, а у 3D-просторі.

Таким чином, можна стверджувати, що оптимізація типографіки є синтезом мистецтва, науки та технологій. Вона є необхідною складовою ефективного інформаційного обміну в епоху цифровізації. Від правильно підбраного шрифту, кольору й інтервалів залежить не лише естетика, а й зрозумілість повідомлення, комфорт користувача та довіра до джерела інформації. Інформаційні та комунікаційні технології зробили типографіку гнучкою, адаптивною й доступною для автоматизації. Проте головним завданням людини-дизайнера є зберегти баланс між технологічною ефективністю та художньою виразністю тексту. Отже, оптимізація типографіки є ключем до створення якісного цифрового контенту, що поєднує функціональність, доступність та візуальну гармонію.

Список літератури

1. Tim Roman. 10 порад для типографіки у Web дизайні [Електронний ресурс]. – URL: <https://medium.com/uxuiua/10-порад-для-типографіки-у-web-дизайні-7de8e1567a0e>.
2. Максим Дімура. Мобільна типографіка – як шрифти впливають на залученість користувачів [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.site2b.ua/ua/web-blog-ua/mobilna-tipografika-yak-shrifti-vplyvayut-na-zaluchenist-koristuvachiv.html>.
3. Google Fonts Documentation [Електронний ресурс]. – URL: <https://fonts.google.com/>.
4. Material Design Guidelines [Електронний ресурс]. – URL: <https://m3.material.io/>.

УДК 004.942:628.4

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ТА ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВОЇ ТАРИ

Нечитайло Ю.А., к.т.н., доц.
Хоміч Є.С., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, nechitaylo@btu.kharkov.ua

Анотація. Розглянуто актуальне проблеме автоматизації технологічного циклу переробки полімерних відходів. Проведено детальний аналіз етапів подрібнення, промивання, сушіння та екструзії як об'єктів автоматизованого керування. Обґрунтовано логіку побудови алгоритму функціонування системи керування на основі принципів детермінованої логіки, багаторівневого захисту від "холодного старту" та моніторингу критичних параметрів тиску та температури. Запропоновано апаратну реалізацію на базі промислового контролера Siemens S7-1200, яка дозволяє мінімізувати вплив людського фактора, оптимізувати енергоспоживання та забезпечити стабільну якість отриманого рециклату в рамках концепції циркулярної економіки.

Ключові слова: автоматизація, утилізація пластику, переробка, екструзія, ПЛК Siemens S7-1200, алгоритм керування, ПД-керування

Сучасний етап розвитку світової промисловості характеризується експоненціальним зростанням обсягів використання полімерних матеріалів у всіх сферах людської життєдіяльності. Проте зворотним боком цього прогресу стала глобальна екологічна криза, спричинена тривалим періодом природного розпаду пластику, що вимірюється століттями. На сьогодні накопичення пластикових відходів набуло масштабів, які створюють безпрецедентний антропогенний тиск на навколишнє середовище, забруднюючи ґрунти та світовий океан. Традиційні підходи до утилізації, зокрема захоронення на спеціалізованих полігонах, не лише вичерпали свій територіальний та технічний потенціал, а й стали джерелом додаткових екологічних ризиків. Це зумовлює критичну потребу в докорінній зміні парадигми поводження з відходами та переході до високоефективних технологій рециклінгу в межах концепції економіки замкнутого циклу [1].

Реалізація стратегії сталого розвитку та ефективного перероблення полімерів потребує забезпечення надзвичайно високої точності на кожному етапі технологічного ланцюга. Однією з головних перешкод на шляху до отримання якісної вторинної сировини є неоднорідність вхідного потоку відходів. Навіть незначне змішування різних типів полімерів або мінімальне відхилення від регламентованих температурних режимів на стадії переплавлення призводить до незворотної деструкції матеріалу [4]. У результаті отримується низькоякісний рециклат із незадовільними фізико-механічними властивостями, який стає непридатним для подальшого промислового використання у виготовленні відповідальних виробів. Це робить питання стабілізації параметрів переробки не просто технічним завданням, а ключовою умовою економічної життєздатності всієї галузі рециклінгу.

Ефективне розв'язання окресленої проблеми на сучасному рівні неможливе без широкого впровадження інтелектуальних систем автоматизованого керування (САК). Саме автоматизація стає тим фундаментом, що забезпечує стабільність складних багатостадійних процесів подрібнення, багатоетапного очищення та фінальної екструзії. Впровадження САК дозволяє практично повністю нівелювати негативний вплив людського фактора, суттєво оптимізувати питомі енерговитрати, особливо на енергоємних етапах термічної обробки, та оперативно адаптувати логіку керування обладнанням до мінливих характеристик сировини. Використання сучасних алгоритмів мікропроцесорного керування та засобів візуалізації стає вирішальним інструментом для досягнення цільових показників чистоти та стабільності властивостей рециклату, що безпосередньо гарантує високу економічну рентабельність і конкурентоспроможність підприємств із переробки пластикової тари.

Комплексний процес переробки пластикової тари (рис. 1) являє собою послідовність взаємопов'язаних операцій, кожна з яких має специфічні динамічні та статичні характеристики. З погляду автоматизації, цей ланцюг слід розглядати як єдину систему, де якість вихідного продукту на одному етапі безпосередньо визначає стабільність роботи наступного. Розглянемо детально основні стадії процесу.

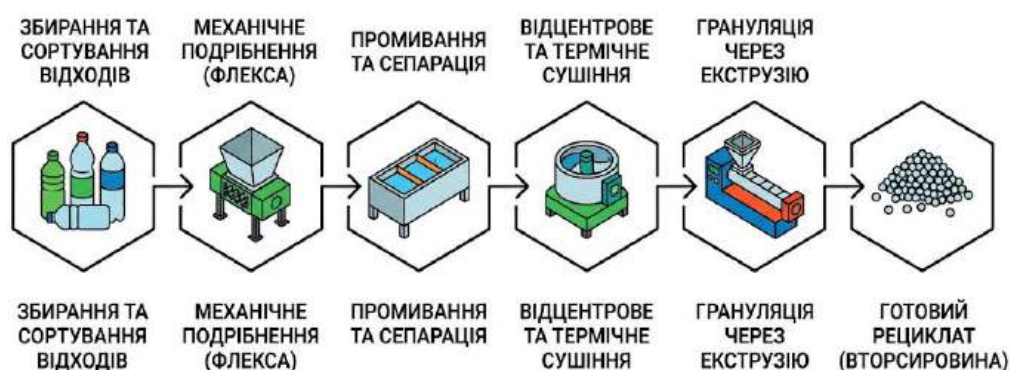


Рис. 1. Комплексний процес переробки пластикової тари

Початковим етапом є перетворення об'ємної тари на однорідну фракцію (флексу). Як об'єкт автоматизації, дробарка характеризується високою інтенсивністю механічних навантажень та випадковим характером збурень, що залежать від товщини стінок та щільності пластику. Основним завданням САК тут є стабілізація навантаження на головний привід. Контроль зазвичай здійснюється за споживаним струмом двигуна: при наближенні до критичних значень система автоматично зменшує швидкість подачі сировини або ініціює реверс шнека.

Стадія промивання призначена для видалення органічних та хімічних забруднень. Основним об'єктом керування тут є ванна флотації, де відбувається розділення різних видів пластику за їхньою щільністю (наприклад, PET тоне, а кришечки з HDPE спливають). Автоматизація цього етапу передбачає контроль рівня води, підтримку концентрації мийних засобів за допомогою дозувальних

насосів та стабілізацію температури води (зазвичай 60–80°C). Порушення термічного режиму призводить до погіршення адгезії клею етикеток, що згодом може спричинити засмічення фільтрів екструдера.

Після промивання сировина містить значну кількість залишкової вологи, яка є критично шкідливою для процесу плавлення. На стадії сушіння об'єктом автоматизації є повітряний потік та температура в сушильній камері. САК повинна забезпечувати баланс між інтенсивністю випаровування та запобіганням передчасній агломерації (злипання) пластівців. Ключовим параметром контролю є відносна вологість вихідної сировини, яка не повинна перевищувати 0.5% для забезпечення високої якості розплаву.

Екструзія – найбільш складний та відповідальний етап, що виступає фінальною ланкою в ланцюгу переробки. Об'єкт керування тут представлений багатозонним термоциліндром, у якому сировина переходить у в'язко-текучий стан. Процес переходу полімеру у в'язко-текучий стан під дією тепла та зсувних напружень детально описаний у [2], де наголошується на важливості стабільності тиску для якості гомогенізації розплаву. Складність автоматизації обумовлена високою інерційністю теплових процесів та наявністю перехресних зв'язків між зонами нагріву.

Кожна зона екструдера має свою динаміку, яку математично описують аперіодичною ланкою із запізненням. Основним завданням САК є не просто нагрів, а підтримка стабільного тиску розплаву P_{melt} перед фільтрою, що досягається шляхом узгодженого керування швидкістю шнека та потужністю ТЕНів. Будь-яке різке збурення, наприклад, зміна насипної щільності флекси, миттєво впливає на в'язкість і потребує оперативного коригування параметрів ПД-регулятором.

Ефективність функціонування САК утилізації пластикової тари визначається раціональністю побудови її алгоритмічної структури. Розроблений алгоритм базується на принципах детермінованої логіки та багаторівневого захисту, що дозволяє забезпечити стабільність процесу екструзії в умовах мінливих характеристик вхідної сировини та потенційних технічних збоїв.

Алгоритм функціонування системи автоматизованого керування процесом екструзії (рис. 2) базується на забезпеченні суворой послідовності технологічних операцій для запобігання механічним пошкодженням обладнання та гарантування якості вихідної гранули. Алгоритм розбитий на декілька функціональних етапів: підготовчий, стабілізаційний, робочий та термінальний. Такий підхід відповідає стандартам розробки ПЛК-програм для промислових систем і забезпечує прозорість діагностики.

Після активації системи («ПУСК СИСТЕМИ») першочерговим завданням є введення технологічних уставок. На відміну від жорстко заданих програм, використання блоку «ВВЕДЕННЯ ПАРАМЕТРІВ» дозволяє оператору гнучко налаштовувати систему під конкретний тип полімеру (PET, HDPE, LDPE). Основними вхідними даними є:

- цільова температура по зонах нагріву T_{set} ;
- номінальна швидкість обертання шнека V_{set} ;

– критичний поріг тиску розплаву $P_{\max}$.

Паралельно з введенням даних виконується блок «ОПИТУВАННЯ ДАТЧИКІВ», який перевіряє цілісність ліній зв'язку та справність термопар і тензодатчиків. Якщо виявлено обрив або коротке замикання, система миттєво переходить до гілки «СИГНАЛІЗАЦІЯ АВАРІЇ», що блокує подальший запуск енергоємних вузлів.

Етап «ВКЛЮЧЕННЯ ТЕНІВ» супроводжується безперервним циклом моніторингу температури. Важливою особливістю алгоритму є блок прийняття рішень «ТЕМПЕРАТУРА В ДОПУСКУ?». Доки реальні значення T_{real} не досягнуть заданого рівня T_{set} з урахуванням гістерезису, система перебуває в петлі очікування. Це реалізує функцію «захисту від холодного пуску», що унеможливорює механічне пошкодження шнека або приводу через високу в'язкість непрогрітого пластику.

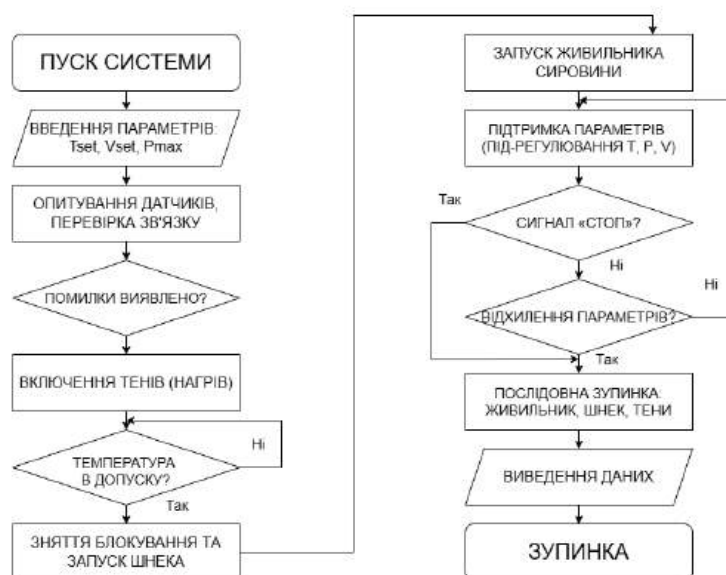


Рис. 2. Алгоритм функціонування САК процесом екструзії

Після зняття блокувань виконується послідовний запуск механічних вузлів: спочатку привід шнека, потім – живильник сировини. Це запобігає заклинюванню шнека при подачі великої порції матеріалу на старті.

Основний робочий режим («ПІДТРИМКА ПАРАМЕТРІВ») передбачає функціонування контурів ПІД-регулювання. Для підвищення надійності в алгоритм впроваджено два послідовні блоки перевірки стану системи. Контроль волі оператора забезпечує блок перевірки сигналу «СТОП», який дозволяє штатно зупинити процес у будь-який момент. Автоматичний контроль безпеки здійснює блок перевірки виходу параметрів за межі норми. Тут аналізується тиск P_{melt} та струм двигуна I_{motor} . У разі виникнення затору у фільтрі (різке зростання тиску), алгоритм автоматично ініціює зупинку, не чекаючи команди людини.

Термінальна частина алгоритму виконує зворотну послідовність дій. «ПОСЛІДОВНА ЗУПИНКА» передбачає вимкнення живильника, випрацювання залишків пластику зі шнека (для полегшення наступного пуску)

та подальше вимкнення нагріву. Інноваційним елементом САК є блок «ВИВЕДЕННЯ ДАНИХ». На відміну від простих систем керування, розроблений алгоритм перед завершенням роботи формує підсумковий звіт. Це дозволяє архівувати дані про масу переробленого рециклату, питомі енерговитрати на кілограм продукції та фіксувати час чистої роботи обладнання. Це створює базу для подальшого аналізу економічної ефективності підприємства [5].

Для практичної реалізації описаного алгоритму та забезпечення надійної роботи системи в промислових умовах планується застосування програмованих логічних контролерів Siemens серії S7-1200. Вибір даної апаратної платформи обґрунтований її високою надійністю та наявністю спеціалізованих бібліотек для ПД-регулювання, що регламентовано технічними стандартами виробника Siemens AG [3]. Компактна архітектура цих ПЛК дозволяє інтегрувати систему в існуючі виробничі лінії, забезпечуючи при цьому гнучкість при необхідності розширення кількості зон температурного контролю. Програмна реалізація алгоритму на базі Siemens S7-1200 гарантує високу швидкість реакції системи на критичні зміни тиску та температури, що є визначальним фактором для запобігання виходу обладнання з ладу та стабілізації якісних показників вторинної сировини.

Автоматизація процесу утилізації та переробки пластикової тари є критичною умовою трансформації сучасної промисловості у відповідності до вимог екологічної безпеки. Впровадження розробленого алгоритмічного забезпечення на базі надійної мікропроцесорної техніки Siemens дозволяє не лише нівелювати ризики отримання неякісного рециклату, а й значно підвищити енергетичну ефективність виробництва. Створення таких інтелектуальних систем керування відкриває шлях до повноцінного впровадження економіки замкненого циклу, де пластикові відходи розглядаються як цінний ресурс, а не джерело екологічного забруднення. Перспективи подальших розробок полягають у впровадженні методів адаптивного керування, що дозволять системі самостійно підлаштовуватися під фізико-хімічні особливості різних партій вхідної сировини в автоматичному режимі.

Список літератури

1. Al-Salem S. M. Plastic Waste Management: Disposal and Recycling on a Global Scale. London: Academic Press, 2019. 374 p.
2. Rauwendaal C. Polymer Extrusion. 5th ed. Munich: Hanser Publishers, 2014. 933 p.
3. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Automation System. System Manual. 2022. 864 p.
4. Бурмістр М. В., Сухий К. М., Томіло В. І. Технологія переробки полімерів: навч. посібник. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2017. 294 с.
5. Ладанюк А. П., Власенко Л. О. Автоматизація технологічних процесів та виробництв: підручник. Київ: НУХТ, 2018. 450 с.

УДК 378.011.3-057.87:004.9]:005.336.2-043.83(045)

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ПЕДАГОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ В УМОВАХ ВИЩОЇ ШКОЛИ

Балла Л.В., викл.

Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»
Харківської обласної ради
м. Харків, Україна, ballamila1@gmail.com

Анотація. Дослідження аналізує проблему формування інформаційно-цифрової компетентності фахівців вищої освіти майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти. Наголошується на обов'язковому опануванні інформаційних цифрових технологій як результат розвитку когнітивних функцій для професійної діяльності здобувачів вищої освіти. **Ключові слова:** вихователі закладів дошкільної освіти, здобувачі вищої освіти, інформаційні цифрові технології, інформаційно-цифрові компетентності духовно-моральні цінності

Освітня система нашої країни підпала під глобальний трансформаційний вихор, який спричинений прискоренням темпом диджиталізації та незворотними викликами воєнного часу. Освітній простір висуває нові вимоги до підготовки майбутніх педагогів фахівців дошкільної освіти, оскільки вони стоять у першій ланці освітнянської системи людина-особистість.

Тож майбутні фахівці дошкільної освіти повинні бути професійними користувачами програмного забезпечення, що є одним з завдань вищої освіти і сталого розвитку. В ході виконання поставлених завдань вищої освіти вирішується питання інтеграції когнітивних, діяльнісних та ціннісно-етичних компонентів формування фахової етики освітянина. Актуальність проблеми висвітлюється у необхідності підготовки фахівця, який спроможний створювати безпечний, здоров'язберезувальний та морально-орієнтований контент для своїх вихованців.

Питання цифровізації освіти ґрунтовно досліджували науковці В. Биков, Н. Морзе, О. Співаковський та інші [4]. Проте в умовах сьогодення виникає потреба у синтезі цифрової грамотності з урахуванням принципів духовно-морального виховання та психологічної стійкості особистості, що частково висвітлено у наших попередніх працях щодо трансформації освітніх систем [1, 2].

Мета тез: обґрунтувати теоретико-методичні засади формування ІЦК здобувачів вищої освіти педагогічного профілю як цілісного інструментарію професійної діяльності.

Найактуальнішим питанням освіти є обов'язкове набуття інформаційно-цифрової компетентності (ІЦК), поле якої включає 3 основні аспекти: *когнітивно-смісловий* – опанування сучасних ЦІ (LMS Moodle, Google Workspace for Education, сервіси штучного інтелекту), набуття медіаграмотності здатності аналізувати інформаційні потоки, розрізнення фейків та маніпуляцій

що є фундаментом формування моральної свідомості в цифровому просторі; *професійно-діяльнісний* – моделювання власних дидактичних матеріалів, використання ІТ для створення інтерактивних етичних кейсів, цифрових казок (елементи казкотерапії в ІТ), проєктів, формування духовно-моральних цінностей та Soft Skills, проєктів спрямованих на розвиток критичного мислення (за методологією М. Ліпмана) [2, 3, 5, 6]; *здоров'язбережувальний та етичний* – володіння навичками тайм-менеджменту в мережі, запобігання емоційному вигоранню здобувачів освіти, дотримання принципів академічної доброчесності, що є частиною цифрової культури дослідника (зокрема, створення та коректне управління науковими профілями в ORCID та Google Scholar) [3, 6]. Таке поєднання теоретичних аспектів з практичними навичками дає позитивний тандем для вирішення нагальних питань, а саме, впровадження на практиці нових спецкурсів, вибіркових дисциплін для опанування здобувачами освіти ресурсами цифрової грамотності та озброєння ІЦК.

Практика показує, що найбільш ефективною моделлю формування ІЦК у вищій школі є змішане навчання (blended learning), яке дозволяє поєднати живий діалог (сократівський підхід) із гнучкістю хмарних технологій. Це сприяє не лише засвоєнню знань, а й розвитку Soft Skills, необхідних для адаптації особистості в динамічному освітньому середовищі нашої країни [2].

Таким чином, формування інформаційно-цифрової компетентності здобувачів педагогічного профілю є стратегічним завданням зростання компетенції вищої школи і вирішення проблем сталого розвитку.

Список літератури

1. Балла Л. В., Осипова Т. В. Трансформація освітніх систем в умовах воєнного стану: перспективи реформування: монографія / за ред. Г. Ф. Пономарьової та ін. Прага: OKTAN PRINT s.r.o., 2024. 210 с. ISBN 978-80-88618-97-3.
2. Балла Л. В. Синергія духовно-моральних цінностей та Soft Skills у професійному становленні майбутнього фахівця. Сучасні вектори розвитку освіти та психології: тези доп. XX Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (Кропивницький, 23 жовт. 2025 р.). С. 12–15.
3. Про схвалення Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів щодо її реалізації: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 берез. 2021 р. № 167-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-p#Text>.
4. Морзе Н. В., Співаковський О. В. Цифрова трансформація освіти: виклики та реалії. Інформаційні технології і засоби навчання. 2024. Т. 99, № 1. С. 1–18.
5. Гуревич Р. С., Кадемія М. Ю. Цифрові технології в освітньому процесі вищої школи: навч. посіб. Вінниця: ТОВ «Твори», 2022. 240 с.
6. Академічна доброчесність: виклики сучасності: зб. наук. пр. / за заг. ред. С. О. Довгого. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2023. 156 с.

УДК 614.8

ПІДВИЩЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МОДЕЛЮВАННЯ

Грищенко А. А., здобувач РВО PhD
Національний університет цивільного захисту України
м. Черкаси, Україна, hryshchenko.anastasiia_2024phd@nuczu.edu.ua

Анотація. Розглянуто підхід до підвищення пожежної безпеки об'єктів зберігання нафтопродуктів за умов ударно-імпульсного впливу на основі послідовного моделювання аварійного сценарію та оцінювання ризику доміно-ефекту.

Ключові слова: пожежна безпека, нафтопродукти, резервуарний парк, ударно-імпульсний вплив, розгерметизація

Об'єкти зберігання нафтопродуктів належать до технологічних систем, у яких пожежна та вибухопожежна небезпека формується внаслідок наявності значних об'ємів горючих рідин, пароповітряних сумішей, технологічних трубопроводів, запірної арматури та резервуарного обладнання. За умов ударно-імпульсного впливу аварійний розвиток подій може бути пов'язаний із локальною втратою стійкості оболонки резервуара, утворенням залишкових деформацій, пошкодженням зварних з'єднань, руйнуванням вузлів приєднання трубопроводів або порушенням герметичності арматури. Наслідком таких пошкоджень може бути витік нафтопродукту, формування проливу, утворення пароповітряної хмари та виникнення умов для займання або вибухового перетворення. Для резервуарних парків характерним є послідовний розвиток аварійного сценарію, за якого первинне механічне пошкодження одного елемента може спричинити тепловий, вибуховий або механічний вплив на суміжні резервуари, трубопроводи. Такий причинно-наслідковий перехід відповідає прояву ефекту доміно, коли початкова подія трансформується у вторинні аварійні процеси в межах об'єкта зберігання нафтопродуктів [1–3].

Для кількісного оцінювання такого сценарію доцільно використовувати послідовну цифрову модель:

$$S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_4, \quad (1)$$

де S_0 – неушкоджений стан об'єкта;

S_1 – дія ударно-імпульсного навантаження;

S_2 – структурне пошкодження елемента;

S_3 – розгерметизація та викид нафтопродукту;

S_4 – займання, вибух або розвиток пожежі в резервуарному парку.

Наведена схема узгоджується з сучасними підходами до аналізу аварій у системах зберігання нафтопродуктів, де розглядаються не окремі події, а причинно-наслідкові ланцюги та сценарії розвитку ситуації [3–6].

Ударно-імпульсний вплив на резервуар або його окремий конструктивний елемент доцільно розглядати як короткочасне навантаження великої інтенсивності, яке діє протягом малого проміжку часу t_d . У спрощеній постановці такий вплив можна описати залежністю сили від часу:

$$F(t) = \begin{cases} F_{max} \left(1 - \frac{t}{t_d}\right), & 0 \leq t \leq t_d, \\ 0, & t > t_d. \end{cases}$$

де F_{max} – максимальне значення сили удару, Н;

t_d – тривалість дії імпульсу, с;

t – поточний час, с.

Наведена залежність відповідає трикутній епюрі імпульсу: у початковий момент навантаження досягає максимального значення, після чого лінійно зменшується до нуля. Така схема є зручною для інженерного оцінювання короткочасної дії вибухового або механічного удару.

Кількісною характеристикою ударно-імпульсного впливу є імпульс сили I , який визначається як площа під графіком $F(t)$:

$$I = \int_0^{t_d} F(t) dt = \frac{F_{max} t_d}{2}. \quad (2)$$

де I – імпульс сили, Н·с.

Якщо навантаження на конструкцію задається через надлишковий тиск P , тоді еквівалентна сила удару визначається за формулою:

$$F = P \cdot A, \quad (3)$$

де P – надлишковий тиск, Па;

A – площа поверхні, на яку діє тиск, м².

Таким чином, у спрощеній моделі ударно-імпульсний вплив характеризується трьома основними параметрами: максимальним навантаженням F_{max} , тривалістю дії t_d та імпульсом I . Саме ці параметри визначають рівень динамічного впливу на стінку резервуара, вузли приєднання трубопроводів або інші елементи об'єкта.

Пошкодження елемента доцільно фіксувати за досягненням одного з граничних критеріїв:

$$\eta_\sigma = \frac{\sigma_{eq}}{\sigma_y}, \quad \eta_u = \frac{u_{max}}{u_{min}}, \quad \eta_\varepsilon = \frac{\varepsilon_{eq}}{\varepsilon_{min}}, \quad (4)$$

де σ_{eq} – еквівалентне напруження;

σ_y – межа текучості;

u_{max} – максимальне переміщення;

u_{min} – гранично допустиме переміщення;

ε_{eq} – еквівалентна деформація;

ε_{min} – гранична деформація.

Умова пошкодження записується як $\eta = \max(\eta_\sigma, \eta_u, \eta_\varepsilon) \geq 1$.

Для резервуарів зі сталеною тонкостінною оболонкою найбільш небезпечними є локальна вм'ятини, втрата стійкості, розрив у зоні з'єднань та пошкодження патрубків, що прямо пов'язує механічну стадію аварії зі стадією розгерметизації [1, 7].

Після утворення дефекту площею A_0 масова витрата рідини може бути визначена рівнянням витікання:

$$\dot{m} = C_d A_0 \sqrt{2\rho\Delta p}, \quad (5)$$

де C_d – коефіцієнт витрати;

ρ – густина нафтопродукту;

Δp – перепад тиску між внутрішнім об'ємом і зовнішнім середовищем.

Ця стадія є визначальною, оскільки саме кількість викинутої горючої речовини формує подальший сценарій: пожежа, факельне горіння, вибух пароповітряної хмари або комбінований процес [4, 6].

Для випадку займання проливу інтенсивність теплового впливу на суміжний резервуар може бути подана у спрощеному вигляді:

$$q(R) = \frac{\chi_r \dot{m}_f H_c \tau_a}{4\pi R^2}, \quad (6)$$

де $q(R)$ – густина теплового потоку на відстані R ;

χ_r – частка енергії, що переходить у випромінювання;

$\dot{m}_f$ – швидкість вигорання;

H_c – теплота згоряння;

τ_a – коефіцієнт пропускання атмосфери.

Подальший розвиток аварійної ситуації визначається інтенсивністю теплового впливу на суміжні резервуари та технологічне обладнання. Якщо тепловий потік досягає небезпечних значень, виникають умови для вторинного ураження сусідніх ємностей, що підвищує імовірність розвитку небезпеки в межах резервуарного парку.

Запропонований підхід дає змогу розглядати аварію на об'єкті зберігання нафтопродуктів як послідовний причинно-наслідковий процес, що охоплює стадії прикладення ударно-імпульсного навантаження, механічного пошкодження конструкції, розгерметизації резервуара, витоку нафтопродукту, займання та подальшого теплового впливу на суміжні елементи резервуарного парку.

Практичне значення такого підходу полягає у можливості кількісно прогнозувати розвиток аварійної ситуації, виявляти найбільш уразливі елементи об'єкта та обґрунтовувати технічні рішення, спрямовані на зниження

пожежного ризику. Використання інформаційних технологій моделювання у поєднанні з цією послідовною схемою дозволяє оцінювати критичні параметри ударно-імпульсного впливу, прогнозувати масштаби витоку й пожежі, а також перевіряти ефективність конструктивного підсилення резервуарів, систем локалізації розливу, аварійного охолодження та пожежогасіння.

Об'єкти зберігання нафтопродуктів за умов ударно-імпульсного впливу характеризуються підвищеним рівнем пожежної небезпеки, що зумовлено можливістю локального пошкодження резервуарів, розгерметизації технологічного обладнання та подальшого розвитку вторинних аварійних процесів. Для опису такого розвитку доцільно використовувати послідовну цифрову модель, яка відображає причинно-наслідковий перехід від дії імпульсного навантаження до займання, вибуху або розвитку пожежі в резервуарному парку. Основними параметрами, що визначають небезпечність сценарію, є інтенсивність і тривалість ударного впливу, ступінь механічного пошкодження конструкції, обсяг витоку нафтопродукту та рівень теплового впливу на суміжні резервуари.

Список літератури

1. Al-Yacoubi A.M., Hao L.J., Liew M.S., Ratnayake R.M.C., Samarakoon S.M.K. (2021). Thin-Walled Cylindrical Shell Storage Tank under Blast Impacts: Finite Element Analysis. *Materials*, 14, 22, 7100. DOI: 10.3390/ma14227100.
2. Pourgol-Mohammad M., Pourghafari M., Alizadeh R., Raheli Kaleibar M., Soleimani M. (2019). Simulation of Fuel Storage Hazards Associated With Petroleum Refineries Tanks. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 5, 2, 021003. DOI: 10.1115/1.4042368.
3. Yuan C., Zhang Y., Wang J., Tong Y. (2021). Modeling and Evaluation of Causal Factors in Emergency Responses to Fire Accidents Involving Oil Storage System. *Scientific Reports*, 11, 19018. DOI: 10.1038/s41598-021-97785-4.
4. Doregar Zavareh R., Dana T., Roayaei E., Monavari S.M., Jozi S.A. (2022). The Environmental Risk Assessment of Fire and Explosion in Storage Tanks of Petroleum Products. *Sustainability*, 14, 17, 10747. DOI: 10.3390/su141710747.
5. Bao Y., Zhang F., Cheng J., Wang Y., Guan Y., Ren J., Jin F., Cheng Y., Xie W. (2023). Simulation on Heat Transfer and Emergency Protection of Tanks in a Tank Farm under Fire Scenario // *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20, 7, 5348. DOI: 10.3390/ijerph20075348.
6. Sajid Z., Khan M.K., Rahnama A., Moghaddam F.S., Vardhan K., Kalani R. (2021). Computational Fluid Dynamics (CFD) Modeling and Analysis of Hydrocarbon Vapor Cloud Explosions (VCEs) in Amuay Refinery and Jaipur Plant Using FLACS. *Processes*, 9, 6, 960. DOI: 10.3390/pr9060960.
7. Xia Y., Shi J., Xun C., Kong B., Chen C., Zhu Y., Xia D. (2025). Situational Awareness for Oil Storage Tank Accidents Based on Complex Networks and Evidence Theory. *Fire*, 8, 353. DOI: 10.3390/fire8090353.

УДК 004.8:628.4:004.5

ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

Шуба І.В., к.т.н., доц.
Созанська Т.М., здобувачка РВО магістр
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
м. Харків, Україна, tetiana.sozanska@cs.khpi.edu.ua

Анотація. У роботі розглянуто проєктування мобільного застосунку для сортування відходів із використанням глибокого навчання. Сформовано основні функціональні вимоги до системи та окреслено особливості інтерфейсу користувача. Показано практичну доцільність застосунку для підтримки первинного сортування побутових відходів.

Ключові слова: мобільний застосунок, сортування відходів, глибоке навчання, комп'ютерний зір, класифікація зображень, екологічні сервіси, штучний інтелект

Стрімке зростання обсягів твердих побутових відходів, урбанізація та посилення екологічних викликів зумовлюють необхідність удосконалення підходів до їх збирання, сортування та перероблення. За даними UNEP, обсяг утворення муніципальних відходів у світі може зрости з 2,1 млрд т у 2023 р. до 3,8 млрд т до 2050 р., а без впровадження ефективних заходів із запобігання утворенню відходів і вдосконалення систем управління ними сукупні глобальні витрати на цю сферу істотно зростатимуть [1]. У звіті Світового банку також наголошено, що ефективне управління відходами безпосередньо пов'язане з якістю їх первинного сортування, оскільки саме на цьому етапі формується можливість повторного використання матеріалів, перероблення та зменшення навантаження на довкілля [2].

Особливої актуальності проблема набуває на рівні домогосподарств, освітніх закладів, громадських просторів і населених пунктів, де впроваджується роздільний збір відходів. На практиці користувачі часто стикаються з труднощами під час визначення належності конкретного предмета до певної категорії сміття, зокрема у випадку забрудненої тари, багатошарових пакувальних матеріалів, комбінованих виробів або об'єктів зі складним складом. Такі помилки призводять до зниження якості вторинної сировини, ускладнюють подальше сортування та зменшують ефективність рециклінгу. У сучасних дослідженнях з комп'ютерного зору підкреслюється, що сортування відходів є критичним етапом у всьому циклі управління відходами, а розвиток інтелектуальних методів розпізнавання відкриває нові можливості для підвищення точності та автоматизації цього процесу [3].

Аналіз наукових праць показує, що в останні роки відбувся перехід від традиційних алгоритмів машинного навчання до глибоких нейронних мереж для задач класифікації та детекції відходів. У критичному огляді академічних досліджень у цій галузі зазначено тенденцію до домінування deep learning-

підходів завдяки зростанню їх точності та стійкості, хоча водночас акцентується потреба у практично орієнтованих рішеннях, здатних працювати в реальних умовах [3]. Своєю чергою, у роботі S. Jin та ін. запропоновано систему машинного зору на основі вдосконаленої MobileNetV2, яка продемонструвала 90,7 % точності класифікації на тестовому наборі та придатність до роботи в режимі реального часу на edge-пристрої [4]. У дослідженні M. M. Hossen та ін. представлено модель GCDN-Net для керування міськими придатними до перероблення відходами, що також підтверджує високу перспективність глибокого навчання для таких задач [5]. Окремі роботи вже пропонують і мобільні реалізації: зокрема, застосунок M Waste використовує комп'ютерний зір і deep learning для класифікації побутових відходів за фото та досягає середньої precision на рівні 92 % на тестових даних [6].

Попри наявність наукових напрацювань, залишається актуальною задача створення прикладного мобільного інструмента, який поєднував би зручний інтерфейс користувача, автоматичне розпізнавання типу відходу за зображенням, надання рекомендацій щодо правильного сортування та можливість подальшого масштабування під локальні правила поводження з відходами.

Метою роботи є проектування та реалізація мобільного застосунку для сортування відходів із використанням методів глибокого навчання, який забезпечує автоматичне розпізнавання типу відходу за фотографією та формування рекомендацій щодо його належного сортування. Для досягнення поставленої мети доцільно розв'язати такі завдання: сформулювати функціональні вимоги до мобільного застосунку; спроектувати послідовність взаємодії користувача із системою; обґрунтувати підхід до програмної реалізації та використання моделі глибокого навчання для класифікації зображень відходів.

З урахуванням сучасних підходів до автоматизованого сортування відходів, де ключову роль відіграють комп'ютерний зір, класифікація зображень та підтримка рішень користувача, мобільний застосунок має поєднувати функції розпізнавання відходів, інтерпретації результату та надання практичних рекомендацій щодо подальших дій. У наукових роботах з розпізнавання відходів підкреслюється значення точного визначення класу об'єкта, роботи в умовах реального середовища та придатності рішень до впровадження в прикладні системи й edge/mobile-сценарії.

Відповідно до поставленої мети до основних функціональних вимог мобільного застосунку доцільно віднести такі:

- 1) отримання зображення об'єкта шляхом фотографування вбудованою камерою або завантаження з галереї пристрою;
- 2) автоматичне розпізнавання типу відходу на основі моделі глибокого навчання з віднесенням об'єкта до однієї з визначених категорій, наприклад: пластик, скло, папір, метал, органічні відходи, змішані або інші відходи;
- 3) відображення результату класифікації у зрозумілій для користувача формі із зазначенням назви категорії;

4) формування рекомендації щодо сортування, зокрема вказівки, до якого контейнера слід помістити відхід або чи підлягає він спеціальному способу утилізації;

5) надання довідкової інформації про правила сортування для окремих типів матеріалів;

6) оброблення неоднозначних результатів, коли система не може виконати впевнене розпізнавання, із повідомленням користувача про потребу повторного фото або ручного вибору категорії;

7) збереження історії попередніх розпізнавань для перегляду раніше отриманих результатів;

8) масштабованість класифікаційної моделі, що забезпечує можливість розширення переліку категорій відходів і адаптації до локальних правил сортування.

Крім функціональних характеристик, для ефективного використання застосунку важливими є також нефункціональні вимоги: швидке отримання результату, зручність інтерфейсу, коректна робота на мобільних пристроях, а також можливість подальшої інтеграції з локальними екологічними сервісами. Актуальність таких вимог узгоджується із загальною тенденцією цифровізації екологічних рішень і зростанням потреби в інструментах, що підтримують якісне первинне сортування відходів на побутовому рівні.

Діаграма послідовностей (рис.1) демонструє порядок виконання операцій під час аналізу зображення та класифікації відходів. Вона описує взаємодію між основними компонентами системи в реальному часі та дозволяє зрозуміти послідовність дій, необхідних для виконання класифікації, та логіку обробки зображення всередині застосунку, такі як:

- 1) користувач робить або завантажує фото відходу;
- 2) зображення передається до модуля попередньої обробки;
- 3) після обробки система надсилає зображення до оптимізованої моделі;
- 4) модель виконує класифікацію об'єкта;
- 5) система формує рекомендацію щодо способу утилізації;
- 6) результат зберігається у локальній базі даних;
- 7) користувач отримує результат на екрані у вигляді категорії відходу та способу сортування.

Інтерфейс мобільного застосунку має бути орієнтований на швидку та інтуїтивно зрозумілу взаємодію користувача із системою, оскільки основний сценарій використання передбачає оперативне визначення типу відходу в побутових умовах.

З погляду програмної реалізації інтерфейс має відповідати принципам мобільної ергономіки: мінімальна кількість кроків до отримання результату, чіткі кнопки дій, контрастне візуальне виділення результату розпізнавання, а також зрозумілі повідомлення у випадках, коли система не може впевнено класифікувати об'єкт. Такий підхід є особливо важливим для AI-орієнтованих

мобільних систем, у яких точність моделі повинна поєднуватися із доступністю та зручністю користування.

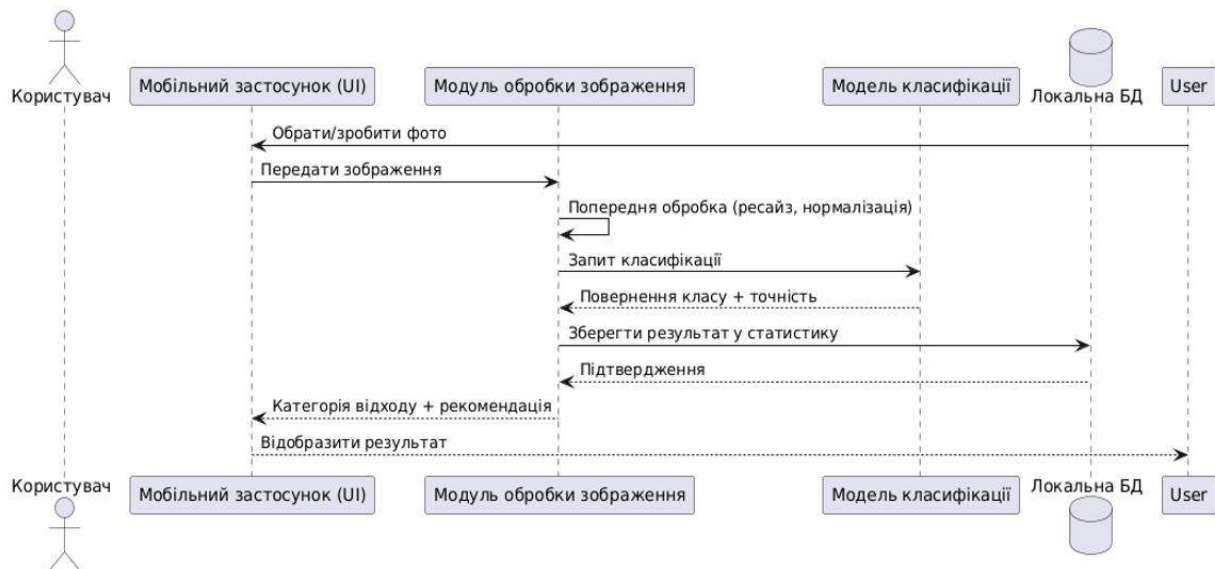


Рис. 1. Діаграма послідовностей

Скріни сторінок мобільного застосунку (рис.2) демонструють основні етапи взаємодії користувача із системою.

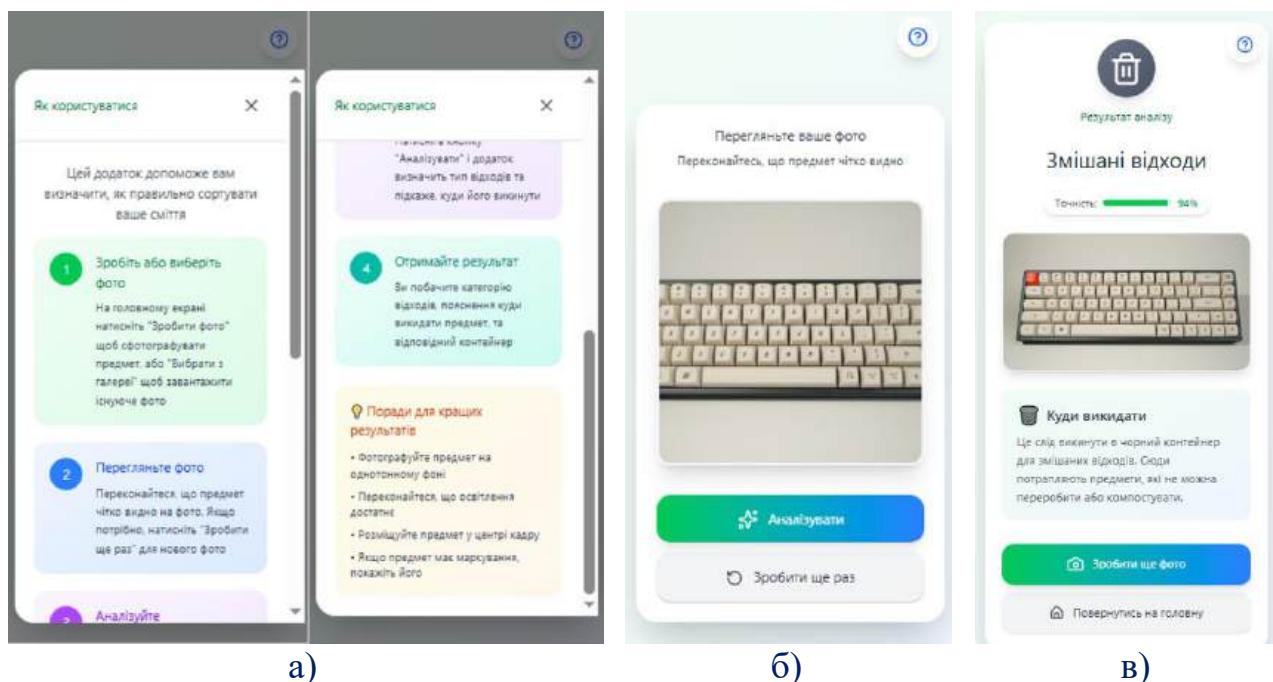


Рис.2. Скріни сторінок мобільного застосунку а) «Довідка»; б) фотографування об'єкту; в) результат аналізу фотографії та рекомендація

На екрані «Довідка» (а) представлено короткі пояснення щодо призначення застосунку та правил користування застосунком, що забезпечує інформаційну підтримку користувача. Екран фотографування об'єкта (б) відображає процес отримання зображення відходу за допомогою камери мобільного пристрою для подальшого аналізу. Дана сторінка містить кнопку

«Зробити ще раз», яка дає змогу користувачеві повторно виконати фотографування об'єкта у разі незадовільної якості зображення або потреби уточнення результату розпізнавання. Наявність кнопки підвищує зручність взаємодії із застосунком та забезпечує гнучкість користувацького сценарію. На екрані результату аналізу фотографії та рекомендації (в) показано визначену категорію відходу та рекомендацію щодо його правильного сортування, що дає змогу користувачеві швидко прийняти рішення щодо подальших дій.

У роботі обґрунтовано актуальність розробки мобільного застосунку для сортування відходів в умовах зростання екологічних викликів та поширення практик роздільного збору сміття. Показано, що труднощі первинного визначення категорії відходу користувачем знижують якість сортування та негативно впливають на подальше перероблення матеріалів. Сучасні підходи, засновані на комп'ютерному зорі та глибокому навчанні, підтверджують перспективність автоматизації такого процесу, зокрема у форматі мобільних рішень.

Список літератури

1. Global Waste Management Outlook 2024 / United Nations Environment Programme, International Solid Waste Association. Nairobi: UNEP. – 2024. 146 p. – URL: <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>
2. Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank. – 2018. 295 p. – URL: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d3f9d45e-115f-559b-b14f-28552410e90a>
3. Lu W., Chen J. Computer vision for solid waste sorting: A critical review of academic research // Waste Management. – 2022. Vol. 142. P. 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.009>
4. Jin S., Yang Z., Królczyk G., Liu X., Gardoni P., Li Z. Garbage detection and classification using a new deep learning-based machine vision system as a tool for sustainable waste recycling // Waste Management. – 2023. Vol. 162. P. 123–130. – URL: <https://experts.illinois.edu/en/publications/garbage-detection-and-classification-using-a-new-deep-learning-ba/>.
5. Hossen M. M., Ashraf A., Hasan M., Majid M. E., Nashbat M., Kashem S. B. A., Kunju A. K. A., Khandakar A., Mahmud S., Chowdhury M. E. H. GCDN-Net: Garbage classifier deep neural network for recyclable urban waste management // Waste Management. – 2024. Vol. 174. P. 439–450. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.014>.
6. Kunwar S. MWaste: A Deep Learning Approach to Manage Household Waste. 2023. 5 p. – URL: <https://scispace.com/pdf/mwaste-a-deep-learning-approach-to-manage-household-waste-1nm6pbd4.pdf>

УДК 721.01:004.8:004.946

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК СПІВАВТОР ДИЗАЙНЕРА: ПРОЄКТУВАННЯ ВІД КРЕСЛЕНЬ ДО ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ

Скрипник Д.В., завідувач архітектурно-дизайнерського відділення,
Левтеров М.О., здобувач РВО молодший бакалавр
Харківський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну
м. Харків, Україна, star.pont.666@gmail.com

Анотація. Статтю присвячено дослідженню трансформаційної ролі штучного інтелекту в сучасній практиці архітектурного проєктування та дизайну. Розглянуто еволюцію інструментарію дизайнера: від традиційного двовимірного креслення до створення інтелектуальних цифрових двійників. Проаналізовано концепцію генеративного дизайну, де алгоритми машинного навчання виступають як активні співавтори, що дозволяють оптимізувати технічні та естетичні параметри об'єктів на основі великих масивів даних. Особливу увагу приділено інтеграції штучного інтелекту в BIM-технології для створення динамічних моделей, здатних прогнозувати експлуатаційні характеристики споруд у реальному часі. Визначено основні виклики та перспективи впровадження нейромережових технологій, зокрема в контексті етики цифрової творчості та підготовки фахівців нової генерації.

Ключові слова: штучний інтелект, генеративний дизайн, цифровий двійник, BIM, архітектурне проєктування, автоматизація дизайну, нейронні мережі

Сучасна парадигма архітектурного проєктування та дизайну середовища переживає трансформацію, порівнянну за масштабами з переходом від ручного креслення до систем автоматизованого проєктування (Computer-Aided Design, CAD). Сьогодні на зміну статичним інструментам приходить штучний інтелект (ШІ), який виступає не просто технічним засобом, а повноцінним співавтором у творчому процесі. Впровадження нейромережових технологій дозволяє оптимізувати шлях від первинного ескізу до створення складних цифрових двійників об'єктів, що забезпечує безперервність життєвого циклу проєкту та високу точність прогнозування експлуатаційних характеристик. Дослідження ролі ШІ в цій еволюції є критично важливим для розуміння майбутнього інженерної та дизайнерської галузей [1]. Цей процес не є простою автоматизацією, а радше фундаментальним переосмисленням онтології архітектурного об'єкта, який перетворюється з пасивного креслення на активну інтелектуальну систему.

Традиційне креслення тривалий час залишалося мовою передачі технічної інформації, проте воно було обмежене суб'єктивним баченням людини та дискретністю процесу внесення змін. З появою технологій генеративного дизайну (Generative Design) концепція створення креслення радикально змінила

свій вектор. Алгоритми ШІ здатні генерувати тисячі варіантів геометричних рішень на основі заданих параметрів: навантаження, типу матеріалів, вартості та ергономічних вимог. У цьому контексті дизайнер переходить від ролі безпосереднього виконавця до ролі куратора, який формулює обмеження та обирає оптимальний результат з-поміж запропонованих системою.

Процес переходу від статичних двовимірних креслень до багатопараметричних моделей на основі ШІ наочно представлено на рис. 1. Це зображення є візуальним маніфестом зміни епох. Воно демонструє тяглість процесу: штучний інтелект не відкидає традиційну інженерну думку (креслення), а стає її еволюційним продовженням. Перехід від паперового носія до динамічної цифрової мережі символізує інтелектуалізацію проєктного середовища.

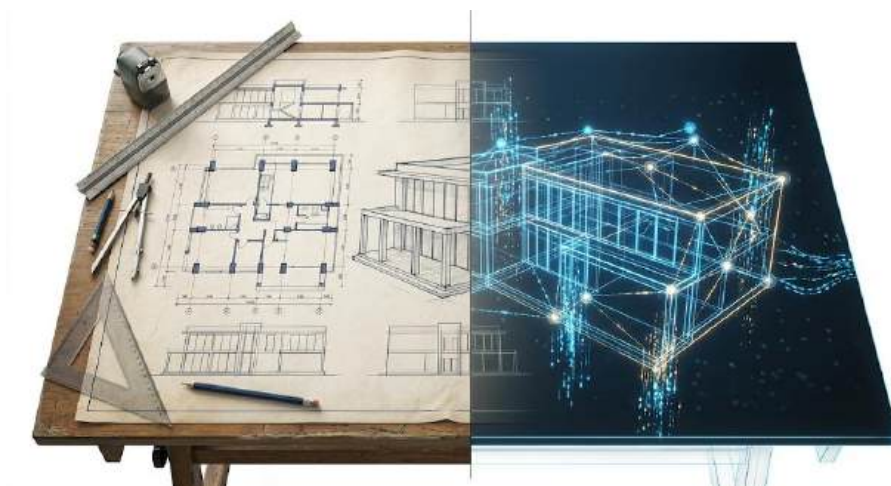


Рис. 1. Концептуальна трансформація: від архітектурного креслення до неймережевої генерації

ШІ не просто автоматизує креслення, він пропонує не один варіант, а цілу родину рішень, кожне з яких є математично обґрунтованим. Візуалізація метрик поверх архітектурних форм підкреслює науковість дизайну та перехід фахівця до ролі куратора, який обирає кращий варіант за наочними показниками. Генеративний підхід базується на методах багатокритеріальної оптимізації, де ШІ аналізує конфліктні вимоги, наприклад, між максимальною природною інсоляцією та мінімізацією тепловтрат.

Застосування еволюційних алгоритмів дозволяє «вирощувати» форми, що імітують природні структури (біоміметика), забезпечуючи при цьому структурну цілісність, яку важко розрахувати традиційними методами. Це призводить до появи нової естетики «цифрового органіцизму», де кожна лінія об'єкта має функціональне та математичне виправдання [9]. На рис. 2 продемонстровано варіативність генеративних рішень, де кожна модель супроводжується динамічним аналізом параметрів, що значно полегшує процес

прийняття рішень дизайнером. Рисунок ілюструє практичну роботу алгоритмів генеративного дизайну. Він показує, що ШІ пропонує цілу серію рішень, де кожна модель супроводжується аналізом параметрів. Візуалізація метрик підкреслює перехід фахівця до ролі куратора, який обирає кращий варіант за наочними показниками.

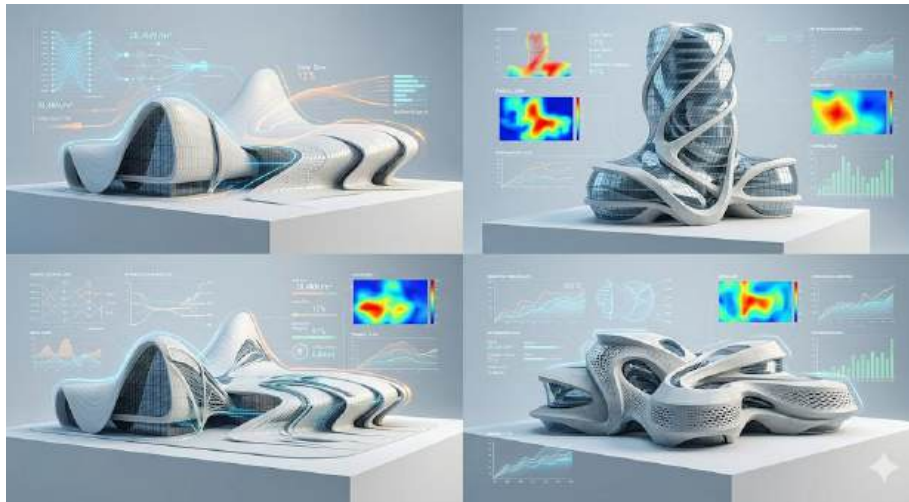


Рис. 2. Процес генеративного дизайну та пошуку оптимальних форм

Використання нейронних мереж для обробки великих масивів даних дозволяє автоматизувати рутинні операції, такі як розробка типових вузлів або розрахунків специфікацій. Більше того, інтеграція алгоритмів машинного зору в сучасні програмні комплекси дає змогу перетворювати двовимірні начерки в об'ємні параметричні моделі з високим ступенем деталізації [2]. Це скорочує час на пре-продакшн і дозволяє зосередитися на концептуальній цінності проєкту. Автоматизація рутинних процесів також мінімізує вплив людського фактора на етапі підготовки робочої документації, що критично важливо для великих інфраструктурних об'єктів, де навіть незначна помилка в кресленнях може призвести до значних фінансових втрат.

Інформаційне моделювання будівель (Building Information Modeling, BIM) стало фундаментом для впровадження ШІ в архітектурну практику. Проте справжній прорив відбувається на етапі створення цифрових двійників (Digital Twins) – динамічних цифрових копій фізичних об'єктів, що підтримують постійний зв'язок зі своїми прототипами через мережу датчиків. На відміну від статичної BIM-моделі, цифровий двійник, керований ШІ, здатен аналізувати зміни в реальному часі та прогнозувати поведінку конструкцій або систем під впливом зовнішніх факторів [3, 8]. Взаємозв'язок між фізичним об'єктом та його цифровим двійником, а також візуалізація операційних даних за допомогою нейромережевого аналізу, відображені на рис. 3. Рисунок демонструє ключову відмінність двійника від 3D-моделі: здатність відображати «невидимі» процеси (енергоспоживання, теплові поля). Це підтверджує тезу

про те, що дизайн стає «живим» і здатним до самокорекції через зворотний зв'язок із реальністю.



Рис. 3. Цифровий двійник об'єкта з візуалізацією потоків даних у реальному часі

Штучний інтелект у системі цифрового двійника виконує функцію аналітичного центру. Він опрацьовує дані про енергоефективність, теплові втрати та інтенсивність використання простору, що дозволяє дизайнеру ще на стадії проєктування створити адаптивне середовище. Такий підхід робить дизайн «живим», де цифрова копія допомагає коригувати реальний об'єкт, а дані з реального об'єкта вдосконалюють майбутні проєкти. У науковій літературі підкреслюється, що синергія ШІ та цифрових двійників є ключем до сталого розвитку міських екосистем та інтелектуальних споруд [4]. Важливим аспектом тут є подолання «семантичного розриву» між фізичними даними датчиків та їхньою архітектурною інтерпретацією, що стає можливим завдяки алгоритмам глибокого навчання, які виявляють приховані патерни в експлуатації будівель [10]. Інтеграція інтернету речей (Internet of Things, IoT) дозволяє будівлям майбутнього «навчатися» на основі звичок своїх мешканців.

Питання естетичної цінності результатів, створених за допомогою ШІ, залишається дискусійним у наукових колах. Проте практика доводить, що використання дифузійних моделей та генеративно-змагальних мереж (Generative Adversarial Networks, GANs) розширює візуальну мову дизайнера. ШІ здатний пропонувати нетривіальні поєднання форм і текстур, які можуть виходити за межі людського досвіду або культурної зумовленості. Це особливо актуально при проєктуванні складних криволінійних фасадів або інтер'єрів у стилі параметризму, де математична складність перевищує можливості ручного моделювання [5]. Робота з ШІ дозволяє дизайнеру експериментувати з

«імовірнісними просторами», де кожна ітерація моделі відкриває нові пласти візуальної виразності.

Важливо зазначити, що ІІІ не замінює дизайнера, а доповнює його когнітивні можливості. Феномен «розширеного інтелекту» (Augmented Intelligence) полягає в тому, що людина делегує алгоритмам обчислювальну складність, залишаючи за собою право на фінальне творче рішення та етичну оцінку. Таким чином, цифрові двійники стають не лише інженерними інструментами, а й майданчиками для естетичних експериментів, де можна миттєво побачити візуальні та функціональні наслідки будь-якої зміни в проєкті [6]. Дизайнер перетворюється на системного архітектора, який керує потоками даних та смисловими векторами проєкту, тоді як ІІІ бере на себе роль технічного виконавця надвисокого рівня.

Незважаючи на очевидні переваги, впровадження ІІІ в процес проєктування стикається з низкою викликів. Перш за все, це питання стандартизації обміну даними між різними програмними платформами (interoperability) та необхідність підготовки кадрів нового типу, які володіють знаннями як у галузі архітектури, так і в сфері Data Science. Також гостро стоїть проблема авторського права на об'єкти, створені за значної участі алгоритмів [7]. Крім того, виникає потреба в перегляді нормативно-правової бази будівництва, оскільки існуючі державні будівельні норми часто занадто ригідні для варіативності, яку пропонує генеративний дизайн. Соціальний аспект впровадження ІІІ також включає питання прозорості алгоритмів («black box problem»): дизайнер повинен розуміти логіку системи, щоб гарантувати безпеку та надійність споруди.

Майбутнє розвитку галузі вбачається у створенні повністю автономних циклів проєктування, де ІІІ самостійно генерує проєктну документацію, створює цифрового двійника і проводить віртуальні випробування об'єкта в різних сценаріях експлуатації до початку реального будівництва. Це дозволить нівелювати помилки на ранніх стадіях і значно знизити вартість життєвого циклу об'єктів. Перспективним напрямком є також використання ІІІ для ревіталізації історичної забудови, де цифрові двійники допоможуть інтегрувати сучасні інженерні системи в пам'ятки архітектури, зберігаючи їхню автентичність. Впровадження кіберфізичних систем дозволить будівлям майбутнього самостійно реагувати на кліматичні зміни, регулюючи рівень енергоспоживання.

Штучний інтелект трансформувався з допоміжного інструмента в активного співавтора дизайнера, радикально змінивши ланцюжок проєктування. Перехід від плоских креслень до багатовимірних цифрових двійників дозволяє створювати складніші, безпечніші та енергоефективніші

об'єкти. Інтеграція алгоритмів ШІ на всіх етапах – від генерації ідей до моніторингу реальних споруд – забезпечує якісно новий рівень взаємодії людини та технологій, де цифрова модель стає основою для прийняття обґрунтованих проєктних рішень. Подальші дослідження у цьому напрямку мають зосередитися на вдосконаленні методів машинного навчання для специфічних архітектурних завдань, розробці відкритих стандартів даних та вирішенні етичних аспектів цифрової творчості в умовах глобальної цифровізації архітектурної галузі.

Список літератури

1. Negroponte N. *The Architecture Machine: Toward a Gentle Architecture*. Cambridge: MIT Press, 1970. 117 p. URL: <https://www.researchgate.net/publication/350116854>
2. Caetano I., Santos L., Leitão A. Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design. *Frontiers of Architectural Research*. 2020. Vol. 9, Iss. 2. P. 287–300. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.12.001>
3. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. Berlin: Springer, 2017. P. 85–113. URL: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3289884>
4. Шевченко О. В. Інформаційне моделювання будівель (BIM) як основа сталого розвитку архітектури. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2023. Вип. 65. С. 45–52. URL: <http://archurbi.knuba.edu.ua/archive>
5. Chaillou S. *Artificial Intelligence and Architecture: From Research to Practice*. Basel: Birkhäuser, 2021. 160 p. URL: <https://www.academia.edu/39599650>
6. Terzidis K. *Algorithmic Architecture*. Oxford: Architectural Press, 2006. 176 p. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/3f6e57dd6b84ae95df5dedd2381a19d47cdf8c23>
7. Leach N. *Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An Introduction to AI for Architects*. London: Bloomsbury Visual Arts, 2022. 200 p. URL: <https://www.researchgate.net/publication/358584852>
8. Batty M. Digital twins. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 2018. Vol. 45, Iss. 5. P. 817–820. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2399808318796416>
9. Carpo M. *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*. Cambridge: MIT Press, 2017. 256 p. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1332573/FULLTEXT01.pdf>
10. Picon A. *Smart Cities: A Spatialised Intelligence*. London: Wiley, 2020. 176 p. URL: https://sustainability.kaust.edu.sa/wp-content/uploads/2023/10/Smart-Cities_KAPSARK.pdf

УДК 004.75:004.056:614.21

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ФРЕЙМВОРК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНФІДЕНЦІЙНОСТІ ОБЧИСЛЕНЬ У ГЕТЕРОГЕННІЙ FOG- ІНФРАСТРУКТУРІ

Фесенко Т. Г., д.т.н., проф.

Шевцов І. О., здобувач PhD

Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна, ivan.shevtsov@nure.ua

Анотація. розглянуто проблему забезпечення конфіденційності медичних даних у системах віддаленого моніторингу пацієнтів (RPM) при використанні туманних обчислень (Fog Computing). Обґрунтовано необхідність переходу від програмних методів захисту до парадигми конфіденційних обчислень (Confidential Computing). Запропоновано концептуальний фреймворк, що базується на використанні довірених середовищ виконання (TEE) архітектури Armv8-A та механізмів віддаленої атестації. Особливістю моделі є делегування мобільному пристрою функцій брокера безпеки, що здійснює наскрізний контроль цілісності вузла за протоколом TEEP та керує розподілом криптографічних ключів.

Ключові слова: віддалений моніторинг здоров'я, fog computing, довірене середовище виконання, конфіденційне виконання, IoMT

Стрімке впровадження концепції медичного інтернету речей (Internet of Medical Things, IoMT) та систем віддаленого моніторингу пацієнтів (Remote Patient Monitoring, RPM) зумовлює перехід до нових правил архітектурної побудови мереж. Виникає необхідність перенесення обчислювальних ресурсів із віддалених хмарних центрів безпосередньо до джерела даних – на рівень туманних обчислень (Fog Computing). Цей крок є стратегічно необхідним, оскільки він дозволяє мінімізувати латентність та уникнути колапсу каналів зв'язку під тиском величезних масивів біометрії. Разом з тим, виникає потреба вирішення проблеми гетерогенності Fog-інфраструктури. Оскільки вона часто спирається на публічні маршрутизатори чи побутові шлюзи, за замовчуванням виключає можливість повного адміністративного контролю над пристроями. У таких умовах виникає фундаментальна вразливість на рівні транспортних протоколів (наприклад, Transport Layer Security, TLS). Як тільки дані потрапляють в оперативну пам'ять стороннього вузла для аналізу, вони стають абсолютно беззахисними перед компрометацією операційної системи. Отже, виникає суперечність: система потребує миттєвої обробки сигналів для порятунку життя, але не може забезпечити конфіденційність на недовіреному обладнанні. Вирішенням такої ситуації можуть стати конфіденційні обчислення (Confidential Computing). Зміна довіри від програмного забезпечення вузла на апаратні механізми ізоляції обчислювальних процесів дозволяє розірвати зв'язок між фізичним володінням пристроєм та доступом до даних пацієнта.

Конструкція запропонованого фреймворку (рис. 1) базується на принципі суворої верифікації обчислювального середовища. Безпека транзакцій забезпечується шифруванням трафіку, а також впровадженням обов'язкового протоколу превентивної віддаленої атестації. Такий підхід дозволяє

санкціонувати делегування аналітичних задач виключно на ті периферійні вузли (Fog nodes), які здатні надати апаратне підтвердження своєї доброчесності. У результаті створюється захищений контур обробки, де виконання інтелектуальних медичних алгоритмів ізольоване від ризиків компрометації системного програмного забезпечення на проміжних рівнях інфраструктури.

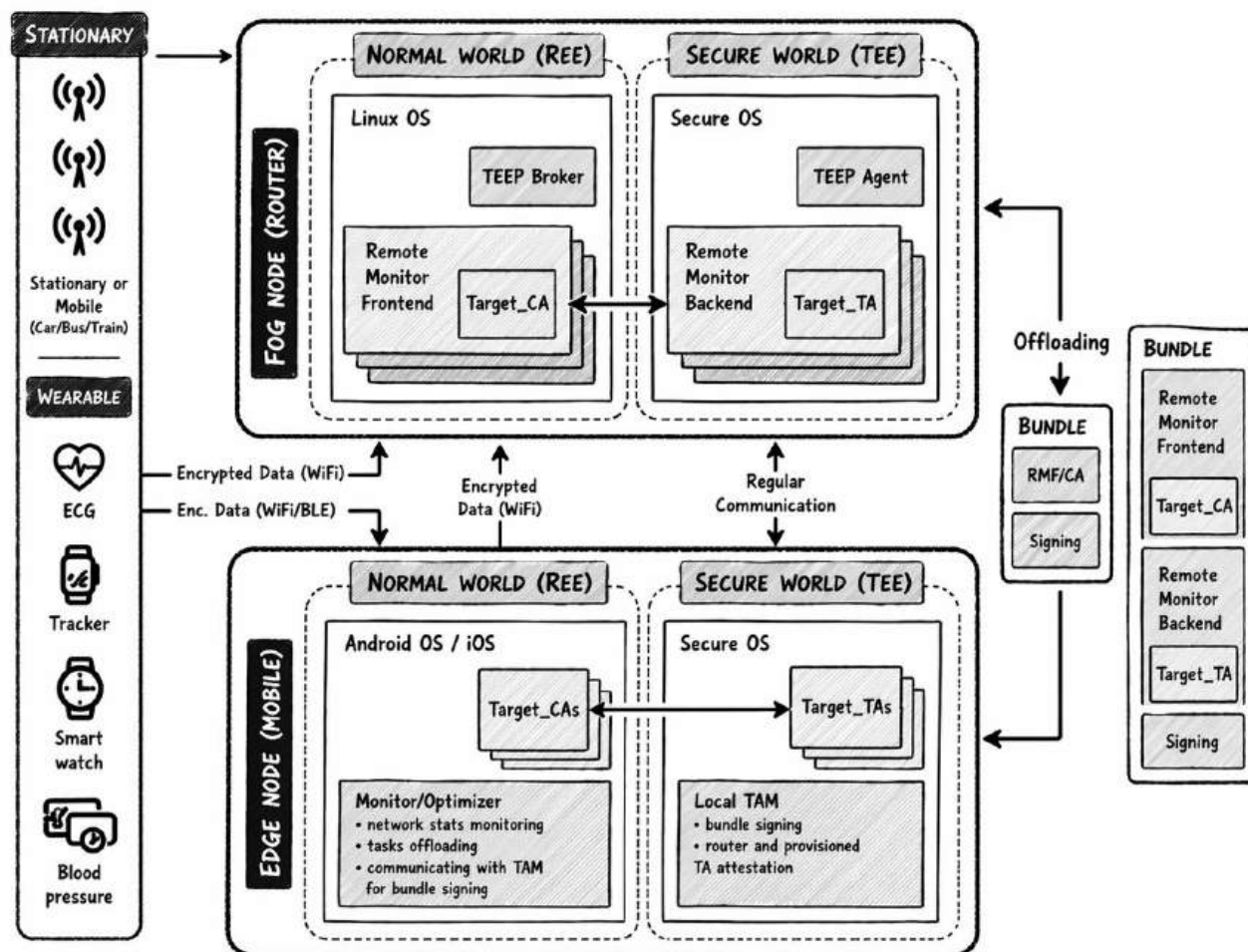


Рис. 1. Структурна модель захищеної взаємодії та ієрархія потоків даних у багаторівневій RPM-системі

Архітектура моделі RPM-системи базується на чотирирівневій моделі Cloud–Fog–Edge–IoT [3]. Сенсорний (perception) рівень включає гетерогенну сукупність медичних пристроїв (електрокардіографічні сенсори, смарт-годинники, датчики середовища), що генерують періодичні й подієво-орієнтовані потоки даних та передають їх через BLE, ZigBee або Wi-Fi. Edge-рівень представлений мобільним терміналом користувача, який виконує роль інтелектуального шлюзу, зберігає задачі, пов'язані з конкретним пацієнтом, виконує первинну обробку та приймає рішення щодо оффлоадингу на fog-рівень. Fog-рівень утворюють вузли із помірними обчислювальними ресурсами (домашні шлюзи, міські маршрутизатори, бортові комп'ютери приватного транспорту, тощо), на яких доцільно розміщувати задачі, чутливі до затримки. Хмарний рівень використовується переважно для довготривалого зберігання

деперсоніфікованих даних і виконання аналітичних задач, не беручи участі в оперативному контурі прийняття рішень.

Пропонується наділити мобільний пристрій користувача функціями брокера безпеки, який не тільки передає дані, а санкціонує запуск обчислень лише після успішної апаратно-програмної атестації Fog-вузла. Технологічним фундаментом стає архітектура Armv8-A, в якій завдяки механізмам Secure Partition Manager (S-EL2) та фреймворку FF-A досягається найвищий рівень логічної сегрегації процесів (рис. 2).

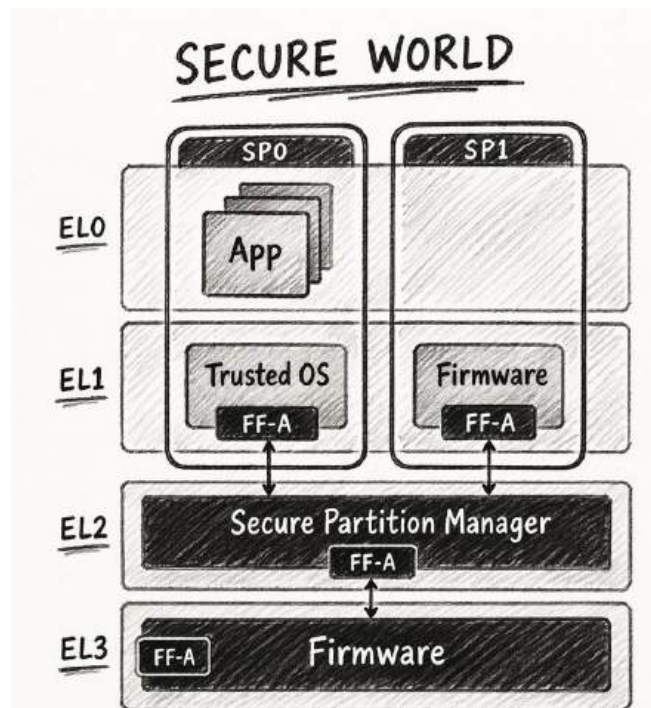


Рис. 2. Модель логічної сегрегації компонентів у захищеному середовищі архітектури Armv8-A

Функціональна структура запропонованого рішення базується на розподілі повноважень між двома програмними доменами на боці Fog-вузла: клієнтським модулем (Client Application, CA), що працює у відкритому середовищі (REE), та довіреним компонентом (Trusted Application, TA), ізольованим усередині Trusted Execution Environment (TEE) [4]. Роль координатора та гаранта безпеки виконує мобільний пристрій користувача. Він забезпечує створення інсталяційного пакету (bundle), інтегруючи цільовий алгоритм аналізу сигналів (Target_TA), маніфест із чітко визначеними політиками доступу (Role-ID). Використання стандартизованого протоколу TEEP дозволяє забезпечити наскрізний контроль за станом віддаленого вузла на кожному етапі ініціалізації сесії.

Алгоритм розгортання критичних задач розпочинається з фази «виклику» (challenge), під час якої мобільний брокер вимагає від Fog-вузла апаратного підтвердження його доброчесності. Процес атестації базується на використанні довіреного апаратного модуля (TPM), який генерує повідомлення з актуальними показниками платформних реєстрів (PCR). Водночас TEE маршрутизатора формує специфічний звіт про стан розгорнутого застосунку,

включаючи хеш-суму його коду та тимчасовий публічний ключ для безпечного обміну даними. Лише після успішної верифікації цих доказів мобільним пристроєм відносно еталонних значень (golden image), вузол набуває статусу довіреного обчислювального майданчика. Після завершення атестаційного циклу впроваджується стратегія поглибленої ізоляції. У той час, як Target_TA отримує доступ до внутрішніх API TEE та виділених сегментів пам'яті, клієнтський додаток у REE обмежується рамками моделі обов'язкового контролю доступу. Застосування інструментів типу SELinux реалізує принцип «за замовчуванням заборонено», блокуючи будь-які спроби прямого звернення СА до критичних ресурсів або пам'яті довіреного домену. Така конфігурація забезпечує стійку «ешелоновану оборону» (defense-in-depth), де апаратна ізоляція TEE підсилюється програмними бар'єрами операційної системи, що нівелює загрозу витоку даних навіть за умови повної компрометації зовнішнього програмного інтерфейсу вузла..

Фінальна стадія підготовки системи передбачає конфіденційне поширення ключів шифрування медичних даних. Цей процес є жорстко детермінованим: мобільний верифікатор передає секретний матеріал лише після повторної атестації вже активного екземпляра ТА. Дані шифруються на одноразовий відкритий ключ, що міститься у перевіреному звіті анклаву, і розшифровуються виключно всередині захищеного сховища per-TA. У результаті клієнтський застосунок оперує лише зашифрованими корисними навантаженнями, виконуючи роль маршрутизатора, тоді як секретні ключі ніколи не з'являються у незахищеній пам'яті пристрою.

У підсумку, запропонована архітектура фреймворку створює основу для побудови систем з високим ступенем довіри до результатів обчислень. Виходячи з припущення, що безпекова цілісність вузла є гарантованою, перспективним напрямком для подальших досліджень вбачається оцінка продуктивності RPM-сервісів, кількісний аналіз накладних витрат, зумовлених апаратною атестацією та політиками SELinux.

Список літератури

1. Kraemer, F., Bråten, A., Tamkittikhun, N., Palma, D. (2017). Fog Computing in Healthcare – A Review and Discussion. IEEE Access, 5, 9206–9222. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2704100>
2. Шевцов І. О. Гібридні моделі обчислень Fog і Edge для оптимізації віддаленого моніторингу хронічних захворювань. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2024. Т. 35 (74), №5. doi: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.5.1/48>
3. Rodrigues V.F., da Rosa Righi R., da Costa C.A., Zeiser F.A., Eskofier B., Maier A., Kim D. (2023). Digital health in smart cities: Rethinking the remote health monitoring architecture on combining edge, fog, and cloud. Health Technol (Berl), 13(3), 449–472. doi: <https://doi.org/10.1007/s12553-023-00753-3>
4. TEE Client API Specification Version 1.0. GlobalPlatform. Available at: <https://globalplatform.org>

УДК 631.03

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ УСТАНОВКОЮ МЕТРОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИТРАТИ РІДИНИ

Чуб І. М., к.т.н., доц.
Чумакова А. С., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, chub.irina.nik@gmail.com

Анотація. У статті розглянуто розробку та дослідження автоматизованої системи управління установкою метрологічного контролю витрати рідини. Запропоновано структуру системи на базі програмованого логічного контролера, розроблено алгоритми керування та виконано математичне моделювання процесу. Проведено ідентифікацію об'єкта за кривою розгону та налаштування ПІ-регулятора методом Циглера-Нікольса. Отримані результати підтверджують підвищення точності регулювання, зниження перерегулювання та покращення енергоефективності системи.

Ключові слова: автоматизована система управління, витрата рідини, метрологічний контроль, ПІ-регулятор, ідентифікація, крива розгону, ПЛК, частотне регулювання

Розвиток сучасної промисловості висуває суворі вимоги до точності вимірювання витрати рідин. Забезпечення єдності вимірювань у цьому напрямку неможливе без проведення високоякісного метрологічного контролю відповідних приладів. Метрологічні дослідження в цій сфері є актуальними, оскільки вони дозволяють створювати та впроваджувати автоматизовані системи управління повірочними установками. Використання таких систем забезпечує стабільність технологічного процесу метрологічного контролю, підвищує його ефективність та дозволяє мінімізувати вплив людського фактора, гарантуючи достовірність результатів повірки.

Об'єктом дослідження є водопроливна установка, призначена для повірки витратомірів рідини. Метою статті є розробка та дослідження автоматизованої системи управління, що включає вибір структури, засобів автоматизації, алгоритмів керування та моделювання процесу. Запропоновано систему управління на базі програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК 150-АМ.

Особливу увагу приділено розробці алгоритмів керування технологічним обладнанням, зокрема процесами пуску, зупинки, збору даних та автоматичного регулювання витрати рідини, які реалізовано в середовищі CoDeSys. Для керування витратою розроблено програму мовою Structured Text (ST), що реалізує алгоритм широтно-імпульсного регулювання положення виконавчого механізму клапана без застосування аналогових виходів. Формування дискретних керуючих впливів здійснюється на основі динамічного порівняння поточного значення витрати та уставки з пилкоподібним опорним сигналом із заданим періодом 3,5 с та амплітудою. Такий підхід дозволяє реалізувати квазінеперервне регулювання із використанням двопозиційного виконавчого механізму, забезпечуючи адаптацію тривалості керуючих імпульсів до величини відхилення регульованого параметра, що сприяє

підвищенню точності підтримання витрати та покращенню енергоефективності системи.

У роботі проведено аналіз методів регулювання витрати, серед яких розглянуто дросельне та частотне регулювання. Встановлено, що дросельне регулювання характеризується низькою енергоефективністю та значним перерегулюванням, тоді як частотний метод забезпечує плавну зміну швидкості насоса, зменшення енергоспоживання та підвищення ресурсу обладнання.

Для синтезу системи автоматичного регулювання отримано передаточну функцію об'єкта управління шляхом ідентифікації за кривою розгону. Об'єкт апроксимовано аперіодичною ланкою другого порядку із запізненням, що дозволило визначити основні параметри: коефіцієнт підсилення, постійні часу та час запізнення.

Налаштування регулятора виконано за методом Циглера-Нікольса, що базується на експериментальних даних перехідної характеристики. Проведене моделювання показало, що початкові параметри регулятора не забезпечують необхідних показників якості, зокрема перерегулювання перевищує допустимі значення. У результаті додаткового коригування параметрів ПІ-регулятора вдалося досягти покращення динамічних характеристик системи. Отримані результати показали зменшення перерегулювання до нормативних значень та забезпечення необхідного часу регулювання.

Для проведення досліджень було розроблено лабораторний стенд. Практична реалізація системи на лабораторному стенді підтвердила адекватність розробленої математичної моделі та ефективність запропонованих алгоритмів управління. Отримані експериментальні результати свідчать про можливість масштабування запропонованого підходу для промислових систем метрологічного контролю різної продуктивності. Запропонована система забезпечує підвищення точності вимірювання витрати, зменшення енергоспоживання та підвищення надійності роботи обладнання.

Таким чином, розроблена автоматизована система управління установкою метрологічного контролю витрати рідини є ефективним рішенням для підвищення якості метрологічного забезпечення та оптимізації технологічних процесів.

Список літератури

1. Коломийченко, О., Защепкіна, Н., & Коломийченко, В. (2024). Модернізація установки проливної, (4), 196–206. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-24>
2. Лабунський В. Удосконалення методу повірки лічильників води/ В.Лабунський, Н.Зашчепкіна, А.Лабунська// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. No2. -2023.с.43-49.

УДК 005.962:004.9:005.336.1

МОДЕЛЬ ЦИФРОВАІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МЕНЕДЖЕРІВ

Нагаєв В.М., д. п. н., проф.,
Червоний С.О., здобувач РВО доктор філософії (PhD)
Безнос Є.О., здобувач РВО доктор філософії (PhD)
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, nagaevviktor1966@gmail.com

Анотація. Обґрунтовано модель цифровізації процесу формування управлінської компетентності менеджерів. Розглянуто сучасні підходи до розвитку управлінських компетенцій в умовах цифрової трансформації економіки та поширення інформаційних технологій. Визначено ключові етапи формування управлінської компетентності та можливості їх цифрової підтримки через використання онлайн-навчання, симуляційних платформ, HR-аналітики та систем управління знаннями. Обґрунтовано роль цифрових інструментів у підвищенні ефективності підготовки менеджерів, розвитку їхніх лідерських якостей та адаптації до змінного бізнес-середовища. Запропоновано концептуальну модель цифровізації процесу формування управлінської компетентності, яка базується на інтеграції освітніх технологій, практико-орієнтованого навчання та цифрової аналітики.

Ключові слова: управлінська компетентність, менеджери, цифровізація, HR-менеджмент, цифрове навчання, компетентнісний підхід, лідерство, інформаційні технології, розвиток персоналу, управління знаннями

Сучасні умови розвитку економіки характеризуються стрімкою цифровізацією всіх сфер управління, що суттєво впливає на вимоги до управлінського персоналу. Менеджери повинні володіти не лише класичними управлінськими навичками, а й цифровими компетенціями, здатністю працювати з великими обсягами інформації, використовувати аналітичні інструменти та приймати рішення в умовах невизначеності.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розробка моделі цифровізації процесу формування управлінської компетентності менеджерів, а також визначення ролі цифрових технологій у підвищенні ефективності розвитку управлінського персоналу.

Формування управлінської компетентності менеджерів є складним багаторівневим процесом, який включає розвиток професійних знань, управлінських навичок, лідерських якостей, комунікативних здібностей та цифрової грамотності. Традиційні підходи до навчання поступово втрачають ефективність, що зумовлює необхідність впровадження цифрових технологій у процес підготовки та розвитку менеджерів.

Модель цифровізації процесу формування управлінської компетентності передбачає використання сучасних освітніх платформ, систем дистанційного навчання, бізнес-симуляцій та інтерактивних тренажерів. Це дозволяє створювати максимально наближені до реальних умов управлінські ситуації, у яких менеджери можуть відпрацьовувати навички прийняття рішень. Важливим елементом є впровадження HR-аналітики, яка дозволяє оцінювати рівень

розвитку компетентностей менеджерів, визначати їх сильні та слабкі сторони, а також формувати індивідуальні траєкторії навчання. На основі таких даних підприємства можуть ефективно планувати розвиток управлінського персоналу.

Окрему роль відіграють системи управління знаннями, які забезпечують накопичення, збереження та передачу управлінського досвіду в організації. Це сприяє формуванню корпоративної пам'яті та підвищенню загального рівня управлінської культури. Також важливим напрямом є використання цифрових платформ для командної взаємодії, що дозволяє розвивати навички комунікації, лідерства та роботи в умовах розподілених команд. Це особливо актуально в умовах глобалізації та розвитку дистанційної роботи.

Формування управлінської компетентності менеджерів в умовах цифрових освітніх трансформацій потребує переосмислення традиційних підходів до професійної підготовки та розвитку управлінських кадрів. Управлінська компетентність розглядається як складне інтегративне утворення, що поєднує професійні знання з менеджменту, навички прийняття управлінських рішень, комунікативні та аналітичні здібності, а також ціннісно-мотиваційні й особистісні характеристики керівника [2]. Управлінська компетентність у межах моделі розглядається як поєднання кількох взаємопов'язаних складників: ціннісно-мотиваційний (стійка мотивація до навчально-творчої діяльності, внутрішнє прийняття лідерства, готовність брати на себе відповідальність); когнітивно-аналітичний (знання основ лідерства, розуміння принципів управління, уміння аналізувати інформацію й робити висновки); діяльнісно-організаційний (здатність планувати дії, розподіляти завдання, організовувати виконання, контролювати хід і коригувати рішення); комунікативно-лідерський (уміння чітко й зрозуміло пояснювати завдання, слухати підлеглих, будувати довірливі стосунки в колективі, підтримувати моральний стан); психофізичний (вміння діяти в умовах стресу, зберігати самоконтроль, ухвалювати рішення в ситуації невизначеності, витримувати значні фізичні й емоційні навантаження); цифрово-технологічний (здатність ефективно використовувати засоби зв'язку, інформаційні системи, сучасні технічні засоби аналізу й підтримки управління).

На прикладі освітнього процесу Державного біотехнологічного університету проаналізуємо реалізацію цифрового освітнього контенту в умовах управління процесом формування управлінської компетентності менеджерів у 2023-2026 рр. Важливим аспектом використання цифрових технологій є можливість індивідуалізації та персоналізації професійного розвитку менеджерів. Цифрові освітні середовища дозволяють будувати індивідуальні освітні траєкторії, враховувати рівень підготовки, управлінський досвід та потреби конкретного менеджера, що позитивно впливає на формування його управлінської компетентності. Крім того, цифрові інструменти забезпечують постійний зворотний зв'язок, розвиток навичок самооцінювання та саморефлексії, які є важливими складниками управлінської зрілості.

У межах досліджень, проведених у Державному біотехнологічному університеті (ДБТУ), підтверджено, що цифровізація процесів формування управлінської компетентності є одним із ключових чинників підвищення якості

підготовки майбутніх менеджерів. Зокрема, освітній процес у закладі активно інтегрує елементи цифрового навчального середовища, що включає використання систем дистанційного навчання (LMS), онлайн-платформ для виконання практичних завдань, а також цифрових кейсів та симуляцій управлінських ситуацій.

Практичні спостереження в ДБТУ свідчать, що застосування інтерактивних технологій сприяє більш глибокому засвоєнню управлінських дисциплін та формуванню у здобувачів освіти навичок критичного мислення, командної роботи й прийняття управлінських рішень. Важливим результатом є також підвищення рівня цифрової грамотності студентів, що є складовою сучасної управлінської компетентності. Крім того, в університеті впроваджуються елементи HR-аналітики в освітньому процесі, що дозволяє оцінювати індивідуальні освітні траєкторії студентів, визначати рівень сформованості компетентностей та адаптувати навчальні програми відповідно до потреб ринку праці. Такий підхід забезпечує більш тісний зв'язок між теоретичною підготовкою та практичними вимогами бізнес-середовища. Отримані результати підтверджують, що цифровізація освітнього процесу у ДБТУ сприяє формуванню сучасного типу менеджера, який володіє не лише класичними управлінськими знаннями, але й здатністю ефективно працювати в умовах цифрової економіки.

Таким чином, цифровізація процесу формування управлінської компетентності менеджерів є важливим чинником підвищення ефективності управління та конкурентоспроможності організацій.

Модель цифровізації процесу формування управлінської компетентності менеджерів є сучасним інструментом розвитку управлінського персоналу, який дозволяє поєднувати традиційні освітні підходи з інноваційними цифровими технологіями. Її впровадження сприяє підвищенню якості підготовки менеджерів, розвитку їхніх професійних і цифрових компетенцій, а також адаптації до умов швидкозмінного бізнес-середовища. У результаті підприємства отримують більш ефективний управлінський персонал, здатний приймати обґрунтовані рішення та забезпечувати сталий розвиток організації.

Список літератури

1. Морзе Н. В. Цифрова трансформація освіти: виклики і перспективи. К.: УМО, 2020.
2. Семеріков С. О. Теоретико-методичні засади використання цифрових технологій в освіті. Кривий Ріг, 2019.
3. Klochko, O.V., Nagaev, V.M., Kljchko, V.I., Pradivliannyi, M.G., Didukh, L.I. (2018). Computer oriented systems as a means of empowerment approach implementation to training managers in the economic sphere. *Information technologies and learning tools*. Vol 68, № 6, 2018. p. 33-46. URL: <https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6>.
4. Савченко О. П. Розвиток цифрових компетентностей персоналу в умовах трансформації HR-менеджменту. *Економіка АПК*. 2025. № 2. С. 67–74.

УДК 629.3

ЗАГАЛЬНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ВИБОРУ ГІБРИДНОГО ІНВЕРТОРУ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Філь Н.Ю., к.т.н., доц.

Бачила Д.В., здобувач РВО бакалавр

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

м. Харків, Україна, fil_nu@i.ua

Анотація. Енергетична незалежність – це питання національної безпеки. Для забезпечення безперебійного, автономного та стабільного електроживлення підприємств використовуються резервні джерела живлення, акумулятори, системи зберігання енергії та засоби автоматичного перемикавання. Гібридні інвертори – це ключовий елемент для створення енергонезалежності, що об'єднує функції мережевого та автономного інверторів. При виборі такого обладнання важливо врахувати надійність, ефективність та довговічність. Розглянута загальна постановка задачі вибору гібридного інвертору.

Ключові слова: альтернатива, гібридний інвертор, критерій

Енергетична стійкість підприємства – це стратегічний підхід до ведення бізнесу в умовах нестабільного зовнішнього середовища. Інвертори та системи резервного живлення допомагають знижувати операційні ризики, підтримувати безперервність процесів і захищати фінансові результати. Інвестиції в надійне енергоживлення сьогодні – це не лише захист від кризових ситуацій, а й важлива конкурентна перевага, що забезпечує впевнене зростання бізнесу в майбутньому.

Сьогодні інвертор є інструментом управління ризиками.

Інвертор у системі резервного живлення є ключовим елементом для забезпечення безперервної роботи бізнесу. Він оперативно перемикає навантаження на акумуляторні батареї, гарантуючи стабільне електроживлення без пауз і перепадів напруги.

Сучасні інвертори можна інтегрувати в комплексні системи енергозабезпечення, налаштовані під конкретні потреби компанії – від офісів і торгових точок до виробничих потужностей. У такій системі інвертор виконує роль «енергетичного буфера», захищаючи обладнання від аварійних відключень і коливань напруги.

Додатково сучасні інвертори можуть працювати у складі гібридних рішень разом із генераторами чи сонячними панелями, оптимізуючи використання енергії та знижуючи залежність від електромережі. У результаті резервне живлення переходить із категорії аварійного рішення у повноцінний інструмент ефективного енергоменеджменту.

Використання інверторів надають економічні переваги стабільного енергоживлення. Надійне енергопостачання приносить бізнесу як прямі, так і опосередковані фінансові вигоди. Компанія скорочує втрати від простоїв, уникає штрафних санкцій і витрат на відновлення обладнання. Водночас захист

техніки від перепадів напруги продовжує термін її служби та зменшує потребу в ремонті.

Додатковим плюсом є передбачуваність витрат. Використання інверторів і акумуляторних систем дає можливість ефективно планувати навантаження та оптимізувати споживання електроенергії, що особливо актуально для енергоємних підприємств. У довгостроковій перспективі це сприяє зміцненню фінансової стабільності компанії.

Розглянемо основні параметри та характеристики, які необхідно враховувати при виборі гібридного інвертору для промислового підприємства [1].

Перший параметр – потужність інвертора. Один з головних критеріїв вибору. Вона повинна відповідати загальному сумарному навантаженню всіх споживачів. Розрахуйте максимальне споживання електроенергії у вашому будинку або на об'єкті, враховуючи пікове навантаження. Інвертор з недостатньою потужністю не зможе стабільно забезпечувати роботу підключених пристроїв [1].

Наприклад, якщо у вас в будинку одночасно працюють холодильник (200 Вт), телевізор (100 Вт) і система кондиціонування (1000 Вт), то мінімальна потужність інвертора повинна становити близько 1500 Вт із запасом на пікове навантаження.

Другий параметр – підтримувана напруга та тип акумуляторів. Гібридні інвертори повинні бути сумісні з акумуляторами, які ви плануєте використовувати [1].

Необхідно звернути увагу на такі характеристики:

- напругу акумуляторів (12 В, 24 В або 48 В);
- тип батарей (свинцево-кислотні, літій-іонні або інші).

Літій-іонні акумулятори зазвичай довговічніші та ефективніші, але й коштують дорожче.

Третій параметр – наявність MPPT-контролера. Більшість сучасних гібридних інверторів оснащені MPPT-контролером (Maximum Power Point Tracking). Він оптимізує використання енергії сонячних панелей, забезпечуючи максимальну ефективність роботи системи. Якщо ви плануєте використовувати сонячні панелі, наявність MPPT-контролера – обов'язковий параметр [1].

Четвертий параметр – режими роботи [1]. Гібридні інвертори можуть працювати в різних режимах:

- автономний режим: живлення виключно від акумуляторів;
- мережевий режим: підключення до електромережі для резервного живлення;
- комбінований режим: одночасне використання енергії сонячних панелей, акумуляторів та електромережі;
- вибір режиму залежить від ваших потреб та доступних джерел енергії.

П'ятий параметр – енергоефективність. Коефіцієнт корисної дії (ККД) інвертора впливає на його здатність перетворювати енергію з мінімальними втратами. Рекомендується обирати пристрої з ККД не нижче 95% [1].

Шостий параметр – додаткові функції [1]. Сучасні інвертори оснащені корисними функціями, які роблять їх використання більш зручним:

- управління через смартфон або комп'ютер (моніторинг параметрів, налаштування режимів роботи);
- захист від перевантажень і короткого замикання;
- можливість роботи з декількома джерелами енергії.

Гібридні інвертори відіграють важливу роль у забезпеченні стабільної роботи сонячних електростанцій і систем резервного живлення. При виборі такого обладнання важливо врахувати надійність, ефективність та довговічність.

Таким чином, вибір гібридного інвертора вимагає врахування багатьох параметрів: потужності, сумісності з акумуляторами, функціональності та енергоефективності, бюджет та умови експлуатації.

Науково-обґрунтований вибір гібридного інвертор стане основою надійної та енергоефективної системи підприємства, дозволяючи економити на електроенергії та забезпечуючи автономність у разі перебоїв з електропостачанням.

Розглянемо загальну постановку задачі вибору гібридного інвертору.

Відомо:

- множина гібридних інверторів, які можуть використовуватися на промислових підприємств $A = \{a_i\}, i = 1, \dots, i^*$;
- множина кількісних та якісних характеристик гібридних інверторів $C = \{c_j\}, j = 1, \dots, j^*$.

Необхідно обрати гібридний інвертор для промислового підприємства за заданими функціональним і економічним критерієм.

В якості критеріїв можливо розглядати: бренд; потужність інвертору; наявність та кількість МРРТ; пікова потужність інвертору; напруга акумулятора; кількість фаз; струм заряджання АС; можливість паралельного підключення; вага інвертору; габарити ($B \times Ш \times Г$) номінальна вихідна напруга (АС); функція підмішування; форма вихідного сигналу; тип підтримуваних акумуляторів; вартість.

Таким чином, задача вибору гібридного інвертору відноситься до багатокритеріальних задач в умовах невизначеності.

Для розв'язання багатокритеріальних задач з якісними та кількісними критеріями пропонується використовувати нечіткий багатокритеріальний аналіз варіантів із застосуванням парних порівнянь [2].

Список літератури

1. Гібридні інвертори: вибір найкращого варіанту на основі характеристик. – URL: <https://surl.li/xwaqfm>.
2. Дебела, І.М. Алгоритм нечітких пріоритетів альтернативних рішень // Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка. – 2023. – Вип. 18. – С. 262-267. DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.18.30>

УДК 004.9:[004.8:7.05]

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АВТОМАТИЗАЦІЇ ДИЗАЙНУ ІГРОВИХ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ

Проценко Н.М., к.е.н., доц.
Косицин О.О., здобувач РВО, бакалавр
Державний біотехнологічний університет
М. Харків, Україна, pronatanic@gmail.com

Анотація. Робота пропонує огляд впливу штучного інтелекту на сучасний вебдизайн. Розглянуто різноманітні підходи, як технології штучного інтелекту інтегруються в процес розробки ігрових інтерфейсів, роблячи їх більш досконалішими та функціональними.

Ключові слова: штучний інтелект, автоматизація, вебдизайн, ігровий інтерфейс, графіка

У наш час технологічного прогресу все більше елементів існуючого світу потребують власного унікального дизайну. Усі розроблені рішення повинні бути спрямовані на те, щоб представити його потенційним користувачам найкращим чином, максимально зацікавлюючи їх. Особливо це стосується ігрової індустрії завдяки неухильно зростаючому попиту на розваги. Тому питання ролі інноваційних технологій, а саме штучного інтелекту, на розробку інтерфейсів та користувацький досвід, а також яким чином можна використовувати потенціал цієї технології для покращення взаємодії між користувачем та продуктом, є актуальними.

За останні декілька десятиліть ігрові технології зазнали вражаючої трансформації, а процес створення ігор – це вже не лише написання коду, а й величезна робота над тим, як гра виглядає на екрані користувача. Користувальницький інтерфейс, тобто засоби взаємодії між користувачем та продуктом (різноманітні меню, кнопки, списки предметів, вікна з підказками тощо) мають бути максимально інтуїтивно зрозумілими. Робота дизайнерів в минулому була дуже напруженою та тривалою – кожен елемент гри малювався вручну, що займало тижні або навіть місяці. Перехід суспільства до цифрового середовища та інноваційні технології надають можливості дизайнерам оптимізувати свою рутинну роботу: застосування інструментів автоматизації допомагає впроваджувати системні підходи у реальній практиці[1, 2].

Автоматизація проектування спочатку впроваджувалася у виробничому та інженерному секторах, однак, у міру подальшого розвитку технологій галузі застосування та переваги автоматизації проектування стрімко почали розширюватися. Штучний інтелект, став трансформаційною силою в індустрії дизайну, змінив підхід до креативності та ефективності в процесі проектування, кардинально впливаючи на процеси розробки, ігровий досвід та оперативне управління.

Платформи на основі ШІ автоматизують безліч завдань графічного дизайну. Перше на що варто звернути увагу – це можливість миттєвого створення зовнішнього вигляду гри. Якщо для проекту потрібно створити сто

різних іконок для магічних предметів, зброї чи еліксирів, дизайнеру більше не потрібно малювати кожну з них окремо з нуля. Сучасні системи здатні створювати зображення за текстовим описом. Достатньо написати короткий текст (наприклад, «золотий кубок у стилі фентезі») і програма миттєво запропонує десятки якісних варіантів. Окрім швидкості, такий підхід забезпечує єдиний стиль усього оформлення. Спеціальні алгоритми штучного інтелекту суворо стежать за тим, щоб усі кнопки та вікна виглядали однаково, ніби їх малювала одна людина за одним зразком [3], а крім того допомагають розробляти елементи бібліотек, стилі-гайди. Це створює у гравця відчуття цілісності ігрового світу. Більше того, існують інструменти, які дозволяють взяти звичайний начерк олівцем на папері та автоматично перетворити його на готове цифрове меню, яке можна відразу додавати в гру.

Наступний важливий аспект – це зручність, що проявляється як здібність підлаштовуватися під конкретного гравця. Кожна людина грає по-своєму: хтось миттєво розбирається в управлінні, а комусь потрібен певний час на адаптацію. Штучний інтелект допомагає зробити інтерфейс комфортним для обох типів людей. Система аналізує дії гравця в реальному часі, відмічаючи певні моменти: користувач довго не може знайти потрібну вкладку в меню, плутається в кнопках, а потім може автоматично підсвітити потрібний елемент або вивести на екран корисну підказку і таким чином підтримує зацікавленість гравця залишитися в грі [4].

Також варто згадати про універсальність. Сьогодні в ігри грають на різних пристроях: від величезних телевізорів до маленьких смартфонів. Штучний інтелект самостійно розставляє кнопки та вікна таким чином, щоб по них було зручно натискати пальцем на сенсорному екрані або вибирати їх за допомогою миші на комп'ютері. Завдяки цьому дизайнерам не потрібно переробляти один і той самий макет під кожен окремий пристрій вручну.

Окрім створення картинок, штучний інтелект бере на себе роль професійного тестувальника. Раніше, щоб зрозуміти, на скільки розроблений інтерфейс зручний для користувача, на скільки комфортне він себе почуває в грі, розробникам доводилося запрошувати групи людей і довго спостерігати за їх поведінкою. На сьогоднішній час такі тестування проводяться з використанням комп'ютерних програм. Штучний інтелект аналізує макет екрана і показує так звану «карту уваги». Вона демонструє, куди гравець подивиться в першу чергу, а які зони залишаться непоміченими. Це дозволяє розробникам визначитися з найважливішими показниками: наприклад, рівень здоров'я персонажа чи кількість патронів, які потрібно розкласти у найбільш помітне місце – й зробити це ще до виходу гри.

Також автоматизація допомагає з перекладом ігор на різні мови. Коли текст перекладають, наприклад, з англійської на українську, слова часто стають набагато довшими. Через це вони можуть не вміщуватися в межі кнопок. Штучний інтелект автоматично підбирає потрібний розмір шрифту або змінює ширину самої кнопки, щоб напис завжди виглядав охайно та не виходив за межі графіки [5].

Підсумовуючи, можна сказати, що штучний інтелект у дизайні ігор – це не заміна людини, а її надзвичайно потужний помічник. Завдяки автоматизації збільшується продуктивність, розробка стає значно швидшою, а кінцевий результат – якіснішим. Те, на що раніше витрачали місяці, тепер робиться за кілька днів, дозволяючи використовувати ресурси більш ефективно.

Меню стають простішими та зрозумілішими для ока, оскільки алгоритми допомагають уникати прикрих помилок у зручності. Використання автоматичних інструментів дозволяє враховувати попередні помилки, гарантуючи велику точність та надійність у роботі. Навіть невеликі команди розробників тепер можуть створювати ігри з інтерфейсом професійного рівня, який не поступається проектам від великих світових компаній.

Сьогодні існує багато платформ, які пропонують набір інструментів на основі штучного інтелекту, включаючи генератор зображень, генератор векторів, генератор макетів та інструмент видалення фону, що спрощує різні завдання дизайну. Така демократизація дизайну дозволяє компаніям створювати привабливі візуальні образи, пропонуючи користувачам на власному досвіді переконатися у перевагах дизайну на основі ШІ.

У майбутньому ігрові інтерфейси стануть ще більш «живими»: вони будуть змінюватися просто під час гри, підлаштовуючись під настрій, навички та потреби кожного конкретного гравця, роблячи ігровий досвід по-справжньому персональним.

Список літератури

1. Бурчак І., Барбаш А., Бокотей Л. Використання штучного інтелекту в процесах створення інтерактивного дизайну. *Актуальні питання гуманітарних наук*. Вип. 85, том 1, 2025. С. 93-100. URL: https://www.aphn-journal.in.ua/archive/85_2025/part_1/16.pdf.
2. Колесник П. Як ШІ змінить ігри в майбутньому – прогнози. РБК-Україна. URL: <https://www.rbc.ua/rus/stylar/k-shi-pereverne-igrovu-industriyu-nayblizhchi-1741279207.html>.
3. Каук В.І. Перетини технологій: штучний інтелект як каталізатор змін у UX/UI дизайні. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Інновації та розвиток: монографія. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2024. С. 226-242.
4. Подлевський С., Тарко А. Вплив штучного інтелекту на дизайн інтерфейсів. *Актуальні питання гуманітарних наук*. Вип. 69, том 2, 2023. С. 103-107. URL: https://www.aphn-journal.in.ua/archive/69_2023/part_2/16.pdf.
5. Mitja Bervar, Tine Bertoncel, Mirjana Pejic Bach. Generative Artificial Intelligence and the Creative Industries: A Bibliometric Review and Research Agenda. 2026, 14(2), 138. URL: <https://www.mdpi.com/2079-8954/14/2/138>.

УДК 657.1:004.8

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ФІНАНСОВОМУ ОБЛІКУ: ПЕРСПЕКТИВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Башук І.Г., к.е.н., доц.

Авраменко В.А., здобувач РВО бакалавр,

Харківський національний економічний ім. Семена Кузнеця

Харків, Україна, Valeriia.Avramenko@hneu.net

Анотація. Дослідження розкриває вплив штучного інтелекту на автоматизацію фінансово-бухгалтерських процесів, обґрунтовує ефективність IDP, AI-агентів і RAG-рішень, визначає роль ERP, а також важливість Privacy by Design для забезпечення відповідності GDPR.

Ключові слова: штучний інтелект; бухгалтерський облік; автоматизація; ERP-системи; IDP; AI-агенти; GDPR

Четверта промислова революція докорінно змінює фінансово-бухгалтерську діяльність. Штучний інтелект (ШІ) стає невід'ємним елементом операційної моделі фінансових відділів: здатність AI-систем обробляти неструктуровані дані, виявляти аномалії та відповідати на запити природною мовою відкриває якісно новий рівень ефективності облікових процесів.

Актуальність дослідження визначається трьома тенденціями: зростання обсягів транзакцій випереджає збільшення чисельності фінансових команд; ускладнення вимог GDPR, IFRS та локального законодавства вимагає повної простежуваності операцій; поширення хмарних ERP формує технічну основу для безшовного AI-впровадження. Мета статті – дослідити практичні механізми застосування ШІ в автоматизації облікових процесів міжнародних компаній.

Цифрова трансформація фінансового обліку відбувається у три хвили: автоматизація через ERP (1990–2010), хмаризація та API-інтеграції (2010–2020), інтелектуалізація через AI (2020 – сьогодні) [1, с. 34–38]. На відміну від традиційної автоматизації, ШІ здатний інтерпретувати документи довільної форми – інвойси різних постачальників, виписки різних банків, контракти – і витягати структуровану інформацію з точністю, порівнянною з кваліфікованим фахівцем. Класифікацію AI-технологій у фінансовому обліку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Класифікація AI-технологій у фінансовому обліку

Клас технології	Застосування в обліку
Великі мовні моделі (LLM)	AI-асистент, відповіді підрядникам, аналіз контрактів
Intelligent Document Processing (IDP)	Парсинг інвойсів, обробка виписок, читання актів
Machine Learning (ML)	Бюджетне прогнозування, виявлення аномалій та шахрайства
AI-агенти (Agentic AI)	Автономне виконання багатокрокових завдань: Payment Agent, контроль лімітів

Згідно з дослідженнями McKinsey та PwC, автоматизаційний потенціал фінансово-облікових функцій є одним із найвищих серед корпоративних функцій; компанії з розвинутою AI-стратегією суттєво скорочують час закриття місяця та витрати на обробку документів [2; 3, с. 15]. Обробка вхідних інвойсів є одним із найбільш ресурсомістких ручних процесів. Поточний цикл включає п'ять кроків: відкриття документа, звірка полів, перевірка арифметики, ручне введення в ERP, затвердження. При значному обсязі документів це є основним джерелом помилок введення та втрат часу кваліфікованих фахівців.

Рішення на основі IDP (Intelligent Document Processing) автоматично витягує структуровані дані з рахунків-фактур довільного формату (PDF, скан, зображення). На відміну від OCR, IDP-системи розуміють семантику документа – інтерпретують значення поля незалежно від розташування та форматування. Провідні платформи: Azure AI Document Intelligence (інтеграція з Microsoft 365), Google Document AI (спеціалізована модель для procurement), AWS Textract (гнучке API) [4; 5; 6]. Впровадження дозволяє суттєво скоротити час обробки документа та знизити рівень помилок ручного введення, переводячи роль бухгалтера від оператора до верифікатора результатів.

Системна проблема управління платіжним розкладом полягає в тому, що значна частина операційно-критичної інформації зберігається в особистих файлах бухгалтерів – особливості виплат по локаціям, умови першого платежу за новим контрактом, ліміти по юридичних особах. Це породжує залежність від конкретного фахівця та унеможливорює масштабування.

Архітектура рішення: ERP-система (1C/SAP) зберігає повний структурований платіжний розклад кожного підрядника (Payment Schedule per Employee) та виступає джерелом правди. AI-агент є інтелектуальним інтерфейсом: відповідає на запити природною мовою, формує бюджет, виявляє аномалії та контролює ліміти – не модифікуючи дані в ERP [7]. Прототип реалізовано на Python з використанням LLM-моделі та підготовлено до підключення через REST API.

ARIA Bot (AI Response & Information Assistant) вирішує проблему потоку однотипних запитів підрядників: статус оплати, вимоги по інвойсу, реквізити, дедлайни. Система побудована на технології Retrieval-Augmented Generation (RAG): AI здійснює семантичний пошук по векторній базі внутрішньої документації та синтезує відповідь з посиланням на джерело [8]. При неможливості дати відповідь із достатньою впевненістю – автоматично створює тикет для команди бухгалтерів. Результат: миттєві відповіді підрядникам незалежно від часового поясу, а фахівці зосереджені на складних нетипових кейсах. AI-системи, що обробляють інвойси та платіжні розклади, неминуче отримують доступ до персональних даних: імена, ідентифікаційні коди, IBAN, адреси. Відповідно до GDPR (Regulation (EU) 2016/679), це потребує технічних гарантій захисту [1]. Розроблена концепція реалізує принцип Privacy by Design (Art. 25 GDPR) через два механізми.

Псевдонімізація: кожен суб'єкт отримує внутрішній ідентифікатор (EMP-XXXXX); реальні дані зберігаються у захищеному реєстрі з обмеженим доступом та audit log – AI фізично не «бачить» персональних даних.

Токенізація: чутливі поля (ІПН, IBAN, адреса) замінюються нейтральними токенами ({{TAX_ID_001}}) до передачі в AI-систему; відновлення відбувається лише на авторизованому фінальному етапі.

Стратегічна цінність виходить за межі compliance: задокументована система захисту прискорює зовнішні аудити, спрощує сертифікацію ISO 27001 та підвищує інвестиційну привабливість компанії при Due Diligence [9, с. 12].

Штучний інтелект еволюціонує від вузькоспеціалізованих інструментів до комплексних AI-агентів, що змінюють природу бухгалтерської роботи: акцент зміщується від транзакційного виконання до аналітичного мислення. Три практичні кейси – IDP-парсинг інвойсів, AI Payment Agent та ARIA Bot – демонструють широкий спектр автоматизації при відносно невисоких технічних бар'єрах входу.

Архітектурний принцип «ERP як єдине джерело правди + AI як інтелектуальний інтерфейс» є стратегічно правильним: AI доповнює ERP, а не замінює її. Privacy by Design – не перешкода, а стратегічний пріоритет: псевдонімізація та токенізація забезпечують відповідність GDPR і одночасно підвищують зрілість компанії в очах інвесторів та аудиторів.

Компанії, що системно інвестують в AI-автоматизацію вже сьогодні, формують накопичувальну конкурентну перевагу – кожне нове рішення збагачує дані системи, роблячи наступний крок ефективнішим.

Список літератури

1. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 (General Data Protection Regulation). / Official Journal of the European Union. L 119. 2016. P. 1–88.
2. The Future of Work: Reskilling in the Age of Automation and AI. McKinsey & Company. / McKinsey Global Institute. 2023. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work>
3. Global Finance Function Benchmark Survey: AI and Automation in Finance. / PricewaterhouseCoopers (PwC). 2023. 48 p.
4. Magic Quadrant for Intelligent Document Processing. Gartner Research. / Gartner.2024. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/intelligent-document-processing>
5. Azure AI Document Intelligence: Prebuilt Invoice Model. Microsoft Azure. / Microsoft. 2025. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/document-intelligence>
6. Document AI Overview: Procurement DocAI for Invoice Processing. / Google Cloud. 2025. URL: <https://cloud.google.com/document-ai/docs/overview>
7. Claude API Documentation: Building Agentic AI Systems with Tool Use. / Anthropic. 2025. URL: <https://docs.anthropic.com/en/docs/build-with-claude/tool-use>
8. Insights. Finance 2025: Digital Transformation in the Finance Function. / Deloitte. 2024. URL: <https://www2.deloitte.com/insights>
9. ISO/IEC 27001:2022. Information security management systems – Requirements. ISO. 2022. 23 p.

УДК 004.056:519.87

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИНЕРГІЇ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ В ГЕТЕРОГЕННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Нечитайло Ю.А., к.т.н., доц.
Тіхонова В.А., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, lauterdark@gmail.com

Анотація. У статті досліджено теоретичні та прикладні аспекти математичного моделювання систем захисту інформації в сучасних гетерогенних мережах. Розглянуто застосування апарату теорії графів для аналізу векторів атак, теорії ігор для вибору оптимальних стратегій захисту та ланцюгів Маркова для прогнозування станів безпеки системи. Окрему увагу приділено статистичним методам обробки інформації у контексті виявлення аномалій та інтеграції методів машинного навчання для протидії кіберзагрозам. Обґрунтовано роль математичного моделювання як фундаментального інструменту для фахівців зі спеціальності «Кібербезпека та захист інформації» у процесі проектування стійких та адаптивних систем захисту критичної інфраструктури.

Ключові слова: кібербезпека, математичне моделювання, захист інформації, теорія ігор, теорія графів, методи обробки інформації, інформаційні системи, оцінка ризиків, мережева безпека

Сучасний етап глобального розвитку інформаційних технологій характеризується не лише кількісним зростанням обчислювальних потужностей, а й стрімким якісним ускладненням архітектури комп'ютерних мереж, що охоплюють хмарні обчислення, інтернет речей та гібридні інфраструктури. Така складність неминує веде до експоненціального розширення поверхні атак та зростання інтенсивності кіберзагроз, що, у свою чергу, висуває безпрецедентно жорсткі вимоги до надійності та адаптивності систем захисту інформації. Для фахівців, які здобувають освіту за спеціальністю «Кібербезпека та захист інформації», ключовим професійним завданням сьогодні стає не просто фрагментарне впровадження окремих засобів безпеки, таких як антивіруси чи брандмауери, а проектування та побудова цілісних інтелектуальних моделей. Такі моделі повинні володіти предиктивними властивостями, тобто бути здатними прогнозувати ймовірний розвиток атак ще на етапі їхнього зародження та динамічно оптимізувати обмежені ресурси захисту в режимі реального часу. Математичне моделювання систем захисту в цьому контексті виступає потужним аналітичним інструментом, який дозволяє досліднику абстрагуватися від конкретних технічних деталей реалізації програмного забезпечення чи апаратних засобів і зосередитися на фундаментальних закономірностях інформаційного протиборства між зловмисником і адміністратором безпеки. Глибоке використання математичних методів обробки інформації стає надійним підґрунтям для створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, які здатні ефективно функціонувати в умовах високої невизначеності, неповної

інформації про стан мережі та постійної активної протидії з боку зовнішнього агресивного середовища [1].

Першочерговим і фундаментальним аспектом моделювання сучасних систем захисту є комплексна формалізація структури об'єкта захисту, яка найчастіше реалізується за допомогою апарату теорії графів. У межах такого підходу складна інформаційна система розглядається як багатовимірна сукупність вузлів, що представляють сервери, робочі станції чи бази даних, та зв'язків між ними, де кожен елемент характеризується певним вектором вразливостей та рівнем критичності (рис. 1). Математична інтерпретація топології мережі у вигляді орієнтованого зваженого графа відкриває можливість для застосування класичних та модифікованих алгоритмів пошуку найкоротших шляхів. Це необхідно для точного визначення найбільш імовірних траєкторій або векторів поширення шкідливого програмного забезпечення, а також шляхів несанкціонованого доступу до конфіденційних активів. Подібний підхід забезпечує фахівцям можливість проведення об'єктивної кількісної оцінки ризиків для кожного окремого сегмента мережі, базуючись на математичних метриках зв'язності, центральності вузлів та ступеня критичності інформаційних ресурсів [2].



Рис. 1. Графова модель поширення загроз у гетерогенній інформаційній мережі

Проте статичного графа недостатньо для повного розуміння безпекових процесів, оскільки динамічний і багатоетапний характер сучасних кібератак вимагає залучення складнішого апарату стохастичного моделювання. Зокрема, використання теорії ланцюгів Маркова дозволяє з високою точністю описувати послідовні переходи системи з початкового безпечного стану в проміжні стани компрометації та, зрештою, у стан повної втрати цілісності чи доступності даних (рис. 2). Кожен такий перехід супроводжується певною ймовірністю, яка залежить як від майстерності атакуючого, так і від ефективності впроваджених контрзаходів. Таке ймовірнісне моделювання дозволяє не лише констатувати факт інциденту, а й розраховувати середній час до відмови системи або

оцінювати математичне сподівання збитків, що є критично важливим для прийняття стратегічних рішень у сфері кібербезпеки. Таким чином, поєднання структурного аналізу на основі графів та динамічного прогнозування за допомогою марковських процесів дозволяє створити всеосяжний математичний базис для захисту сучасного інформаційного простору.

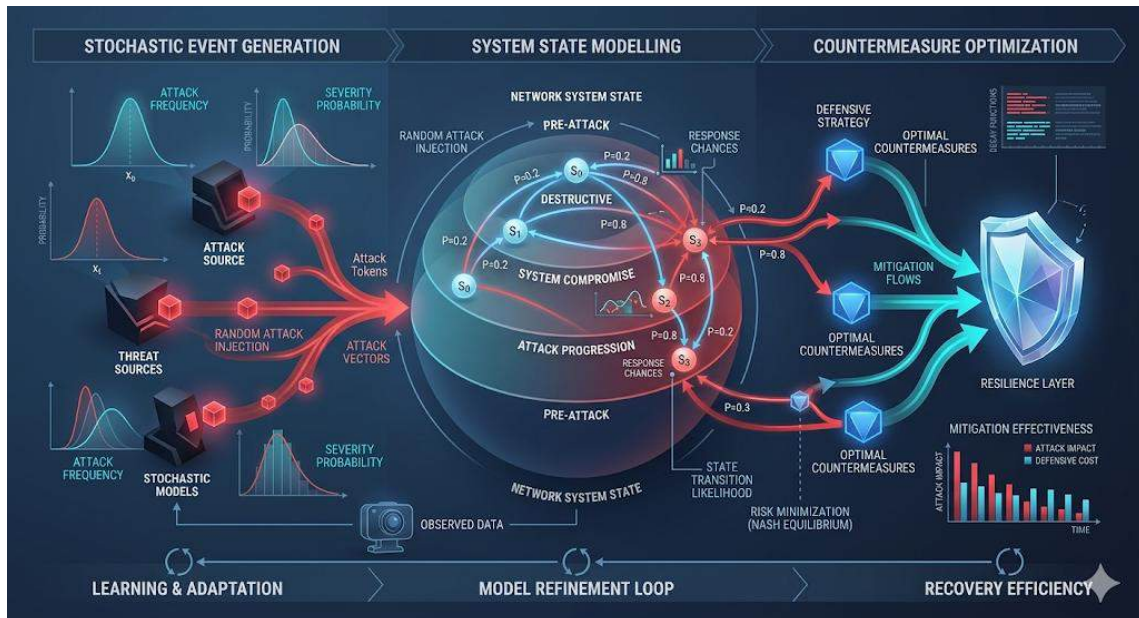


Рис. 2. Концептуальна схема стохастичного моделювання протидії кібератакам.

Застосування методів математичної статистики та теорії ймовірностей стає фундаментальним підґрунтям для реалізації багаторівневих механізмів виявлення аномалій у сучасних потоках даних. Математичні методи обробки інформації в контексті кібербезпеки все частіше базуються на побудові динамічних профілів нормальної поведінки не лише окремих користувачів, а й складних системних процесів, що взаємодіють у реальному часі. Формування таких профілів передбачає використання апарату багатовимірного статистичного аналізу, де будь-яке статистично значуще відхилення від еталонної моделі, зафіксоване за певним порогом довіри, розцінюється як потенційна загроза або ознака вторгнення. При цьому критично важливою науковою проблемою залишається прецизійна мінімізація помилок першого та другого роду. У практичній площині це означає досягнення балансу між хибнопозитивними спрацюваннями, що перевантажують аналітиків безпеки, та хибнонегативними пропусками атак, які можуть призвести до катастрофічної компрометації системи. Для суттєвого підвищення точності моделювання науковці залучають апарат баєсівських мереж, який дозволяє ефективно враховувати апіорні знання про існуючі вразливості та динамічно оновлювати ймовірнісні оцінки загроз безпосередньо при надходженні нових, часто зашумлених даних про мережеву активність [4]. Такий підхід забезпечує адаптивність системи захисту до мінливого ландшафту загроз, дозволяючи обчислювати ймовірність атаки навіть за умов неповної або суперечливої інформації.

Окрему і надзвичайно глибоку увагу в сучасних наукових дослідженнях приділяють математичному моделюванню процесів автентифікації та складного криптографічного захисту. Математичний апарат обробки інформації в цій царині базується на абстрактних алгебраїчних структурах, теорії груп, кілець та полів, а також на глибоких положеннях теорії чисел та арифметики еліптичних кривих. Детальне моделювання стійкості криптосистем до різних методів криптоаналізу, включаючи лінійний та диференціальний аналіз, є невід'ємною частиною проектування високонадійних систем захисту інформації. В умовах стрімкого наближення ери практичних квантових обчислень особливої актуальності набуває математичне моделювання постквантових алгоритмів. Цей процес потребує переходу від класичних задач факторизації до залучення методів теорії решіток, роботи з багаточленним кодуванням та вирішення задач знаходження найкоротшого вектора в багатовимірних просторах. Це ще раз підкреслює нерозривний зв'язок між фундаментальною теоретичною математикою та суто прикладними задачами спеціальності 125 «Кібербезпека». У такому контексті захищеність конфіденційних даних безпосередньо корелює з обчислювальною складністю певної математичної задачі, що лежить в основі обраного алгоритму, та часом, необхідним для її розв'язання зломисником [5]. Подальший розвиток цього напрямку вимагає розробки нових стандартів шифрування, стійких до атак з боку квантових комп'ютерів, що є викликом світового масштабу.

Загальна ефективність моделювання складних систем захисту також визначається їхньою здатністю адекватно враховувати часові характеристики та інтенсивність процесів обробки інформації. Теорія масового обслуговування успішно застосовується для кількісної оцінки пропускну здатності систем захисту, таких як високонавантажені міжмережеві екрани або інтелектуальні системи виявлення та запобігання вторгненням. Математичне моделювання в даному розрізі дозволяє визначити оптимальну конфігурацію черг обробки пакетів трафіку, при якій часові затримки (latency) будуть мінімальними, а глибина та рівень перевірки вмісту кожного пакета залишатимуться максимально високими. Це критично важливо для запобігання виникненню ситуацій відмови в обслуговуванні (DoS/DDoS), що можуть бути спричинені як цілеспрямованими ворожими атаками, так і раптовим надмірним навантаженням на самі засоби захисту. Використання стохастичних моделей дозволяє прогнозувати поведінку мережі під час пікових навантажень та заздалегідь розраховувати необхідні обчислювальні ресурси. Таким чином, математичне моделювання виступає не лише як засіб захисту, а й як інструмент ювелірного балансування між суворими вимогами безпеки та високою продуктивністю інформаційної системи в цілому [6].

Перспективи подальших наукових досліджень у напрямі моделювання систем захисту нерозривно пов'язані з інтеграцією передових методів машинного навчання та штучного інтелекту. Математичні методи обробки великих масивів інформації стають фундаментальним фундаментом для навчання глибоких нейронних мереж, які здатні самотійно, без втручання оператора, виявляти нові типи складних загроз (так звані атаки нульового дня)

на основі аналізу прихованих нелінійних закономірностей. Моделювання інтелектуальних самовідновлюваних систем, що здатні автономно, у мілісекундному діапазоні змінювати власну конфігурацію, ізолювати уражені сегменти або перерозподіляти ключі у відповідь на виявлену деструктивну атаку, є вершиною сучасного наукового пошуку в галузі кібербезпеки. Реалізація таких амбітних завдань потребує розробки надскладних багаторівневих математичних моделей, які б органічно об'єднували в собі елементи сучасної теорії управління, теорії інформації Шеннона та методів глобальної оптимізації [7]. Використання рекурентних нейронних мереж та методів навчання з підкріпленням дозволяє створювати цифрові двійники систем захисту, які постійно вдосконалюються у процесі функціонування.

Підсумовуючи вищевикладене, слід акцентувати увагу на тому, що глибоке моделювання систем захисту є критично важливим і незамінним етапом забезпечення комплексної кібербезпеки в сучасному цифровізованому світі. Використання широкого спектра математичних методів – від статистики до дискретної математики – дозволяє трансформувати захист інформації з простого набору технічних чи регламентних заходів на науково обґрунтовану, математично доведену стратегію ефективної протидії загрозам. Для студентів, аспірантів та досвідчених науковців спеціальності «Кібербезпека та захист інформації» глибоке володіння апаратом математичного моделювання та аналізу є головною запорукою створення надійних, відмовостійких та адаптивних систем, що здатні успішно протистояти найскладнішим технологічним викликам майбутнього. Тільки через синергетичне поєднання фундаментальної математичної підготовки та специфічних прикладних навичок у сфері технічного захисту інформації можливо досягти принципово нового рівня безпеки глобального цифрового простору. Це завдання є стратегічним пріоритетом для сталого розвитку сучасного інформаційного суспільства та захисту його демократичних цінностей у кіберпросторі.

Список літератури

1. Гнатюк С. О. Захист критичної інформаційної інфраструктури: монографія. Київ: НАУ, 2021. 352 с.
2. Дудикевич В. Б. Математичне моделювання систем захисту інформації. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 240 с.
3. Корченко О. О. Побудова систем захисту інформації на базі інтелектуальних технологій. Київ: Освіта України, 2020. 410 с.
4. Шелест М. Є. Математичні методи в кібербезпеці: навчальний посібник. Чернігів: ЧНТУ, 2019. 188 с.
5. Anderson R. J. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. 3rd ed. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2020. 1232 p.
6. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. 8th ed. London: Pearson, 2020. 848 p.
7. Ten C. W. Cybersecurity for Critical Infrastructure: A Mathematical Modeling Approach. New York: Springer, 2022. 215 p.

УДК 004.9:621.791

ІННОВАЦІЇ ТА ОБМЕЖЕННЯ В 3D-ДРУКУ

Проценко Н.М., к.е.н., доц.

Бутенко Т.А., к.е.н., доц.

Державний біотехнологічний університет
М. Харків, Україна, pronatanic@gmail.com

Анотація. Проведений огляд останніх тенденцій в технології 3D-друку з акцентом на матеріали та їх застосування у різних галузях. У роботі підкреслюється необхідність подальшого розвитку технології 3D-друку для подолання її обмежень.

Ключові слова: інноваційні технології, адитивне виробництво, 3D-друк, методи, матеріали

У сучасному світі інноваційні технології впливають на всі сфери і стають невід'ємною частиною людського життя, змінюючи способи взаємодії з технікою, роботу та побут. Динаміка сьогодення передбачає постійне вдосконалення процесів, спрямованих на оптимізацію, і найефективнішим методом цієї оптимізації є активне використання передових 3D-технологій, які дозволяють вивести візуальні, конструктивні, інженерні та технічні рішення на якісно новий рівень. Останні десятиліття спостерігається стрімке зміщення від традиційних методів створення тривимірних об'єктів в бік адитивного виробництва або так званих технологій 3D-друку, які являють собою ключовий прогрес у сучасному виробництві, пропонуючи трансформаційний підхід до проектування продуктів, обладнання, будівель тощо. Технологія 3D-друку пройшла довгий шлях з моменту своєї появи у 1983 році і зацікавленість к неї постійно зростає завдяки новим матеріалам, що використовуються при друці. Саме розробка нових матеріалів є одним із головних досягнень у галузі 3D-друку. Якщо раніше 3D-друк обмежувався пластиковими матеріалами, сьогодні можна використовувати широкий спектр матеріалів: метали, термопласти, гідрогелі, матеріали позаклітинного матриксу, кераміка, армовані волокнами композити, полімери, бетонні матеріали та навіть сплави з ефектом пам'яті форми легко піддаються 3D-друку.

Існують різні методи 3D-друку в залежності від матеріалів, що використовуються, та областей застосування. Один з найчастіше використовуваних способів – це пошарове наплавлення (FDM). Для створення бажаного об'єкта кілька шарів гарячої термопластичної нитки розплавляються та екструдуються крізь нагріте сопло. За допомогою цього методу можна швидко створювати різноманітні функціональні компоненти, оснащення, архітектурні моделі в аерокосмічній та медичній галузях [1,2].

Метод стереолитографії (SLA) особливо добре підходить для проектування складних прототипів та дрібносерійного виробництва. Використання ультра-фіолетового лазера для пошарового затвердіння рідкої фотополімерної смоли дозволяє утворювати тверді об'єкти з відмінним поліруванням поверхні та високою роздільною здатністю. Розробка різнокомпонентних смол призвела до створення біосумісних смол для використання в медицині, наприклад, коли потрібно створити деталізовані

прототипи з високою точністю. В результаті SLA широко використовується в багатьох галузях промисловості для створення складних моделей, стоматологічного та медичного обладнання, а також деталей на замовлення [3].

Лазерна абляція – це процес вибіркового видалення матеріалу з твердого блоку або порошкового шару та надання йому бажаної форми за допомогою потужного лазерного променя [4]. Ця технологія часто використовується в аерокосмічній галузі для виготовлення складних металевих деталей. Методи лазерної абляції стають все більш досконалими, що призводить до підвищення точності та швидкості обробки. Сучасні дослідження в основному зосереджені на оптимізації налаштувань лазера та освоєнні методів видалення матеріалу.

Особливу увагу варто звернути на інтелектуальні матеріали, які можуть бути застосовані в процесах пошарового наплавлення (FDM) та стереолітографії (SLA). Матеріали отримали таку назву завдяки здібностям змінювати свої властивості або поведінку як відповідь на чинники оточуючого середовища: температуру, тиск, світло, магнітні поля тощо. Використовуючи інтелектуальні матеріали, можна створювати об'єкти з ефектом пам'яті форми. Тобто ці матеріали пам'ятають свою первинну форму, що дуже важливо в медицині при імплантації. Імплантати можуть бути спочатку стиснути, а потім нагріті перед введенням у тіло для відновлення їх первісної форми та функціональності.

Досліджуючи матеріали, що використовуються в адитивному виробництві, не можна не торкнутися методів утворення нових тканин для терапевтичної реконструкції пошкоджених органів. Багато вчених у всьому світі працюють в галузі тканинної інженерії, де питання отримання біологічно сумісних матеріалів є першочерговими [5]. Для вирішення цього завдання застосовують багатофотонну полімеризацію. Це метод 3D-друку, який використовує лазерні промені високої інтенсивності для полімеризації рідкої смоли. Ця технологія дозволяє точно контролювати процес затвердіння і широко використовується в мікровиробництві та біологічних додатках. Завдяки досягненням у процесах багатофотонної полімеризації можна створювати об'єкти з роздільною здатністю в субмікронному діапазоні, який забезпечує унікальні фізико-хімічні властивості та покращує характеристики матеріалів. Дослідники продовжують вивчати додаткові фоточутливі матеріали та функціональні добавки, щоб розширити потенційні галузі застосування технології. Створення персоналізованих споживчих товарів – ще одна сфера застосування тривимірного друку. Метод цифрової обробки світла (DLP) подібно до стереолітографії (SLA) використовує фотополімерну смолу та ультрафіолетове світло. Однак замість лазера застосовується цифровий проектор світла, що дозволяє одночасно затвердити цілий шар. В порівнянні з SLA технологія DLP друкує швидше, хоча її роздільна здатність може бути дещо гіршою. Тому дослідження в галузі цього методу в основному зосереджені на розширенні можливостей вибору матеріалів, зменшенні товщини шару та підвищенні роздільної здатності. Ця технологія активно використовується в харчовій промисловості для створення продуктів з нестандартною формою і текстурою та для виготовлення унікальних продуктів

з індивідуальними пропорціями інгредієнтів, створення інноваційних упаковок, що відповідають екологічним вимогам. Наприклад, компанія Natural Machines розробила 3D-принтер для харчових продуктів, який може друкувати шоколад, пасту і навіть піцу. Це дозволяє створювати продукти з індивідуальними формами та начинками, що є ідеальними для ресторанної індустрії [6, С. 249].

Однак, незважаючи на те, що технологія 3D-друку має значний діапазон застосування та величезний потенціал, є певні обмеження, які стримують її широке застосування. В першу чергу це стосується вартості та швидкості технології 3D-друку – ці складові залишаються серйозними проблемами. Хоча середня вартість 3D-принтерів останніми роками знизилася, вартість матеріалів та обслуговування залишається високою. Крім того, у порівнянні з традиційними методами виробництва швидкість 3D-принтерів все ще низька. Обмежений діапазон матеріалів також є перешкодою активному застосуванню технології тривимірного друкуванню, наприклад в медицині. Потрібні нові матеріали, які б відповідали вимогам безпеки і стійкості. Крім того, для сталому розвитку індустрія 3D-друку потрібно приділити особливу увагу розробці екологічно чистих матеріалів та впровадженню моделей циклічної економіки. Це найважливіша галузь досліджень, яка гостро потребує подальшого вивчення. Для досягнення більшого успіху в індустрії адитивного виробництва необхідні подальші експерименти та інновації для зниження витрат, збільшення швидкості та розробки високоміцних та високотемпературних матеріалів, які були б більш доступними.

Список літератури

1. Shabbirahmed, A.M.; Sekar, R.; Gomez, L.A.; Sekhar, M.R.; Hiruthyaswamy, S.P.; Basavegowda, N.; Somu, P. Recent Developments of Silk-Based Scaffolds for Tissue Engineering and Regenerative Medicine Applications: A Special Focus on the Advancement of 3D Printing. *Biomimetics*, 2023, 8, 16. URL: <https://www.mdpi.com/2313-7673/8/1/16>.
2. Кальченко В. Сучасні 3D-технології в машинобудуванні та автомобільному транспорті. / В. Кальченко, А. Кологойда, Г. Пасов, Н. Сіра, Д. Зюзько, Д. Пивовар // *Технічні науки та технології*. № 2(32), 2023. С. 33-41.
3. Huang, J.; Qin, Q.; Wang, J. A Review of Stereolithography: Processes and Systems. *Processes* 2020, 8, 1138. URL: <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/9/1138>.
4. Kaierle, S.; Overmeyer, L.; Hoff, C.; Meier, O.; Hermsdorf, J. Development of a laser ablation process model and a disposable 3D-printed tool head for weakening thick steel sheets for the deflagration of hazardous substances. *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.* 2019, 26, 94–99. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1755581719300252>.
5. Що таке 3D-біодрук: принципи, технології та застосування. Центр 3D друку в Україні. URL: <https://easy3dprint.com.ua/uk/shcho-take-3d-biodruk>.
6. Інноваційні технології виробництва продукції та надання послуг. Стартапи: навчальний посібник / Ф. В. Новіков, Д. Ф. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро: ЛІРА, 2025. 544 с.

УДК 004.056:621.311:502.5

КІБЕРЗАХИСТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГОМЕРЕЖ ЯК СКЛАДОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Лукінов Я.В., здобувач РВО бакалавр

Дьоміна В.М., к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, lykinovyaroslav@gmail.com

Анотація У статті досліджено проблему кіберзахисту інтелектуальних енергомереж (Smart Grids) як критичного фактору запобігання техногенним екологічним катастрофам. Розглянуто Smart Grid як складну кіберфізичну систему, де цифрові вразливості безпосередньо впливають на фізичну безпеку довкілля. Проаналізовано сучасні загрози, зокрема атаки на ін'єкцію хибних даних (FDI) та скоординовані кіберфізичні удари. Окреслено роль циклу кіберфізичної стійкості (HRC) у забезпеченні сталого розвитку. Запропоновано використання інноваційних ІТ-рішень, зокрема блокчейн-архітектур, постквантової криптографії для захисту систем обліку та штучного інтелекту для моніторингу воднево-електричних мереж, з метою захисту енергетичної інфраструктури від аварій, що можуть призвести до екологічних наслідків.

Ключові слова: Smart Grid, екологічна катастрофа, кіберфізична стійкість, блокчейн постквантова криптографія, штучний інтелект, воднева енергетика

Сучасна енергетика перебуває на етапі глобальної трансформації, переходячи від традиційних ієрархічних мереж до інтелектуальних систем нового покоління – Smart Grids. Ці системи інтегрують відновлювані джерела енергії, засоби автоматизації та дворівневий обмін інформацією. Проте цифровізація енергетики створює нові вектори загроз. Оскільки Smart Grids є типовими кіберфізичними системами (CPS), успішна кібератака на них може призвести не лише до економічних збитків, а й до серйозних техногенних аварій з катастрофічними екологічними наслідками: від вибухів на газорозподільних станціях до витоків небезпечних речовин на промислових об'єктах через знеструмлення систем охолодження.

Питання стійкості (англ. –*resilience*) енергосистем з кіберфізичної перспективи детально розглянуто у праці [1]. Дослідження [2] присвячено концептуальним засадам захисту та відновлення мереж після зловмисних атак. Специфічні механізми виявлення атак на дані (FDI) розроблені в [3], а архітектурні рішення на базі блокчейну – в [4]. Проблематика скоординованих атак та їхнього впливу на екологічну безпеку інфраструктури, зокрема водневих систем, висвітлена у найновіших роботах [5, 6]. Нові виклики, пов'язані із впровадженням квантово-стійких алгоритмів для інтелектуальних лічильників, розглядаються у [8], а роль штучного інтелекту в управлінні ризиками інтегрованих водневих систем у найновіших оглядах [7, 9].

Мета роботи – обґрунтувати роль кіберзахисту інтелектуальних енергомереж як критичного інструменту сталого розвитку та запобігання екологічним катастрофам через призму сучасних інформаційних технологій.

Сучасна енергосистема – це не просто сукупність генераторів та ліній електропередач, а складна екосистема, де фізичний рівень (англ. – *power layer*) нерозривно пов'язаний з кібернетичним (англ. – *cyber layer*). Стійкість такої системи визначається її здатністю витримувати збурення, зберігати функціональність та швидко відновлюватися [1]. Кіберфізична стійкість є ключовим фактором екологічної безпеки. Наприклад, у разі втрати контролю над системою стабілізації напруги, може відбутися каскадне відключення, що призведе до зупинки очисних споруд або систем вентиляції на хімічних підприємствах.

Модель цілісного циклу стійкості (англ. – *Holistic Resiliency Cycle*) включає чотири етапи: планування та підготовка, поглинання удару, відновлення та адаптація. Цикл кіберфізичної стійкості охоплює етапи планування, що передбачає створення надлишковості в мережі зв'язку, поглинання, спрямованого на мінімізацію впливу атаки на фізичні вузли, відновлення, яке полягає у швидкому поверненні системи до критично необхідного рівня функціонування, та адаптації, що забезпечує навчання системи на основі отриманого досвіду; у контексті сталого розвитку принципово важливим є автоматизоване забезпечення кожного з цих етапів за допомогою інформаційних технологій, що дає змогу знизити вплив людського фактора під час критичних інцидентів.

Однією з найбільш небезпечних загроз для Smart Grid є атаки на ін'єкцію хибних даних (англ. – *False Data Injection, FDI*). Зловмисники можуть маніпулювати показаннями датчиків так, щоб алгоритми оцінки стану (англ. – *state estimation*) сприймали систему як стабільну, тоді як насправді вона перебуває на межі аварії. Особливу увагу привертають багатоетапні скоординовані кіберфізичні атаки. Наприклад, кібератака на систему моніторингу супроводжується фізичним пошкодженням лінії електропередач. У таких умовах традиційні методи захисту виявляються неефективними, що створює передумови для масштабних техногенних аварій з потенційно значними екологічними наслідками

Для забезпечення цілісності даних у Smart Grid потрібно розробити багаторівневу захищену архітектуру, що поєднує програмно-конфігуровані мережі (SDN) та технологію блокчейн [4]. SDN дозволяє динамічно змінювати топологію мережі у відповідь на атаку, оперативно та локально ізолюючи уражені ділянки. Блокчейн забезпечує незмінність журналів подій та команд керування, що унеможливорює приховане несанкціоноване втручання в роботу інтелектуальних лічильників та контролерів IoT.

У разі успішної атаки критично важливим є етап швидкого відновлення інфраструктури. Можна використовувати, в тому числі, і безпілотні літальні апарати (БПЛА) та мобільні аварійні підстанції для оперативного відновлення електропостачання найбільш критичних вузлів [5]. Швидке відновлення енергопостачання є фактором запобігання екологічним катастрофам, оскільки багато промислових процесів (наприклад, утилізація відходів або підтримка тиску в нафтопроводах) вимагають безперервного живлення.

Особливу увагу слід приділити новим типам енергоносіїв. Так, актуальною є безпека інтегрованих систем «електроенергія-водень» [6]. Водень є надзвичайно вибухонебезпечним газом, і кібератака на систему управління його тиском або температурою може призвести до потужних вибухів. У цьому контексті критично важливим є впровадження методів безпечно-орієнтованої оптимізації таких систем для мінімізації екологічних ризиків [7]. Паралельно з фізичним захистом інфраструктури, необхідно забезпечити непорушність каналів зв'язку, якими передаються команди керування. Оскільки традиційна криптографія стає вразливою перед розвитком обчислювальних потужностей, безальтернативним рішенням для захисту інтелектуальних лічильників та контролерів у Smart Grid стає впровадження постквантових алгоритмів [8]. Постквантова криптографія гарантує, що дані про стан водневих сховищ не будуть підмінені злоумисниками, навіть за умови використання квантових комп'ютерів.

Кінцевим етапом побудови такої стійкої архітектури є інтеграція штучного інтелекту як системного координатора [9]. Згідно з найновішими дослідженнями, саме ШІ-рішення дозволяють у реальному часі балансувати гнучкість енергомережі та безпеку «зеленого» водню, створюючи адаптивний кіберфізичний бар'єр проти складних атак. Таким чином, поєднання фізичної оптимізації [7], квантово-стійкого шифрування [8] та інтелектуального моніторингу [9] є необхідною умовою інтеграції водневих технологій у структуру Smart Grid без створення додаткових екологічних загроз, зокрема через використання алгоритмів глибокого навчання для динамічного керування електролізерами та системами зберігання, що дозволяє ШІ миттєво адаптувати параметри виробництва водню до коливань у напрузі мережі, запобігаючи фізичному перевантаженню обладнання.

Інтелектуальні енергомережі Smart Grid є складними кіберфізичними системами, у яких цифрові вразливості безпосередньо впливають на надійність енергопостачання, техногенну безпеку та стан довкілля. Проведений аналіз показав, що сучасні загрози, зокрема атаки типу False Data Injection, а також багатоетапні скоординовані кіберфізичні впливи, здатні спричинити не лише порушення функціонування енергетичної інфраструктури, а й створювати передумови для аварій з масштабними екологічними наслідками. У цьому контексті кіберзахист Smart Grid доцільно розглядати як невід'ємну складову системи запобігання техногенним ризикам.

Встановлено, що підвищення кіберфізичної стійкості інтелектуальних енергомереж потребує комплексного поєднання організаційних та інформаційно-технологічних рішень. До найбільш перспективних підходів належать використання програмно-конфігурованих мереж (SDN) для динамічного реагування на атаки, технології блокчейн для забезпечення цілісності даних, а також засобів оперативного відновлення інфраструктури за допомогою БПЛА. Окремого значення набуває безпека нових енергоносіїв, зокрема водню. Доведено, що мінімізація екологічних ризиків при інтеграції водневих технологій потребує впровадження методів безпечно-орієнтованої оптимізації [7] та використання штучного інтелекту як інтелектуального

координатора системного рівня [9]. Крім того, для захисту інтелектуальних систем обліку від майбутніх обчислювальних загроз критично важливим є перехід на алгоритми постквантової криптографії [8], що гарантує довгострокову стійкість енергосистеми. навіть за умови появи повномасштабних квантових обчислювачів.

Таким чином, кіберзахист інтелектуальних енергомереж є не лише технічним напрямом інформаційної безпеки, а й важливим інструментом забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням адаптивних архітектур Smart Grid, що базуються на синергії квантово-стійкого захисту [8] та інтелектуального моніторингу [9], що дозволить мінімізувати ризики техногенних та екологічних катастроф у довгостроковій перспективі, зміцнюючи технологічний суверенітет держави та забезпечуючи стабільність критичної інфраструктури в умовах постійної еволюції глобальних кіберзагроз.

Список літератури

1. Xu L. et al. On the resilience of modern power systems: A comprehensive review from the cyber-physical perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 152. P. 111641.
2. Mousavian M. et al. Cyber-physical resilience of electrical power systems against malicious attacks: Review. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2018. Vol. 105. P. 445–457.
3. Wei L. et al. Gaussian Belief Propagation-based Cyber-attack Detection in Smart Grids. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2017. Vol. 8, no. 5. P. 2115–2125.
4. Yazdinejad A. et al. A Cluster-Based SDN-Blockchain Security Architecture for IoT-Enabled Smart Grids. *IEEE Transactions on Network and Service Management*. 2022. Vol. 19, no. 4. P. 4522–4535.
5. Zhou B. et al. Multi-stage resilience enhancement of power systems under coordinated cyber-physical attacks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2026. Vol. 175. P. 110432.
6. Zhang R. et al. Resilience enhancement for distribution systems with UAV-mounted base stations and emergency trucks. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*. 2026. Vol. 12, no. 2. P. 312–324.
7. Zhang X. et al. Safety-constrained optimization of integrated electricity–hydrogen systems for environmental risk mitigation. *Applied Energy*. 2025. Vol. 358. P. 122589.
8. Jabłoński W., Dylewski R. Quantum-Resistant Cryptography for Smart Metering in Smart Grid Systems. *Energies*. 2025. Vol. 18, no. 5. P. 1204. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/5/1204>.
9. AI-Enabled Integration of Smart Grids and Green Hydrogen: A System-Level Review of Flexibility, Control, and Cyber-Physical Energy Systems. *Applied Sciences*. 2026. Vol. 16, no. 5. P. 2504. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/16/5/2504>.

УДК 004:631.147:502.131.1

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СТАЛОМУ РОЗВИТКУ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: ІНТЕГРОВАНІ РІШЕННЯ ТА МОБІЛЬНІ ДОДАТКИ

Чайка Т. О., канд. екон. наук

Відокремлений структурний підрозділ «Аграрно-економічний фаховий
коледж Полтавського державного аграрного університету»

М. Полтава, Україна, chayka_ta@ukr.net

Анотація У роботі досліджено роль інформаційних технологій у забезпеченні сталого розвитку органічного землеробства. Розглянуто архітектуру цифрових систем, що включає збір, обробку даних і підтримку прийняття рішень. Особливу увагу приділено мобільним додаткам як інструменту поширення агрономічних знань і підвищення ефективності виробництва.

Ключові слова: AgriTech, інформаційні технології, органічне сільське господарство, сталий розвиток, цифрова трансформація, мобільні додатки, системи підтримки рішень

Цифрові трансформації є ключовим драйвером розвитку сучасних соціально-економічних систем, зокрема аграрного сектору. Інформаційні технології, включаючи системи точного землеробства, Internet of Things (IoT), штучний інтелект (AI), геоінформаційні системи (GIS) та хмарні платформи, формують основу data-driven підходів до управління агровиробництвом [1]. У контексті сталого розвитку такі технології забезпечують підвищення ефективності використання ресурсів, зниження екологічного навантаження та підтримку біорізноманіття.

Органічне землеробство, яке базується на принципах екологічної безпеки, відмови від синтетичних засобів виробництва та збереження природних ресурсів, потребує впровадження адаптивних цифрових рішень, здатних інтегрувати різноманітні дані (агрокліматичні, ґрунтові, біологічні) та забезпечувати прийняття обґрунтованих управлінських рішень. У цьому контексті особливого значення набувають інформаційно-аналітичні системи, що поєднують функції моніторингу, прогнозування та підтримки прийняття рішень [2].

Світові тенденції свідчать про стрімке зростання ринку цифрових аграрних технологій: за сучасними оцінками, у 2025 році його обсяг становить близько 25,9–28,5 млрд дол. США, з прогнозом зростання до понад 60 млрд дол. до 2034 року із середньорічним темпом близько 10–11 % [3]. Це підтверджує посилення ролі інформаційних технологій як інструменту забезпечення сталого розвитку аграрного виробництва. Водночас органічний сектор потребує спеціалізованих цифрових рішень, що враховують його екологічні та технологічні особливості [4].

В Україні процеси цифровізації аграрного сектору набувають активного розвитку, однак їх впровадження в органічному землеробстві залишається фрагментарним і недостатньо систематизованим. Це зумовлює необхідність дослідження інтегрованих підходів до застосування інформаційних технологій

у цьому сегменті та визначення ефективних інструментів їх практичної реалізації.

Метою дослідження є обґрунтування ролі інтегрованих інформаційних технологій у забезпеченні сталого розвитку органічного землеробства та визначення їх функціональних можливостей, обмежень і напрямів ефективного впровадження в умовах України. Особливу увагу приділено аналізу цифрових інструментів підтримки прийняття рішень, зокрема мобільних додатків, як практичного прикладу використання ІТ для поширення агрономічних знань і підвищення екологічної ефективності виробництва.

Результати досліджень свідчать про активізацію процесів цифровізації аграрного сектору України, що проявляється у широкому впровадженні інформаційних технологій у виробничі процеси. Зокрема, за даними проєкту «Цифрове Агро України», до 60 % господарств використовують навігаційні системи, 80 % – автопілотовані механізми, 78 % – технології посекційного відключення форсунок, 70 % – телематичні рішення, а 59 % – безпілотні літальні апарати [5].

В Україні, як і в інших країнах Європи, зростає інтерес до органічного та регенеративного землеробства, зокрема до технологій мінімального обробітку ґрунту (no-till, strip-till) та використання органічних добрив. Водночас рівень впровадження таких практик залишається обмеженим і нерівномірним, що відповідає загальносвітовим тенденціям, де регенеративне землеробство охоплює близько 12 % сільськогосподарських земель [6]. Це формує передумови для інтеграції інформаційних технологій як інструменту data-driven екологічно орієнтованого управління агросистемами

Інтегроване застосування інформаційних технологій в органічному землеробстві доцільно розглядати як багаторівневу систему, що включає такі функціональні компоненти [1, 2, 7–10]:

1. Системи збору та генерації даних (Data Acquisition Layer), до яких належать технології, що забезпечують формування первинних масивів даних про стан агроєкосистем: глобальні навігаційні системи (GPS, ГЛОНАСС) – для просторової ідентифікації полів та планування агротехнологічних операцій; безпілотні літальні апарати (дрони) з мульти– та гіперспектральними сенсорами – для дистанційного моніторингу стану посівів; автоматизовані метеостанції та ґрунтові сенсори – для збору даних про вологість, температуру, мікрокліматичні параметри. Ці технології формують основу для створення великих масивів аграрних даних (Big Data), що характеризуються просторовою та часовою варіативністю.

2. Системи обробки й аналітики даних (Data Processing & Analytics Layer), рівні яких відбувається трансформація первинних даних в аналітичну інформацію: системи машинного зору та штучного інтелекту – для ідентифікації бур'янів, шкідників і хвороб рослин; аналітичні платформи – для обробки даних із різних джерел (сенсори, супутники, історичні бази); моделі прогнозування – для оцінки врожайності та аналізу впливу кліматичних факторів. Застосування AI-алгоритмів дозволяє підвищити точність діагностики стану рослин та оптимізувати використання біологічних засобів захисту.

3. Системи підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems) – інтегровані інформаційні платформи, які забезпечують аграріїв інструментами для оперативного управління виробництвом: хмарні сервіси та мобільні додатки – для обліку виробничих процесів, планування та логістики; цифрові платформи знань – для дистанційного консультування та поширення агрономічних рекомендацій; інтерактивні системи моделювання – для оцінки альтернативних сценаріїв ведення господарства.

У цьому контексті особливого значення набувають мобільні додатки як інструмент інтеграції даних і комунікації з користувачем. Досвід країн ЄС демонструє ефективність таких рішень для планування посівів, моніторингу стану культур і дотримання екологічних стандартів.

4. Системи простежуваності та прозорості (Traceability & Blockchain Layer). Так, для органічного виробництва критично важливим є забезпечення прозорості ланцюгів постачання: блокчейн-технології – для фіксації всіх етапів виробництва; цифрові сертифікаційні системи – для підтвердження відповідності стандартам органічного виробництва; QR-коди – для надання споживачам доступу до інформації про походження продукції. Такі рішення підвищують довіру споживачів і сприяють розвитку експортного потенціалу [9, 10].

5. Інтегровані IoT-екосистеми, що ґрунтуються на Інтернеті речей (IoT) й об'єднує всі рівні цифрової інфраструктури в єдину систему, що забезпечує: безперервний моніторинг параметрів агроєкосистем; автоматизацію технологічних процесів; синхронізацію даних між пристроями та платформами. Це створює передумови для формування інтелектуальних агросистем, орієнтованих на принципи сталого розвитку.

Попри значний потенціал інформаційних технологій у забезпеченні сталого розвитку органічного землеробства, їх впровадження в Україні супроводжується низкою обмежень і системних ризиків, характерних для процесів цифрової трансформації аграрного сектору [11]. Серед ключових проблем – недостатня адаптованість цифрових рішень до специфіки органічного виробництва, що знижує ефективність їх застосування та потребує розробки спеціалізованих ІТ-продуктів. Зазначені ризики доцільно класифікувати за основними рівнями функціонування цифрових систем:

1. Ризики, пов'язані з даними й аналітикою: обмежена доступність якісних і репрезентативних даних для органічного виробництва; фрагментарність інформаційних потоків і відсутність інтеграції між джерелами даних; недостатня кількість відкритих аграрних баз даних (open data), зокрема щодо ефективності біологічних засобів захисту й органічних технологій; нижча точність алгоритмів прогнозування для органічних систем через їх складність і залежність від біологічних факторів. Ці обмеження ускладнюють застосування data-driven підходів та знижують ефективність аналітичних моделей.

2. Інфраструктурні ризики: недостатнє покриття високошвидкісним інтернетом у сільській місцевості; нестабільність енергопостачання, що критично для функціонування IoT-систем; обмежений доступ до сервісної інфраструктури для обслуговування цифрового обладнання; відсутність

масштабованих цифрових платформ на національному рівні. Інфраструктурні обмеження стримують впровадження комплексних ІТ-рішень та інтеграцію цифрових сервісів.

3. Ризики впровадження (людський фактор): низький рівень цифрової грамотності аграріїв; дефіцит фахівців на перетині агрономії й інформаційних технологій; обмежена готовність малих і середніх господарств до впровадження інновацій; високі початкові витрати на впровадження цифрових технологій. Ці фактори знижують швидкість адаптації ІТ-рішень та обмежують їх практичне використання.

4. Регуляторні й інституційні ризики: відсутність комплексної державної стратегії цифровізації органічного сектору; недосконалість нормативно-правової бази щодо використання цифрових технологій (зокрема автономної техніки й обробки даних); недостатній рівень державної підтримки впровадження ІТ-рішень; відсутність стимулів для розвитку інноваційних агротехнологічних стартапів. Регуляторна невизначеність стримує інвестиції й уповільнює цифрову трансформацію.

5. Технологічні ризики та проблеми адаптації: недостатня адаптованість існуючих цифрових рішень до специфіки органічного виробництва; орієнтація більшості програмних продуктів на інтенсивні системи землеробства; складність інтеграції різних цифрових платформ у єдину екосистему; обмежена інтероперабельність між програмними рішеннями й обладнанням. Це знижує ефективність використання ІТ та потребує розробки спеціалізованих цифрових продуктів для органічного сектору.

Для ефективної інтеграції інформаційних технологій у систему органічного землеробства та реалізації їх потенціалу у забезпеченні сталого розвитку доцільно впроваджувати комплексний підхід, що охоплює ключові напрями цифрової трансформації:

1. Формування data-driven екосистеми: створення національних відкритих аграрних баз даних (open data), зокрема щодо ефективності біологічних засобів захисту, органічних добрив і сортів; забезпечення інтеграції різномірних джерел даних (сенсори, дрони, супутники, польові спостереження); розвиток стандартів обміну даними й інтероперабельності цифрових систем; впровадження платформ для накопичення та аналізу Big Data в агросекторі. Це дозволить підвищити точність аналітики та забезпечити основу для data-driven управління органічним виробництвом.

2. Розвиток цифрової інфраструктури: розширення покриття високошвидкісного інтернету в сільській місцевості; забезпечення стабільного енергопостачання для функціонування IoT-рішень; створення регіональних центрів технічної підтримки цифрових технологій; впровадження національних цифрових платформ для аграрного сектору. Інфраструктурна підтримка є базовою умовою масштабування ІТ-рішень.

3. Capacity building та цифрова освіта: розвиток освітніх програм на перетині агрономії й інформаційних технологій; підвищення цифрової грамотності фермерів через тренінги, онлайн-курси та демонстраційні проєкти; створення інтерактивних навчальних платформ із елементами моделювання та

гейміфікації; підготовка фахівців з аналізу аграрних даних та управління цифровими системами. Це сприятиме підвищенню рівня adoption IT-рішень у практиці господарювання.

4. Розвиток інноваційної екосистеми (AgriTech): підтримка стартапів, орієнтованих на органічне виробництво; створення інноваційних хабів і R&D-центрів на базі аграрних університетів; проведення хакатонів і конкурсів цифрових рішень для органічного сектору; формування кластерів “наука – бізнес – фермери”. Це забезпечить появу спеціалізованих IT-рішень, адаптованих до потреб органічного землеробства.

5. Формування сприятливої політики та фінансового середовища: розробка державної стратегії цифровізації органічного агросектору; впровадження механізмів фінансової підтримки (гранти, пільгові кредити) для впровадження IT; гармонізація нормативної бази з європейськими стандартами; стимулювання інвестицій у цифрові агротехнології. Це дозволить знизити бар’єри входу й активізувати цифрову трансформацію.

У межах запропонованої дорожньої карти особливого значення набувають мобільні додатки як найбільш доступний і масштабований інструмент впровадження інформаційних технологій у практику органічного землеробства. Мобільні рішення виконують функції інтеграції даних, аналітики та підтримки прийняття рішень, забезпечуючи користувачам доступ до інформації в режимі реального часу. Вони поєднують можливості моніторингу стану посівів, планування агротехнологічних заходів, прогнозування погодних ризиків і дотримання екологічних стандартів [12].

Досвід країн Європейського Союзу демонструє, що мобільні додатки є ефективним інструментом цифровізації аграрного сектору, забезпечуючи оптимізацію використання ресурсів, підвищення продуктивності та зниження екологічного навантаження. З огляду на це, доцільно орієнтувати розвиток цифрових рішень в Україні на підхід пріоритетності мобільних технологій, що передбачає створення доступних, адаптивних і функціонально інтегрованих мобільних платформ для органічних виробників.

Таким чином, інтегроване застосування інформаційних технологій формує основу data-driven трансформації органічного землеробства, забезпечуючи ефективне управління агросистемами та зниження екологічного навантаження. Архітектура цифрових рішень, що поєднує збір, обробку даних і системи підтримки прийняття рішень, створює передумови для підвищення стійкості агровиробництва. Водночас ключовими обмеженнями залишаються ризики, пов’язані з даними, інфраструктурою та рівнем adoption. Реалізація запропонованого roadmap цифрової трансформації дозволить подолати ці бар’єри та масштабувати інноваційні рішення. Практичним вектором впровадження виступають мобільні додатки як доступний інструмент інтеграції IT у повсякденну діяльність органічних виробників.

Список літератури

1. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*. 2017. Vol. 153. P. 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>
2. Чайка Т. О. Інтегроване застосування цифрових технологій для сталого розвитку органічного землеробства в Україні: сучасний стан, можливості та бар'єри. *Стійкість освіти і науки в умовах трансформації*: III Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 21–22 трав. 2025 р. Київ: ЗВО «МНТУ», 2025. С. 292–296.
3. Smart Agriculture Market Size & Share 2025 – 2034. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/smart-agriculture-market>.
4. Чайка Т. О. *Розвиток виробництва органічної продукції в аграрному секторі економіки України*: моногр. Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2013. 320 с.
5. Наружна Ю. «Цифрове Агро України»: як застосовують новітні технології у сільському господарстві. *Пропозиція*. 2024. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya-inshe/tsyfrove-ahro-ukrayiny-yak-zastosovuyut-novitni-tekhnologiyi>.
6. Toplensky R. Sustainable agriculture gets a push from big corporations. *The World Street Journal*. 2024. URL: <https://www.wsj.com/articles/sustainable-agriculture-gets-a-push-from-big-corporations-55541180>.
7. Сіренко Н. М., Чайка Т. О. Інноваційні технології в органічному землеробстві. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2012. № 4, Т. 2. С. 131–135.
8. Газуда Л. М., Газуда М. В., Герцег В. А. Ключові аспекти цифровізації сільського господарства. *Науковий вісник Ужгородського Університету*. 2024. № 1 (63). С. 79–86. [https://doi.org/10.24144/2409-6857.2024.1\(63\).79-86](https://doi.org/10.24144/2409-6857.2024.1(63).79-86).
9. Лукаш С., Конєв Р. Прозорість та простежуваність як стратегічні драйвери міжнародного аграрного маркетингу. *Актуальні питання е.кономічних наук*. 2026. № 20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18938623>
10. Сергієнко А. Як розвиватимуться агротехнології в Україні? Секторальна стратегія WINWIN. URL: <https://speka.media/yak-rozvivatimutsya-agrotekhnologiyi-v-ukrayini-sektoralna-strategiya-winwin-9g2gyn>.
11. Prihodko D., Sikachyna O., Pedersen E., Sylvester G., Rybchynshyi R. Digital technologies in the grain sector of Ukraine. FAO Investment Centre. 2022. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3d7da3d8-bac0-42ee-a609-1bbb993214a6/content>.
12. Чайка Т. О. Застосування мобільних додатків для поширення агрономічних знань та консультацій в ЄС: уроки для України. *Цифрова економіка: глобальний вимір*: Міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпро, 20 трав. 2025 р. Дніпро: Університет імені Альфреда Нобеля, 2025. С. 151–152.

УДК 004.896:621.865.8

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ АДАПТИВНОЇ НАВІГАЦІЇ

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.
Целуйко О. М., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, post@btu.kharkiv.ua

Анотація. У статті розглянуто принципи побудови та програмно-апаратної реалізації системи керування автономним мобільним роботом на базі мікроконтролера STM32. Запропоновано архітектуру, що поєднує низькорівневе управління приводами з обробкою даних від масиву сенсорів для орієнтації у просторі. Особливу увагу приділено розробці алгоритмів об'єднання даних та реалізації ПІД-регуляторів для стабілізації траєкторії руху. Продемонстровано ефективність використання вбудованих таймерів та інтерфейсів для створення масштабованої робототехнічної платформи з високою швидкістю реакції.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, робототехніка, мікроконтролер STM32, автоматизоване керування, сенсорна мережа, ПІД-регулятор

В наш час розвиток цифрових технологій кардинально змінює підходи до проектування робототехнічних комплексів та систем мехатроніки. Особливої актуальності набуває впровадження інтелектуальних засобів автоматизованого керування в структуру мобільних платформ, що забезпечує можливості автономного переміщення, оминання перешкод та точного виконання технологічних операцій. Традиційні системи керування, побудовані на жорсткій логіці, поступово витісняються адаптивними мікроконтролерними рішеннями, які здатні динамічно змінювати параметри руху на основі зворотного зв'язку від навколишнього середовища.

Саме тому концепція створення високнадійних вбудованих систем керування роботами вважається однією з провідних у галузі сучасної автоматизації та комп'ютерної інженерії. Підвищення енергоефективності приводів, створення безпечних траєкторій руху та мінімізація похибок позиціонування – усе це є ключовими завданнями, які стоять перед розробниками автономних систем. У зв'язку з цим виникає потреба у побудові багаторівневих архітектур, де мікроконтролер виступає як центральний вузол, що інтегрує дані від сенсорів відстані, одометрії та інерціальних модулів (IMU).

Запропонована архітектура системи керування складається з польового рівня (виконавчі механізми та датчики), логічного рівня (мікроконтролер STM32F407) та комунікаційного рівня [1]. Польовий рівень включає енкодери моторів, ультразвукові далекоміри та електронний компас. Логічний рівень реалізує алгоритми фільтрації вхідних сигналів та розрахунок керуючих впливів для драйверів двигунів за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШИМ). Це дозволяє роботу підтримувати задану швидкість та напрямок руху навіть за наявності зовнішніх збурень [2].

Для ефективного функціонування робота реалізовано гібридну модель навігації, яка поєднує рух за заздалегідь визначеними точками та реактивне

уникнення перешкод у реальному часі. Використання багатоканальних таймерів мікроконтролера забезпечує прецизійне керування декількома приводами одночасно, що гарантує синхронність руху колісної або гусеничної бази. Обробка переривань від датчиків зіткнення має найвищий пріоритет, що забезпечує миттєву зупинку або зміну курсу при виникненні аварійних ситуацій на шляху прямування [3].

Розробка систем керування роботами на базі мікроконтролерів має значний потенціал розвитку завдяки інтеграції з хмарними сервісами для групового керування декількома одиницями техніки. Зростаюча роль децентралізованих обчислень дозволяє роботам самостійно розподіляти завдання та обмінюватися даними про карту місцевості. Перспективним є впровадження нейромережевих моделей для розпізнавання складних об'єктів безпосередньо в цикл керування, що дозволить формувати інтелектуальну поведінку робота в непередбачуваних умовах експлуатації.

Розроблена система керування роботом на базі STM32 забезпечує високу точність навігації та надійність виконання алгоритмів у реальному часі. Завдяки оптимізації програмного забезпечення та використанню апаратних ресурсів мікроконтролера вдалося досягти стабільної роботи ПД-регуляторів та ефективного об'єднання даних від різномірних сенсорів. Гнучкість архітектури дозволяє легко масштабувати систему для виконання різних прикладних завдань – від складської логістики до моніторингу приміщень.

Подальші дослідження будуть спрямовані на впровадження алгоритмів одночасної локалізації та побудови карти SLAM для роботи в раніше невідомих просторах. Також планується розробка енергозберігаючих стратегій руху, що дозволить подовжити час автономної роботи платформи без підзарядки. Такі рішення сприятимуть розвитку вітчизняних робототехнічних систем та їх успішній інтеграції в сучасні виробничі процеси.

Список літератури

1. Смирнов О. В. Системи керування мобільними роботами на базі мікроконтролерів STM32. // Системи обробки інформації. – 2024. – № 5 (178). – С. 12–19. <https://doi.org/10.30748/soi.2024.178.01>
2. Corke, P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in Python. // Springer Nature, 2023. – 3rd Edition. – 820 p.
3. Gountia, D. Real-time Motion Control and Trajectory Optimization for Industrial Robots. // Journal of Hardware and Systems Security. – 2024. – Vol. 8, No. 5. – P. 301–315. <https://doi.org/10.1007/s41635-024-00180-x>

УДК 656.7:004:342.7

ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ ПАСАЖИРІВ У ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

Іващенко М.М., ст. викладач
Ратнакар Ю.В., доц.
Хмара А.О., здобувач РВО бакалавр
Інститут цивільної авіації
Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
м. Харків, Україна, ivamaruna@gmail.com

Анотація. У статті досліджується правове регулювання обробки та захисту персональних даних пасажирів у цифрових системах авіаційного транспорту. Проаналізовано особливості використання сучасних інформаційних технологій у цивільній авіації, зокрема систем онлайн-бронювання, електронної реєстрації пасажирів, систем Passenger Name Record (PNR) та Advance Passenger Information (API). Визначено основні види персональних даних, що обробляються авіакомпаніями, аеропортами та державними органами під час організації авіаперевезень. Окрему увагу приділено міжнародно-правовому регулюванню у сфері захисту персональних даних, зокрема положенням Загального регламенту Європейського Союзу про захист даних (GDPR), Директиви ЄС щодо використання даних PNR, а також стандартам і рекомендаціям Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO). Проаналізовано основні ризики порушення конфіденційності інформації, пов'язані з витоком даних, несанкціонованим доступом до інформаційних систем та неправомірним використанням персональних даних пасажирів. Обґрунтовано необхідність удосконалення правового регулювання у цій сфері шляхом гармонізації національного законодавства з правом Європейського Союзу, підвищення рівня кібербезпеки та впровадження принципу privacy by design у цифрових системах авіаційного транспорту.

Ключові слова: персональні дані, цивільна авіація, цифрові системи, PNR, GDPR

Цифровізація цивільної авіації є одним із ключових напрямів розвитку сучасної транспортної галузі. Використання інформаційних систем та цифрових платформ суттєво трансформувало організацію авіаційних перевезень, процедури обслуговування пасажирів та механізми забезпечення безпеки польотів. У сучасній практиці авіакомпанії та аеропорти широко застосовують системи онлайн-бронювання авіаквитків, електронну реєстрацію пасажирів (e-check-in), автоматизовані системи контролю документів, біометричні технології ідентифікації, а також міжнародні системи передачі інформації про пасажирів. Водночас стрімке впровадження цифрових технологій призвело до значного зростання обсягів інформації, що обробляється у сфері авіаперевезень, що, у свою чергу, актуалізує проблему належного правового та технічного захисту персональних даних пасажирів відповідно до вимог національного та міжнародного законодавства [4; 7; 8, с. 112; 9, с. 74; 12].

У процесі організації авіаперевезень обробляється значна кількість персональних даних, серед яких ідентифікаційні дані особи, паспортна інформація, контактні дані, інформація про маршрут подорожі, відомості про оплату перевезення, а в окремих випадках і біометричні дані [4; 8, с. 97]. Тому

однією з ключових систем у сфері цивільної авіації є система Passenger Name Record (PNR), яка містить інформацію про бронювання пасажирів, включаючи його ім'я, маршрут подорожі, контактні дані, спосіб оплати та інші відомості, необхідні для здійснення перевезення [3; 5]. Використання таких систем значно підвищує ефективність організації перевезень та рівень безпеки, однак водночас створює додаткові виклики у сфері захисту персональних даних, оскільки передбачає централізоване зберігання значних масивів інформації, доступ до яких можуть мати різні суб'єкти [10; 12].

Поряд із системою PNR у міжнародній практиці широко застосовується система Advance Passenger Information (API), яка передбачає передачу базових ідентифікаційних даних пасажирів від авіакомпаній до прикордонних та міграційних органів держави призначення ще до прибуття повітряного судна [2]. Такі дані зазвичай включають інформацію з машинозчитуваної зони паспорта, громадянство, дату народження та інші ідентифікаційні відомості. Регулювання застосування цих систем здійснюється міжнародними стандартами Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO), зокрема положеннями Додатку 9 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію 1944 року [1; 2].

У країнах Європейського Союзу правове регулювання використання даних пасажирів здійснюється відповідно до Директиви (ЄС) 2016/681 про використання даних Passenger Name Record з метою запобігання, виявлення, розслідування та переслідування терористичних злочинів і тяжких кримінальних правопорушень [3]. Цей нормативний акт визначає порядок збору, обробки та зберігання даних PNR, а також встановлює вимоги щодо їх захисту та обмеження доступу до такої інформації [3]. Водночас діяльність авіакомпаній та аеропортів у сфері обробки персональних даних підпадає під дію Регламенту (ЄС) 2016/679 – Загального регламенту про захист даних (GDPR), який встановлює фундаментальні принципи обробки персональних даних, серед яких законність, прозорість, обмеження мети обробки, мінімізація даних, точність та забезпечення належного рівня безпеки інформації [4; 11; 8, с. 97]. У контексті європейської інтеграції Україна також поступово гармонізує національне законодавство у сфері захисту персональних даних із правом Європейського Союзу, зокрема з положеннями GDPR, що має важливе значення для розвитку міжнародних авіаційних перевезень та обміну пасажирськими даними.

Попри наявність розвиненої нормативної бази, практика використання цифрових систем у цивільній авіації демонструє наявність низки проблем у сфері захисту персональних даних [4; 10]. Серед основних загроз можна виділити кібератаки на інформаційні системи авіакомпаній або аеропортів, витік інформації внаслідок технічних збоїв або недостатнього рівня захисту, незаконне копіювання або поширення персональних даних, а також використання такої інформації не за призначенням [10]. Показовим прикладом таких ризиків є інцидент із витоком даних клієнтів авіакомпанії British Airways у 2018 році, внаслідок якого були скомпрометовані персональні та платіжні дані сотень тисяч пасажирів. За результатами розслідування наглядовий орган

Великої Британії наклав на компанію значний штраф відповідно до вимог GDPR. Іншим прикладом є кібератака 2021 року на систему SITA Passenger Service System, що призвела до витоку даних пасажирів кількох міжнародних авіакомпаній. Подібні інциденти можуть призводити до серйозних порушень прав пасажирів, зокрема права на повагу до приватного життя та захист персональних даних, гарантованих статтею 8 Конвенції про захист прав людини і основоположних свобод [6; 9, с. 146].

Крім технічних ризиків, існують також правові та організаційні проблеми. Зокрема, у багатьох випадках пасажир не має достатньої інформації про те, які саме дані збираються, яким чином вони використовуються та які органи можуть отримувати до них доступ.

У цьому контексті важливого значення набуває впровадження сучасних механізмів правового та технічного захисту персональних даних. Одним із ключових підходів, передбачених законодавством Європейського Союзу, є принцип «privacy by design», який передбачає інтеграцію механізмів захисту персональних даних ще на етапі проектування інформаційних систем [4; 11]. Реалізація такого підходу дозволяє зменшити ризики витоку інформації та забезпечити належний рівень захисту даних протягом усього циклу їх обробки [8, с. 143].

На наш погляд, удосконалення системи захисту персональних даних у сфері авіаційного транспорту має здійснюватися комплексно. Передусім доцільним є посилення вимог до кібербезпеки інформаційних систем авіакомпаній та аеропортів. Це може включати впровадження обов'язкових стандартів інформаційної безпеки, регулярне проведення незалежного аудиту кіберзахисту, а також створення ефективних механізмів реагування на інциденти, пов'язані з витоком або несанкціонованим доступом до персональних даних.

Крім того, важливим напрямом удосконалення правового регулювання може стати підвищення відповідальності суб'єктів, які здійснюють обробку персональних даних пасажирів. Встановлення більш чітких процедур контролю та застосування ефективних санкцій за порушення вимог законодавства у сфері захисту інформації може сприяти підвищенню рівня безпеки обробки даних у цифрових системах авіаційного транспорту.

Перспективним напрямом розвитку також є вдосконалення механізмів міжнародної співпраці у сфері обміну пасажирськими даними. У зв'язку з цим доцільним видається розроблення узгоджених міжнародних стандартів захисту персональних даних у сфері авіаційного транспорту, які б враховували специфіку функціонування глобальних інформаційних систем, зокрема систем PNR та API.

Крім правових механізмів, важливу роль можуть відігравати сучасні технологічні рішення, зокрема використання технологій шифрування, багаторівневого захисту інформації та децентралізованого зберігання даних. Впровадження таких технологій може сприяти зменшенню ризиків несанкціонованого доступу до інформації та підвищенню загального рівня безпеки цифрових систем у сфері авіаційного транспорту.

Таким чином, проблема захисту персональних даних пасажирів у цифрових системах авіаційного транспорту набуває особливої актуальності в умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій. Ефективне вирішення цієї проблеми потребує поєднання правових, організаційних та технологічних заходів, спрямованих на підвищення рівня кібербезпеки, забезпечення прозорості обробки інформації та вдосконалення механізмів міжнародного співробітництва у сфері захисту персональних даних. Реалізація таких підходів сприятиме підвищенню довіри пасажирів до цифрових сервісів у сфері авіаперевезень та забезпечить належний баланс між потребами безпеки та дотриманням прав людини.

Список літератури

1. Конвенція про міжнародну цивільну авіацію від 7 грудня 1944 року (Чиказька конвенція). URL: <https://www.icao.int>.
2. International Civil Aviation Organization. Annex 9 to the Convention on International Civil Aviation – Facilitation. Montreal: ICAO, 2022.
3. Directive (EU) 2016/681 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the use of Passenger Name Record (PNR) data for the prevention, detection, investigation and prosecution of terrorist offences and serious crime. Official Journal of the European Union. 2016. L 119.
4. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data (General Data Protection Regulation). Official Journal of the European Union. 2016. L 119.
5. International Air Transport Association. Passenger Data Exchange Standards (PAXLST, PNRGOV). Montreal: IATA, 2023. URL: <https://www.iata.org>.
6. Конвенція про захист прав людини і основоположних свобод від 04.11.1950. URL: <https://www.echr.coe.int>.
7. Закон України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 № 2297-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17>.
8. Kuner C. Transborder Data Flows and Data Privacy Law. Oxford: Oxford University Press, 2013.
9. Bygrave L. Data Privacy Law: An International Perspective. Oxford: Oxford University Press, 2014.
10. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). Threat Landscape for Aviation. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023. URL: <https://www.enisa.europa.eu>.
11. European Data Protection Board (EDPB). Guidelines 07/2020 on the concepts of controller and processor in the GDPR (Version 2.0). Brussels: EDPB, 2023. URL: <https://edpb.europa.eu>.
12. International Civil Aviation Organization (ICAO). Cybersecurity Strategy for Civil Aviation. Montreal: ICAO, 2022. URL: <https://www.icao.int>.

УДК 338.48:004.738.5

РОЛЬ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ У ЛОГІСТИЦІ ТУРИСТИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Даниленко В.В., к.е.н., доц.
Федорченко Д.В., здобувачка РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, danylenko.14@btu.kharkov.ua

Анотація. В роботі досліджується роль цифрових платформ у трансформації транспортної компоненти туристичних ланцюгів постачання. На основі аналізу актуальних наукових досліджень 2024–2025 років систематизовано ключові тенденції цифровізації туристичних перевезень, обґрунтовано вплив платформенної інтеграції на гнучкість і стійкість транспортно-логістичних ланцюгів, виявлено прогалини у стандартизації платформних екосистем та сформульовано прогнози подальшого розвитку цифрових рішень у логістиці туристичних перевезень.

Ключові слова: цифрові платформи, туристична логістика, транспортні перевезення, ланцюги постачання, Industry 4.0, мультимодальні перевезення, цифрова трансформація

Транспортна логістика є системоутворюючою ланкою туристичного ланцюга цінності. Жодна подорож не відбувається без координації перевезень між точкою відправлення та дестинацією, а всередині неї – між об'єктами розміщення, атракціями та сервісними точками. Попри це, транспортна компонента туристичних ланцюгів постачання традиційно залишалася найбільш фрагментованою. Безліч незалежних перевізників, різнорідні стандарти бронювання й оплати, відсутність єдиних інформаційних систем координації – все це знижувало ефективність туристичних перевезень і підвищувало транзакційні витрати для всіх учасників ланцюга. Цифрові платформи постають як відповідь на цей структурний дефіцит. Агрегуючи перевізників різних видів транспорту в єдиному інтерфейсі, вони трансформують фрагментований ринок туристичних перевезень в інтегровану координаційну екосистему. Метою роботи є аналіз ролі цифрових платформ у логістиці туристичних перевезень на основі актуальних наукових досліджень, виявлення ключових тенденцій трансформації транспортної компоненти туристичних ланцюгів та формулювання прогнозів подальшого розвитку галузі.

Бібліометричний огляд Liu et al. (2025), який охопив 1186 публікацій із бази Scopus за 2005–2024 роки, документує системну еволюцію цифрових технологій у туристичних ланцюгах постачання – від базових інформаційно-комунікаційних систем до технологій Industry 4.0 [1]. У транспортному вимірі ця еволюція проявляється особливо виразно. Перші цифрові рішення обмежувались автоматизацією бронювання квитків, тоді як сучасні платформи координують мультимодальні перевезення в режимі реального часу, інтегруючи дані від IoT-датчиків на транспортних засобах, ШІ-алгоритми маршрутизації та блокчейн-верифікацію транспортних транзакцій. Критично важливим висновком дослідження є те, що транспортна координація залишається найбільш фрагментованою ланкою туристичних ланцюгів

постачання – і водночас тією, де цифрові платформи мають найвищий нереалізований потенціал. Зокрема, інтеграція авіаперевезень, залізничного транспорту, трансферів та послуг оренди автомобілів у єдину платформенну екосистему дозволяє скоротити «транзакційні тертя» між ланками маршруту й підвищити загальну якість туристичного досвіду.

Емпіричне дослідження Ку (2025), проведене на вибірці 384 туристичних агентств із застосуванням методу PLS-SEM, розкриває механізм впливу цифрових платформ на конкурентоспроможність туристичних продуктів і стійкість ланцюгів постачання [2]. Ключовим теоретичним внеском роботи є концепція віртуальної інтеграції. Цифрова технологічна співпраця між перевізниками, агентами та туристами через спільні платформи суттєво підвищує здатність транспортно-логістичного ланцюга адаптуватися до збоїв у реальному часі. Цей висновок набуває особливої значущості в контексті постковідної нестабільності туристичних потоків, коли спроможність оперативно перерозподіляти транспортні ресурси та перебудовувати маршрути стала критичною конкурентною перевагою. Автор також доводить, що компетенції цифрової платформенної взаємодії безпосередньо впливають на якість обслуговування клієнтів у транспортній логістиці – зокрема на швидкість реагування на запити, прозорість статусу перевезення та гнучкість у вирішенні нестандартних ситуацій.

Trang et al. (2024) пропонують операційну дорожню карту цифрової трансформації туристичної логістики, в якій транспортна координація через цифрові платформи постає як системоутворюючий елемент, який сполучає всі інші ланки туристичного ланцюга [3]. До впровадження інтегрованих цифрових рішень переваги платформізації вже проявлялися у зниженні транзакційних витрат і підвищенні цінності для кінцевого споживача завдяки консолідації транспортних, розміщувальних і сервісних пропозицій в єдиному інтерфейсі. Дорожня карта, розроблена авторами, охоплює три ключові виміри цифрової трансформації транспортної логістики туризму. По-перше, технологічний, тобто впровадження IoT-моніторингу транспортних засобів, предиктивної аналітики завантаженості маршрутів і динамічного ціноутворення. По-друге, організаційний, тобто стандартизація API-інтерфейсів між регіональними перевізниками та глобальними туристичними платформами. По-третє, регуляторний – формування правових рамок для транскордонного обміну транспортними даними та верифікації цифрових транспортних документів.

Синтез досліджень дозволяє окреслити ключові вектори еволюції цифрових платформ туристичних перевезень у найближчі роки. По-перше, мультимодальна інтеграція поглибитися: платформи нового покоління координуватимуть не лише традиційні види транспорту, а й електромобільні шерингові сервіси, мікромобільність та майбутні рішення повітряного міського транспорту (UAM), формуючи безшовні мультимодальні маршрути від «дверей до дверей». По-друге, ШІ-маршрутизація в реальному часі із урахуванням динаміки попиту, погодних умов і транспортних збоїв стане стандартом платформених рішень, підвищуючи надійність туристичних перевезень. По-третє, цифрові двійники (digital twins) транспортної інфраструктури дестинацій

дозволять платформам моделювати і попереджати перевантаження туристичних транспортних вузлів [4]. Нарешті, стандартизація відкритих транспортних API в рамках міжнародних ініціатив сприятиме подоланню фрагментації між регіональними платформами та глобальними туристичними агрегаторами – що є головним структурним бар'єром на шляху до повністю інтегрованої екосистеми туристичних перевезень.

Ефективна цифрова трансформація туристичної транспортної логістики потребує не лише вдосконалення алгоритмів маршрутизації чи розгортання IoT-інфраструктури, а й вироблення інституційних угод, які перетворюють конкуруючих гравців на учасників спільної координаційної екосистеми. Доти, доки ця інституційна умова залишатиметься нереалізованою, технологічний потенціал інтеграції не перетвориться на реальний здобуток туристичної галузі.

Цифрові платформи трансформували транспортну логістику туризму від фрагментованого ринку незалежних перевізників до інтегрованих координаційних екосистем, які керують мультимодальними туристичними маршрутами в режимі реального часу. Luu et al. документують системний характер цієї трансформації в контексті Industry 4.0, фіксуючи транспортну координацію як найбільш перспективну для цифрової інтеграції ланку туристичних ланцюгів постачання. Ку емпірично доводить, що віртуальна інтеграція через цифрові платформи є вирішальним чинником гнучкості та стійкості транспортно-логістичних ланцюгів. Trang et al. пропонують практичну дорожню карту цифрової трансформації, що охоплює технологічний, організаційний і регуляторний виміри. Ефективність туристичних перевезень сьогодні визначається не стільки якістю окремих перевізників, скільки зрілістю цифрових платформ, що їх координують. Подолання фрагментації платформених екосистем і стандартизація транспортних API є пріоритетним завданням для подальшого розвитку туристичної транспортної логістики.

Список літератури

1. Luu N. T. M., Pham T. H., Siriwardana A., Nguyen L. C., Tran D. L. A. A bibliometric review of digitalization in tourism supply chains in the context of Industry 4.0. *Strategic Change*. 2025. Vol. 34. P. 577–595. DOI: 10.1002/jsc.2639.
2. Ku E. C. Tourism digital transformation and future supply chain competition: an integrated perspective on real options theory and digital competencies. *Journal of Tourism Futures*. 2025. Vol. 11, No. 2. P. 240–260. DOI: 10.1108/JTF-10-2023-0232.
3. Trang P. H., Nam V., Nguyen H. L. D., Le T. L., Dang-Pham D. Sustaining the Future of Tourism Logistics Through Digital Technologies: A Roadmap for Digital Transformation. *Transforming Logistics in a Developing Nation* / eds. McDonald S. D., Kim Ngo M. D. Singapore: Palgrave Macmillan, 2024. DOI: 10.1007/978-981-97-7819-5_14.
4. Vasyurenko, L., Kuksa, I., & Danylenko, V. Ordering logistics management of professional standard attribution of the higher education specialist. *International Journal of Supply and Operations Management*. 2019. Vol.6. No. 4, P. 389-394. DOI:10.22034/2019.4.7

УДК 656.1.05:004.8

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АЛГОРИТМИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СВІТЛОФОРАМИ В КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНОГО МІСТА

Крайнюк О.В., к.т.н., доц.
Яковлева А.С., здобувач, РВО бакалавр
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, alenauvarova@ukr.net

Анотація. У роботі розглянуто підходи до створення інтелектуальних систем адаптивного управління світлофорами в межах концепції Smart City. Запропоновано гібридний алгоритм на основі нечіткої логіки та нейронних мереж, що дозволяє оптимізувати транспортні потоки в умовах динамічної зміни трафіку. Описано ієрархічну архітектуру з використанням периферійних обчислень та автономних блоків верифікації для забезпечення кіберстійкості критичної інфраструктури міста. Результати підтверджують можливість зниження часу очікування в чергах при збереженні високого рівня безпеки руху.

Ключові слова: адаптивне управління, світлофорний об'єкт, кібербезпека, нечітка логіка, нейронна мережа, периферійні обчислення, Smart City

Сучасні мегаполіси стикаються з критичним зростанням навантаження на транспортні мережі. Стрімка урбанізація та постійне розширення автопарку призводять до виникнення хронічних заторів, значних втрат часу, підвищеного споживання палива та зростання викидів вуглецю, що зумовлює значні економічні та екологічні втрати для великих міст [1, 2, 3]. Дослідження показують, що традиційні системи керування світлофорами з фіксованими часовими інтервалами вичерпали свій ресурс ефективності. Такі жорсткі методи регулювання не здатні адекватно відповідати нелінійній та стохастичній природі міського трафіку, що прямо погіршує пропускну здатність доріг та рівень безпеки [4, 5].

Це зумовило перехід до концепції розумного міста, де інтеграція штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) та інтелектуальних транспортних систем стає ключовою парадигмою для забезпечення сталого розвитку та екологічної стабільності [6]. Сучасні наукові підходи до розв'язання цих проблем пропонують використання алгоритмів підкріплювального навчання та систем комп'ютерного зору для оцінки щільності потоку в реальному часі, що дозволяє динамічно змінювати фази світлофора відповідно до реальної потреби [7, 8]. Особливої актуальності набуває поєднання таких інтелектуальних рішень із розподіленими периферійно-хмарними архітектурами, що гарантує стабільність управління навіть в умовах критичних навантажень на інфраструктуру міста [9]. Розробка систем, які поєднують адаптивність із високим рівнем кіберстійкості, є стратегічним завданням для сучасної транспортної галузі.

Сучасне бачення розвитку мегаполісів базується на ідеї побудови «розумного міста», де управління всіма життєво важливими процесами реалізується через об'єднання цифрових технологій та мережі фізичних

пристроїв. Однією з найскладніших ділянок у цій системі є організація дорожнього руху, оскільки стрімке зростання кількості автомобілів призводить до перевантаження вулиць та виникнення заторів. Вирішальну роль у розв'язанні цих проблем відіграють інтелектуальні транспортні системи, що являють собою сукупність засобів зв'язку та обчислювальних потужностей, які перетворюють звичайні дороги на кероване інформаційне середовище. Такі системи дозволяють не просто спостерігати за потоками машин, а й активно впливати на їхню динаміку в режимі реального часу.

Основними завданнями розумних транспортних мереж є покращення пропускної здатності доріг, підвищення рівня безпеки та турбота про екологію через зменшення часу роботи двигунів на холостому ходу. Функціонування подібних систем забезпечується взаємодією пристроїв збору даних, як-от відеокамер чи сенсорів, з обчислювальними центрами, де алгоритми приймають рішення щодо зміни режимів роботи світлофорів. Світова практика вже має приклади впровадження таких рішень, зокрема системи SCOOT та SCATS. Система SCOOT базується на безперервному моніторингу черг та математичному прогнозуванні затримок транспорту. Натомість SCATS аналізує ступінь насиченості перехрестя в режимі реального часу, завершуючи фазу раніше, якщо датчики фіксують прогалини між машинами.

Впровадження адаптивного управління дозволяє значно розвантажити критичні вузли транспортної мережі міста. Однак більшість класичних систем не мають вбудованих засобів активного захисту від цифрових втручань. Тому моделювання інтелектуальної архітектури, яка поєднує ефективні алгоритми керування з механізмами стабільності, є логічним продовженням розвитку існуючих технологій. Це дозволяє не лише оптимізувати рух, а й гарантувати надійність роботи міських сервісів у сучасних умовах.

Традиційні жорсткі цикли перемикання світлофорів не здатні врахувати нерівномірність транспортних потоків, що змінюються протягом доби. Розроблений у роботі алгоритм пропонує принципово інший підхід, який базується на інтелектуальному аналізі поточного стану черг та динамічному прогнозуванні руху. Його основною ідеєю є повна відмова від фіксованих часових інтервалів на користь динамічного подовження або скорочення дозвільного сигналу залежно від реальної потреби в конкретний момент часу. Процес прийняття рішення системою розділений на кілька послідовних етапів: від збору первинних даних до фінальної перевірки безпеки сформованої команди.

Для визначення пріоритетності кожного напрямку руху в алгоритмі застосовується апарат нечіткої логіки. Система аналізує такі вхідні змінні, як довжина черги перед стоп-лінією, інтенсивність прибуття нових автомобілів та час очікування першої машини під заборонним сигналом. На основі бази правил типу «якщо черга на поточному напрямку велика, а на перехресному – мала, то подовжити дію зеленого світла» контролер визначає значення ΔT – додатковий час, необхідний для ефективного розвантаження перехрестя.

Важливою особливістю системи є використання нейронної мережі, яка дозволяє реалізувати проактивне управління. Якщо нечіткий контролер реагує

на ситуацію, що вже виникла, то нейромережа аналізує накопичений історичний досвід експлуатації конкретного вузла. Наприклад, якщо щопонеділка о 08:30 спостерігається різке зростання потоку з одного боку, мережа заздалегідь готує систему до зміни режиму, не чекаючи критичного накопичення машин (рис. 1).

Для кращого розуміння роботи цього інтелектуального алгоритму, ми розробили блок-схему, яка наочно демонструє послідовність процесів та взаємодію основних компонентів системи.

Оскільки інтелектуальні алгоритми можуть бути вразливими до помилок або зовнішніх впливів, до структури управління інтегровано автономний блок перевірки безпеки. Він виступає в ролі останнього фільтра, який аналізує сформовану команду (як реактивну, так і проактивну) на відповідність жорстким правилам дорожнього руху. У разі, якщо команди від нейромережі суперечать правилам безпеки (наприклад, виникає спроба одночасного ввімкнення зеленого світла для перехресних напрямків), система автоматично блокує виконання такої команди та переходить у безпечний режим. Таке поєднання «інтелекту» та «захисту» гарантує стабільну роботу інфраструктури в будь-яких умовах.

Проектована архітектура системи базується на ієрархічній трирівневій моделі, яка дозволяє ефективно поєднати високу швидкість реакції на локальні події з можливістю глобальної оптимізації трафіку в масштабах усього міста. Перший рівень, який відповідає за збір даних, складається з мережі інтелектуальних сенсорів, таких як відеокамери з вбудованою аналітикою, індукційні петлі та радары, що безпосередньо фіксують параметри транспортного потоку на кожній смузі руху (рис. 1). Ці пристрої виступають джерелом первинної інформації про довжину черг та інтенсивність прибуття автомобілів, яка в захищеному вигляді передається для подальшого аналізу.

Середній рівень архітектури представлений дорожнім контролером нового покоління, який є основним вузлом для розгортання інтелектуальних алгоритмів та блоків верифікації безпеки. Використання концепції периферійних обчислень (Edge Computing) є стратегічною особливістю системи, оскільки це дозволяє перенести основні обчислювальні потужності безпосередньо до місця регулювання. Завдяки такому підходу контролер здатний приймати самостійні рішення в режимі реального часу, забезпечуючи стабільну роботу світлофорного об'єкта в адаптивному режимі навіть за умов повної відсутності зв'язку з центральним сервером або під час цілеспрямованих кібератак на канали комунікації.

Верхній рівень системи реалізований на базі хмарної платформи розумного міста, яка виконує роль координаційного центру та сховища великих даних. На цьому рівні відбувається навчання нейронних мереж на основі накопиченого досвіду та здійснюється глобальна координація «зелених хвиль» між сусідніми перехрестями для забезпечення максимальної пропускної здатності магістралей. Взаємодія між рівнями через захищені канали зв'язку дозволяє створити стійку до відмов структуру, де кожен сегмент мережі

зберігає свою функціональність при збереженні керованості всією транспортною інфраструктурою міста.

Для об'єктивного оцінювання якості функціонування розробленого алгоритму була визначена система критеріїв, серед яких головним завданням є знаходження оптимального балансу між пропускнуою здатністю перехрестя та часовими втратами учасників руху. Основним показником ефективності в даному дослідженні обрано мінімізацію сумарних затримок транспортних засобів, що безпосередньо корелює з економічною вигодою та покращенням екологічного стану міського середовища. Крім того, алгоритм постійно контролює довжину черги на кожній смузі, надаючи пріоритет тим напрямкам, де накопичення машин наближається до критичної позначки, що дозволяє уникнути блокування сусідніх перехресть.

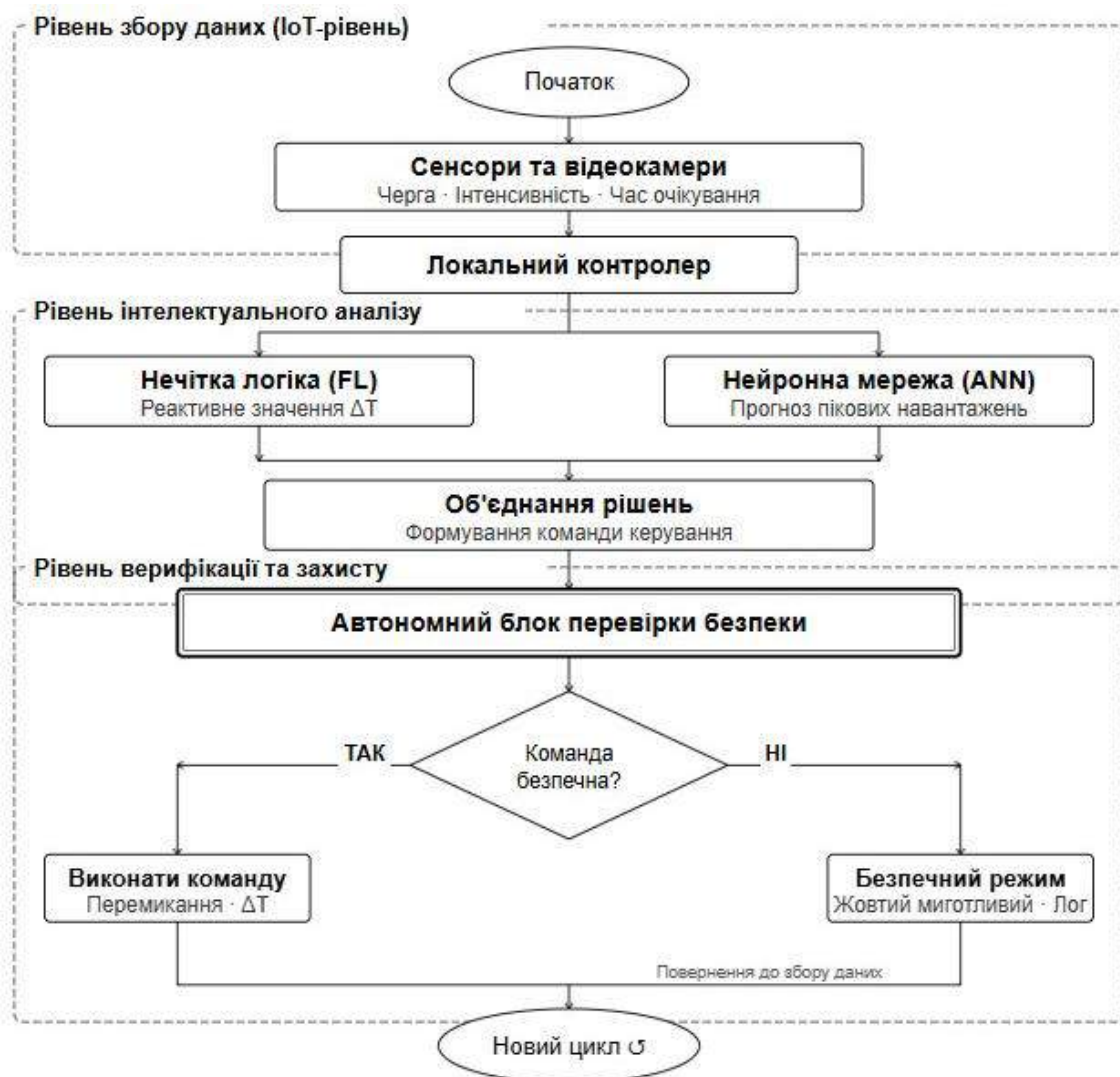


Рисунок 1. Алгоритм багаторівневого адаптивного управління світлофорним об'єктом із вбудованою верифікацією безпеки

Результати проведеного дослідження підтверджують, що впровадження інтелектуального адаптивного управління дозволяє досягти суттєвого зниження середнього часу очікування в чергах орієнтовно на 15-20% порівняно з традиційними методами жорсткого регулювання. Важливо підкреслити, що

таке підвищення пропускної здатності відбувається одночасно з посиленням кіберстійкості критичної інфраструктури міста. Завдяки використанню автономного блоку перевірки безпеки та криптографічних протоколів, система залишається захищеною від спроб підміни даних або несанкціонованого доступу.

У підсумку можна зазначити, що розроблена трирівнева архітектура на базі периферійних та хмарних обчислень створює надійні умови для масштабування системи в межах усього мегаполіса. Гібридний алгоритм на основі нечіткої логіки та нейронних мереж забезпечує необхідну гнучкість та проактивність управління, роблячи транспортну мережу не лише «розумнішою», а й значно безпечнішою для всіх учасників дорожнього руху.

Список літератури

1. Damadam S., Zourbakhsh M., Javidan R., Faroughi A. An Intelligent IoT Based Traffic Light Management System: Deep Reinforcement Learning. *Smart Cities*. 2022. Vol. 5, № 4. P. 1312–1327. DOI: <https://doi.org/10.3390/smartcities5040066>.
2. Skoropad V., Dedanski S., Pantović V., Injac Z. [et al.]. Dynamic Traffic Flow Optimization Using Reinforcement Learning and Predictive Analytics: A Sustainable Approach to Improving Urban Mobility in the City of Belgrade. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, № 8. P. 3383. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17083383>.
3. Puzio E., Drożdż W., Kolon M. The Role of Intelligent Transport Systems and Smart Technologies in Urban Traffic Management in Polish Smart Cities. *Energies*. 2025. Vol. 18, № 10. P. 2580. DOI: <https://doi.org/10.3390/en18102580>.
4. Lilhore U., Imoize A., Li C., Simaiya S. [et al.]. Design and Implementation of an ML and IoT Based Adaptive Traffic-Management System for Smart Cities. *Sensors*. 2022. Vol. 22, № 8. P. 2908. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22082908>.
5. Abd S., Azooz H., Ibrahim B., Jasim O. Using Internet of Things and Artificial Intelligence Applications to Design a Smart Traffic System. *International Journal on Science and Technology*. 2025. Vol. 16, № 3. P. 6981. DOI: <https://doi.org/10.71097/ijst.v16.i3.6981>.
6. Zhang L., Zhou Z., Yi B., Wang J. [et al.]. Edge–Cloud Framework for Vehicle–Road Cooperative Traffic Signal Control in Augmented Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*. 2025. Vol. 12. P. 5488–5499. DOI: <https://doi.org/10.1109/jiot.2024.3487538>.
7. Hazarika A., Choudhury N., Nasralla M., Khattak S. [et al.]. Edge ML Technique for Smart Traffic Management in Intelligent Transportation Systems. *IEEE Access*. 2024. Vol. 12. P. 25443–25458. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2024.3365930>.
8. Raza M., Kazmi M., Kidwai H., Khan H. [et al.]. An Edge-Deployed Real-Time Adaptive Traffic Light Control System Using YOLO-Based Vehicle Detection and PCE-Aware Density Estimation. *IEEE Access*. 2025. Vol. 13. P. 153586–153613. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2025.3602844>.
9. Ma Y., Wang C., Fu T. [et al.]. The analysis of acquisition system for electronic traffic signal in smart cities based on the internet of things. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. P. 20628. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-07423-6>.

УДК 681.03

ЗАДАЧА ПРОЕКТУВАННЯ ТЕРМІНАЛЬНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (ІОТ)

Плугіна Т.В., к.т.н., доц.
Авдєєв В., здобувач РВО бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, plutan2016@ukr.net

Анотація. Проведено дослідження задачі проектування термінальних логістичних систем на базі технології Інтернету речей (ІоТ). Визначено основні вимоги щодо компонентів термінальної системи на базі ІоТ. Обґрунтовано вибір компонентів ІоТ (**датчики, комунікаційні елементи, програмне забезпечення**), що збирають, передають і аналізують інформацію з фізичних об'єктів.

Ключові слова: вибір, додатки, інтерфейс, інструментарій, компоненти, комунікації, логістика, термінальна система, технології, мережа

Ефективне керування логістичним процесом та інтенсифікація термінальних операцій це актуальне завдання сучасності, що може бути вирішено виключно інтелектуальними додатками та сучасними компонентами збору та передавання інформації [1].

Об'єкт дослідження – термінальні системи. Предмет дослідження – моделі проектування термінальної системи на базі ІоТ. Метою роботи є підвищення ефективності керування термінальними логістичними системами за рахунок раціонального вибору компонентів технології ІоТ. Задачі роботи: проаналізувати сучасні технічні пристрої щодо керування термінальними системами та обґрунтувати методи вибору компонентів термінальної системи на базі ІоТ.

Властивості Інтернет технологій та Інтернету речей поєднують комплексні рішення фізичних пристроїв (складські термінали) з мережею Інтернет для обміну інформацією між учасниками логістичного процесу [2].

Задача проектування термінальних систем базується на виборі сенсорів, пристроїв зв'язку та програмного забезпечення. Аналіз досліджень цього напрямку показує недостатність вивчення принципів системного синтезу та методів математичного моделювання при виборі компонентів термінальних систем на базі ІоТ. Компоненти термінальних систем мають суперечливий характер параметрів. Постає питання декомпозиції загальної задачі проектування термінальної системи на підзадачі.

Також поширюється тенденція поєднання традиційних алгоритмів управління термінальними системами з методами штучного інтелекту, що використовується для розв'язання завдань з невизначеністю вихідної інформації. А так як сучасні складські термінали України працюють у мінливих умовах, то тенденція впровадження інтелектуальних систем на базі ІоТ вказує на актуальність даного напрямку дослідження та зацікавленість замовників. Інтернет речей означає матеріальні об'єкти, підключені до Інтернету. У

логістиці впровадження IoT-технологій дає змогу вирішувати такі проблеми, як зниження вартості вантажоперевезення та затримки у транспорті, підвищення прозорості транспорту та мінімізацію впливу людського фактора [3].

Впровадження Інтернету речей (IoT) потребує пристроїв із датчиками, комунікаційними компонентами (Wi-Fi, Bluetooth, стільникові мережі) та програмним забезпеченням для обробки даних (хмарні платформи, додатки). Збирають, передають і аналізують інформацію з фізичних об'єктів наступні компоненти: сенсори навколишнього середовища; актуатори виконують дії на основі команд; контролер обробляє дані сенсорів; комунікації використовуються для передачі даних від пристроїв до інших систем; шлюзи допомагають підключати пристрої до хмари.

Обробка даних ведеться за наступними компонентами: хмарні платформи; аналітика та візуалізація; інтерфейс користувача: програми, які дозволяють користувачу взаємодіяти з системою, переглядати дані та керувати пристроями. За вимогами щодо реалізації технології IoT у термінальних системах формуються задачі даного дослідження. Необхідно обрати компоненти термінальної логістичної системи на базі IoT, які підвищать ефективність робочих операцій з урахуванням заданих критеріїв та обмежень. Базовим методом процесу проектування є метод багатокритеріальної оцінки та оптимізація параметрів компонентів термінальної системи на базі IoT [4].

Приклад показників, критеріїв та обмежень вибору сенсору, приймача IoT та терміналу збору даних на базі IoT наведено на рис.1.

Показники, критерії та обмеження вибору сенсору

Показники	Критерії	Обмеження
Надійність	$N^T = \max \sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} N_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow}$	$\sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} N_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow} \geq N_3^T$
Діапазон виміру	$D^T = \max \sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} D_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow}$	$\sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} D_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow} \geq D_3^T$
Точність	$Q^T = \max \sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} Q_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow}$	$\sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} Q_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow} \geq Q_3^T$
Коефіцієнт перетворення	$KP^T = \max \sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} KP_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow}$	$\sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} KP_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow} \geq KP_3^T$
Температурний діапазон	$TD^T = \max \sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} TD_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow}$	$\sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} TD_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow} \leq TD_3^T$
Вага	$P^T = \min \sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} P_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow}$	$\sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} P_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow} \leq P_3^T$
Вартість	$C^T = \min \sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} C_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow}$	$\sum_{o=1}^{O^T} \sum_{w=1}^{W^T} C_{3ow} \cdot \tilde{X}_{3ow} \leq C_3^T$

Показники, критерії та обмеження для вибору терміналу збору даних на базі IoT

Показники	Критерії	Обмеження
Об'єм пам'яті	$OP = \max \sum_{i=1}^{I^T} OP_i^M \cdot x_i$	$\max \sum_{i=1}^{I^T} OP_i^M \cdot x_i \geq OP_{300}$
Тактова частота	$PC = \max \sum_{i=1}^{I^T} PC_i^M \cdot x_i$	$\max \sum_{i=1}^{I^T} PC_i^M \cdot x_i \geq PC_{300}$
Швидкість передачі даних	$A = \max \sum_{i=1}^{I^T} A_i^M \cdot x_i$	$\max \sum_{i=1}^{I^T} A_i^M \cdot x_i \geq A_{300}$
Дальність сканування	$PZ = \max \sum_{i=1}^{I^T} PZ_i^M \cdot x_i$	$\max \sum_{i=1}^{I^T} PZ_i^M \cdot x_i \geq PZ_{300}$
Вартість	$B = \min \sum_{i=1}^{I^T} B_i^M \cdot x_i$	$\min \sum_{i=1}^{I^T} B_i^M \cdot x_i \leq B_{300}$

Показники, критерії та обмеження вибору приймача IoT

Показник	критерії	обмеження
Час ініціалізації	$U = \min \sum_{j=1}^{J^T} U_j^M \cdot x_j$	$\sum_{j=1}^{J^T} U_j^M \cdot x_j \geq U_{300}$
Точність позиціонування	$P = \min \sum_{j=1}^{J^T} P_j^M \cdot x_j$	$\sum_{j=1}^{J^T} P_j^M \cdot x_j \geq P_{300}$
Кількість каналів	$O = \max \sum_{j=1}^{J^T} O_j^M \cdot x_j$	$\sum_{j=1}^{J^T} O_j^M \cdot x_j \leq O_{300}$
Вага	$B\Gamma = \min \sum_{j=1}^{J^T} B\Gamma_j^M \cdot x_j$	$\sum_{j=1}^{J^T} B\Gamma_j^M \cdot x_j \geq B\Gamma_{300}$
Вартість	$B = \min \sum_{j=1}^{J^T} B_j^M \cdot x_j$	$\sum_{j=1}^{J^T} B_j^M \cdot x_j \geq B_{300}$

Рис. 1. Приклад показників, критеріїв та обмежень вибору компонентів IoT

Розроблені моделі універсальні та адаптуються при розширенні функціональних можливостей термінальних систем.

Необхідно обрати основні компоненти сенсорного вузла: тип сенсорів залежить від функцій, що виконують бездротові сенсорні мережі. Сенсори виконують роль інтерфейсу між периферійним рівнем та засобами IoT через мережу зв'язку. Вид приймача сигналів IoT визначається за критеріями: час ініціалізації; кількість каналів; точність позиціонування; вага, вартість (рис.2).

Показники	Відстань спрацювання, мм	Вартість, \$	Вага, г	Температурний діапазон, С°	Точність, ±мм
JHEN J8-D2NK/L1	6	29,12	160	70	0,5
Omron TL-Q5MC1	2	28,9	200	60	0,8
Caoren LJA12M-6N1	1	29,79	200	60	1
Omron TL-Q3MC1	5	31,2	160	65	0,7
Caoren LJA12M-2N1	6	34,5	120	70	0,7
λ	0,2	0,3	0,15	0,18	0,17
Найкращий	6	28,9	120	70	0,5
Найгірший	1	34,5	200	60	1

Критерії	JHEN J8-D2NK/L1	Omron TL-Q5MC1	Caoren LJA12M-6N1	Omron TL-Q3MC1	Caoren LJA12M-2N1
Максимальна відстань спрацювання, мм	1,00	0,20	0,00	0,80	1,00
Мінімальна вартість	0,96	1	0,84	0,59	0,00
Мінімальна вага	0,50	0,00	0,00	0,50	1,00
Максимальний температурний діапазон	1,00	0,00	0,00	0,50	1,00
Максимальна точність	1,00	0,40	0,00	0,60	0,60
Узагальнений критерій	0,91	0,41	0,25	0,60	0,632

Тип приймача GPS / Показник	Leica GR50	Zeno FLX100	System Net Rover	Emlid Reach RS2
Час ініціалізації, с	10	8	9	5
Кількість каналів	555	184	555	72
Точність позиціонування, см	0,5	0,7	0,3	0,9
Вага, кг	2,01	0,313	1,020	0,9
Вартість, тис. грн	297	139	197	80

Тип приймача GPS / Показник	Leica GR50	Zeno FLX100	System Net Rover	Emlid Reach RS2	Коеф. вагомості
Час ініціалізації, с	0	0,4	0,2	1	0,2
Кількість каналів	1	0,231	1	0	0,15
Точність позиціонування, см	0,666	0,333	1	0	0,3
Вага, кг	0	1	0,583	0,654	0,15
Вартість, тис. грн	0	0,728	0,46	1	0,2
Цільова функція	0,349	0,51	0,669	0,49	

Рис. 2. Реалізація вибору сенсору та приймача сигналів

Безпроводові сенсорні мережі термінальної системи орієнтовані на передачу даних технологіями ZigBee і ZigBeePro; Bluetooth; WHart і ISA.

Основою безпроводних сенсорних мереж є стандарт IEEE802.15.4. Технології працюють з різними протоколами верхнього рівня моделі OSI. Стеки протоколів технологій розроблені на базі єдиного стандарту LR WPAN IEEE802.15.4.

Необхідно визначити вид терміналу збору даних IoT за критеріями: об'єм пам'яті, тактова частота, швидкість передачі даних, дальність сканування, вартість. На рисунку 3 наведено реалізацію вибору терміналу збору даних IoT за розробленими моделями.

Архітектура схеми роботи логістичного терміналу на базі IoT визначає базові інтерфейси: між базовим і прикладним програмним забезпеченням; між базовим програмним і апаратним забезпеченнями (датчики, актуатори, комунікаційний вузол); між вузлами мережі – безпроводові або проводові інтерфейси; між сенсорною мережею та зовнішнім середовищем (провайдери, користувачі).

Тип терміналу/показники	i-Data T3Pro8/28	Zebra TC22	Zebra TC27	Zebra MC330	Найкр. показник	Найгірш. показник	Коеф. вагом
Тактова частота процесору, ГГц	2,2	2,1	2,4	1,8	2,4	1,8	0,2
Пам'ять ОЗУ, Гб	8	6	8	4	8	4	0,05
Пам'ять Flash, Гб	128	64	128	32	128	32	0,05
Дальність сканування, м	1	5	7	20	20	1	0,35
Швидкість передачі даних, Мбіт/с	1800	2400	2500	1440	2500	1440	0,15
Вага, г	258	220	240	195	195	258	0,05
Вартість, грн	27778	34728	40279	93329	27778	93329	0,15

Тип терміналу/показники	i-Data T3Pro8/28	Zebra TC22	Zebra TC27	Zebra MC330	Коеф. вагом
Тактова частота процесору, ГГц	0,333	0,5	0	1	0,2
Пам'ять ОЗУ, Гб	0	0,5	0	1	0,05
Пам'ять Flash, Гб	0	0,667	0	1	0,05
Дальність сканування, м	1	0,789	0,684	0	0,35
Швидкість передачі даних, Мбіт/с	0,66	0,094	0	1	0,15
Вага, г	1	0,397	0,714	0	0,05
Вартість, грн	0	0,11	0,2	1	0,15
Цільова функція	0,566	0,4846	0,304	0,6	

Рис. 3. Вибір терміналу збору даних

Мережі проектуються з мініатюрних електронних пристроїв з датчиками, актуаторами і трансіверами. Сенсорний вузол має: процесор, пам'ять (флеш, оперативна), приймач радіосигналів, цифро-аналогові і аналого-цифрові перетворювачі, джерело живлення, актуатори, сенсори.

Ефективне проектування термінальних систем на базі IoT та інтелектуальних послуг надає алгоритмам керування доступ для спільного використання усіма учасниками логістичного процесу, прискорення робочих операцій, обробки інформаційних потоків, оперативності прийняття рішень.

Список літератури

- Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник / В. А. Кашканов, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 104 с.
- Жураковський Б. Ю. Технології інтернету речей: навч. посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізація «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.
- Іскович-Лотоцький, Р. Д. Обладнання автоматизованих виробництв. Ч.2. Автоматичні лінії. Гнучкі виробничі системи. Транспортно-завантажувальні пристрої: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжілевський – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 155 с.

УДК 338.2

ІННОВАЦІЙНІ БІЗНЕС-МОДЕЛІ У ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ НА ОСНОВІ ЦИФРОВИХ ЕКОСИСТЕМ

Осадчий М.Л., здобувач РВО PhD

Одеський національний економічний університет
М. Одеса, Україна, maksymosadchyi1998@gmail.com

Анотація. У роботі досліджено особливості формування інноваційних бізнес-моделей у сфері водного транспорту на основі цифрових екосистем. Обґрунтовано роль цифрових технологій у трансформації традиційних підходів до організації транспортно-логістичної діяльності та створенні нової цінності для споживачів. Розкрито сутність цифрових екосистем як інтегрованого середовища взаємодії учасників ринку, що забезпечує ефективний обмін даними, оптимізацію процесів і підвищення прозорості операцій. Визначено ключові елементи інноваційних бізнес-моделей, включаючи цифрові платформи, технологічні рішення, партнерські мережі та нові підходи до формування ціннісної пропозиції. Узагальнено вплив цифровізації на підвищення конкурентоспроможності підприємств водного транспорту та їх інтеграцію у глобальні логістичні системи. Запропоновано концептуальну схему цифрової екосистеми як основи формування сучасних бізнес-моделей у галузі.

Ключові слова: водний транспорт, бізнес-модель, цифрова екосистема, цифровізація, логістика, інновації, транспортна інфраструктура, цифрові платформи, конкурентоспроможність, управління

Стрімкий розвиток цифрових технологій, трансформація глобальних ланцюгів постачання та зростання ролі даних як стратегічного ресурсу обумовлюють необхідність глибокого переосмислення традиційних підходів до організації бізнесу у сфері водного транспорту. У цих умовах класичні моделі функціонування підприємств, орієнтовані переважно на виконання транспортних операцій, виявляються недостатньо ефективними, оскільки не забезпечують необхідного рівня гнучкості, інтегрованості та клієнтоорієнтованості. Саме тому особливої актуальності набуває формування інноваційних бізнес-моделей, що базуються на принципах цифрових екосистем, які дозволяють об'єднувати різних учасників ринку у межах єдиного інформаційно-технологічного середовища. Водний транспорт у цьому контексті виступає не лише як інфраструктурна основа перевезень, але і як платформа для розвитку складних логістичних взаємодій, що потребують високого рівня координації, прозорості та технологічної підтримки.

Цифрові екосистеми у сфері водного транспорту слід розглядати як комплексні інтегровані структури, що забезпечують взаємодію між портами, судноплавними компаніями, логістичними операторами, клієнтами, фінансовими установами та державними органами на основі єдиних цифрових рішень. На відміну від фрагментованих систем управління, які характерні для традиційної моделі, екосистемний підхід передбачає формування єдиного інформаційного простору, в якому здійснюється безперервний обмін даними, синхронізація операцій та координація рішень [1]. Це дозволяє значно підвищити ефективність логістичних процесів, скоротити часові витрати на

обробку вантажів, мінімізувати ризики помилок і забезпечити високий рівень прозорості для всіх учасників процесу. Крім того, цифрові екосистеми створюють передумови для формування нових джерел доходів, пов'язаних із наданням інформаційних і аналітичних послуг.

Інноваційні бізнес-моделі, що формуються на основі цифрових екосистем, характеризуються суттєвою трансформацією ключових елементів створення цінності у водному транспорті. Насамперед змінюється сама природа ціннісної пропозиції, яка виходить за межі традиційних транспортних послуг і включає широкий спектр цифрових сервісів, таких як інтегроване управління перевезеннями, онлайн-бронювання, відстеження вантажів у реальному часі, прогнозування затримок і оптимізація маршрутів [2]. Це дозволяє підприємствам переходити від операційної моделі до сервісно-орієнтованої, де ключовим фактором конкурентоспроможності стає здатність забезпечити комплексне вирішення потреб клієнта. Водночас змінюється і характер взаємодії з клієнтами, який стає більш персоналізованим, динамічним і орієнтованим на довгострокові відносини, що значно підвищує рівень лояльності та задоволеності споживачів.

Технологічна основа цифрових екосистем формується за рахунок інтеграції сучасних інструментів, таких як хмарні обчислення, Інтернет речей, великі дані, блокчейн і штучний інтелект, що забезпечують автоматизацію процесів, підвищення точності управлінських рішень і створення нових можливостей для розвитку бізнесу. Використання Інтернету речей дозволяє здійснювати постійний моніторинг стану вантажів, суден і портової інфраструктури, що підвищує рівень безпеки та ефективності перевезень. Застосування технологій великих даних і штучного інтелекту відкриває можливості для глибокого аналізу логістичних процесів, прогнозування попиту та оптимізації використання ресурсів. Водночас блокчейн забезпечує прозорість і надійність транзакцій, що є особливо важливим у міжнародних перевезеннях, де довіра між учасниками відіграє ключову роль. У сукупності ці технології формують основу нової цифрової парадигми управління водним транспортом.

Важливою складовою інноваційних бізнес-моделей є розвиток партнерських мереж, які забезпечують функціонування цифрових екосистем і створення синергетичного ефекту від взаємодії учасників. У межах таких мереж підприємства водного транспорту перестають діяти ізольовано і стають частиною ширшої системи, де кожен учасник виконує певну функцію у процесі створення цінності [3]. Це сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів, розширенню ринків збуту і формуванню нових бізнес-можливостей. Особливо важливим є те, що цифрові екосистеми дозволяють швидко адаптуватися до змін зовнішнього середовища, забезпечуючи гнучкість і стійкість бізнес-моделей у довгостроковій перспективі.

Узагальнення ключових елементів інноваційної бізнес-моделі у водному транспорті на основі цифрових екосистем доцільно представити у вигляді концептуальної схеми (рис.1.). Запропонована схема відображає взаємозв'язок між технологічними, організаційними та економічними елементами



Рис.1. Цифрова екосистема водного транспорту

Джерело: запропоновано автором

Вона демонструє, що ефективність таких моделей залежить від рівня інтеграції учасників, використання сучасних технологій і здатності створювати нову цінність для клієнтів.

Таким чином, інноваційні бізнес-моделі у водному транспорті на основі цифрових екосистем є перспективним напрямом розвитку галузі, що дозволяє підвищити ефективність функціонування підприємств, забезпечити їх конкурентоспроможність і інтеграцію у глобальні логістичні мережі. Вони формують нову парадигму управління, що базується на даних, партнерстві та інноваціях, і створюють передумови для сталого розвитку водного транспорту України. У перспективі подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку практичних механізмів впровадження цифрових екосистем, оцінку їх ефективності та визначення оптимальних моделей взаємодії між учасниками ринку.

Список літератури

1. Марценюк В. В., Марценюк М. В. Цифрова трансформація логістики у зовнішньоекономічній діяльності: виклики та перспективи. Підприємництво та інновації. 2025. № 34. С. 246-249.
2. Осадчий М. Л. Трансформація підприємницьких моделей водного транспорту України. *Економіка та суспільство*. 2025. № 82.
3. Осадчий М.Л. Адаптація міжнародних стандартів у публічному управлінні морськими портами України. *Вісник Полтавського державного аграрного університету. Серія «Публічне управління та адміністрування»*. 2025. №4, С. 21-30.

УДК 681.5

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ

Ковальчук Д.М., PhD

Лаворько І. Д., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, kovalchuk.mitia@gmail.com

Анотація. У роботі комп'ютерну систему підвищення безпеки керування транспортним засобом. Система базується на використанні мікроконтролерної платформи та сенсорів для автоматичного контролю стану водія, зокрема виявлення парів алкоголю. Реалізовано функції блокування запуску двигуна, світлової та звукової сигналізації, фіксації подій за допомогою вбудованої камери та передачі даних до хмарного середовища. Описано структуру системи, алгоритм її функціонування та принцип роботи на основі безперервного моніторингу. Проведене тестування підтвердило стабільність роботи системи та ефективність реагування на критичні ситуації. Запропонований підхід дозволяє зменшити вплив людського фактора та підвищити рівень безпеки експлуатації транспортних засобів.

Ключові слова: безпека дорожнього руху, транспортний засіб, автоматизована система, мікроконтролер, ESP32-CAM, датчик MQ-3, IoT, хмарні технології, віддалений моніторинг

У сучасних умовах стрімкого розвитку транспортної інфраструктури та зростання кількості транспортних засобів особливої актуальності набуває проблема підвищення безпеки дорожнього руху. Значна частина дорожньо-транспортних пригод пов'язана з людським фактором, зокрема керуванням автомобілем у стані алкогольного сп'яніння. Це створює серйозну загрозу життю та здоров'ю учасників дорожнього руху та потребує впровадження ефективних технічних засобів контролю.

Традиційні методи контролю стану водія, такі як вибіркові перевірки або використання переносних алкотестерів, не забезпечують постійного моніторингу та своєчасного попередження небезпечних ситуацій. У зв'язку з цим виникає потреба у створенні інтелектуальних систем, здатних автоматично контролювати стан водія та оперативно реагувати на ризики. Використання сучасних комп'ютерних технологій, мікроконтролерних платформ та засобів Інтернету речей дозволяє реалізувати такі системи з високим рівнем ефективності.

Метою роботи є розробка комп'ютерної апаратно-програмної системи підвищення безпеки керування транспортним засобом, що забезпечує автоматичне виявлення парів алкоголю, блокування запуску двигуна, фіксацію подій та передачу даних у хмарне середовище.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- провести аналіз технічного завдання та існуючих аналогів;
- здійснити підбір апаратного забезпечення системи;
- розробити структуру схему системи;
- розробити алгоритм функціонування системи;
- провести тестування та здійснити оцінку ефективності системи.

Запропонована система складається з апаратної та програмної частин. Апаратна частина реалізована на базі мікроконтролера ESP32-CAM та включає датчик MQ-3 для визначення концентрації парів алкоголю, модуль аналого-цифрового перетворювача ADS1115, OLED-дисплей, релейний модуль, світлодіодний індикатор і п'єзодинамік. Така конфігурація забезпечує достатню точність вимірювання, низьке енергоспоживання та можливість інтеграції з мережевими сервісами.

Програмна частина забезпечує збір та обробку даних, аналіз їх відповідності допустимим значенням, керування виконавчими пристроями та передачу інформації до хмарної платформи. Для віддаленого моніторингу використовується платформа Blynk, що дозволяє отримувати дані в реальному часі.

Функціонування системи базується на безперервному моніторингу концентрації парів алкоголю. У разі перевищення встановленого порогу система активує світлову та звукову сигналізацію, блокує запуск двигуна та здійснює фіксацію події за допомогою вбудованої камери. Отримані дані передаються до хмарного середовища для подальшого аналізу та зберігання. Таким чином забезпечується не лише фіксація, а й попередження небезпечних ситуацій.

У ході роботи було проаналізовано існуючі рішення та визначено їхні недоліки, зокрема орієнтацію переважно на фіксацію подій без їх попередження. Розроблено апаратну структуру системи та обґрунтовано вибір елементної бази. Реалізовано алгоритм функціонування, який забезпечує обробку сенсорних даних, прийняття рішень та взаємодію з виконавчими пристроями і хмарними сервісами. Проведене тестування показало стабільність роботи системи, коректність реагування на критичні значення та надійність передачі даних.

Розроблена комп'ютерна система підвищення безпеки керування транспортним засобом дозволяє ефективно зменшити вплив людського фактора та підвищити рівень безпеки експлуатації автомобілів. Її використання сприяє запобіганню аварійним ситуаціям, пов'язаним із керуванням у стані сп'яніння, та забезпечує можливість віддаленого контролю. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціональних можливостей системи, зокрема впровадження методів аналізу поведінки водія та використання технологій машинного навчання.

Список літератури

1. Босюк П.В. «Безпека дорожнього руху»: конспект лекцій з курсу для студентів спеціальності 6.070106 «Автомобільний транспорт» денної і заочної форми навчання / укл.: П.В. Босюк, В.З. Гудь. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 342 с.
2. Безпека дорожнього руху: навчальний посібник. Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2022. 340 с.
3. Основи керування автомобілем та безпека дорожнього руху: Навч. посібник: для ВНЗ – К.: ВІКНУ, 2011 – 368 с.

УДК 681.5:66.012.1:665.7

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОТОРНОГО ПАЛИВА

Нечитайло Ю.А., к.т.н., доц.
Хілько О.О., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, України, olyahilko202@gmail.com

Анотація. У роботі досліджено теоретичні та практичні аспекти побудови системи автоматизованого керування технологічним процесом виготовлення моторного палива. Обґрунтовано вибір структури регулювання та алгоритмів керування з урахуванням динамічних властивостей об'єкта, визначено доцільні технічні засоби автоматизації та принципи їх інтеграції у єдину інформаційно-керуючу систему підприємства. Імітаційне моделювання, виконане у середовищі MATLAB Simulink, підтвердило ефективність застосування ПД-регулятора для стабілізації основних параметрів процесу. Окрему увагу приділено питанням охорони праці, промислової безпеки та надійності функціонування обладнання в умовах підвищеної вибухо– та пожежонебезпечності.

Ключові слова: моторне паливо, автоматизація, технологічний процес, алгоритми керування, Simulink MATLAB, охорона праці

Сучасний стан розвитку нафтопереробної галузі характеризується постійним зростанням вимог до якості моторних палив, підвищенням екологічних стандартів та необхідністю зниження енергоємності виробництва. Технологічні процеси переробки вуглеводневої сировини відзначаються складністю тепломасообмінних явищ, багатостадійністю та високою чутливістю до відхилень режимних параметрів. За таких умов забезпечення стабільної роботи обладнання та підтримання параметрів у заданих межах неможливе без застосування сучасних систем автоматизованого керування.

Автоматизація технологічних процесів дозволяє реалізувати безперервний моніторинг стану об'єкта, підвищити точність підтримання температури та тиску, зменшити втрати сировини, мінімізувати вплив людського фактора та знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Водночас упровадження автоматизованих систем створює передумови для інтеграції технологічного обладнання в єдине цифрове середовище підприємства, що відповідає сучасним тенденціям розвитку промисловості. У зв'язку з цим розробка системи автоматизованого керування виготовленням моторного палива є актуальним науково-прикладним завданням.

Технологічний процес виготовлення моторного палива є безперервним багатостадійним процесом, що включає підготовку сировини, її підігрів, термохімічну переробку, теплообмінні процеси, ректифікацію, фракціонування, очищення та стабілізацію кінцевого продукту. Узагальнену структурну схему технологічного процесу наведено на рис. 1 [2].



Рис. 1. Технологічний процес виготовлення моторного палива

На початковому етапі відбувається підготовка та підігрів сировини, після чого вона надходить у реактори термічної переробки, де під дією високих температур протікають складні хімічні реакції перетворення вуглеводнів. Продукти реакції проходять через систему теплообмінників, що забезпечує ефективне використання теплової енергії, після чого суміш надходить у ректифікаційні колони для поділу на фракції. Отримані фракції підлягають очищенню та стабілізації, після чого направляються у ємності зберігання.

Обладнання функціонує за температур, що можуть перевищувати 400–500°C, та підвищених тисків. Основними параметрами, що визначають якість перебігу процесу, є температура у реакційних зонах, тиск у технологічних контурах, витрата сировини та рівень рідин у ємностях. Навіть незначні відхилення цих параметрів можуть призвести до порушення технологічного режиму та зниження якості палива.

Для стабілізації технологічних параметрів застосовується замкнений контур автоматичного регулювання, схема якого наведена на рис. 2. Реалізація такого контуру ґрунтується на принципі зворотного зв'язку, відповідно до якого інформація про поточний стан об'єкта передається до програмованого логічного контролера для формування керуючого впливу [1].



Рис. 2. Схема контуру автоматичного керування

Використання сучасних ПЛК із паралельною архітектурою дозволяє ефективно обробляти сигнали від великої кількості датчиків у реальному часі та забезпечувати високу надійність роботи системи керування [3]. Особливості програмування ПЛК для реалізації алгоритмів регулювання можуть бути ефективно реалізовані засобами мови технологічних циклограм, що підвищує наочність та зручність налаштування алгоритмів [7].

Формування керуючої дії в системі здійснюється відповідно до ПД-закону регулювання, що є класичним підходом до керування інерційними об'єктами та широко описаний у сучасній теорії автоматичного керування [1].

$$u(t) = R_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Якість регулювання визначається показниками перехідного процесу, які можуть бути оцінені із застосуванням методів статистичного контролю та аналізу варіацій параметрів [2].

Дослідження динамічних властивостей системи виконано методом імітаційного моделювання у середовищі MATLAB Simulink. Імітаційну модель системи автоматизованого керування наведено на рис. 3.

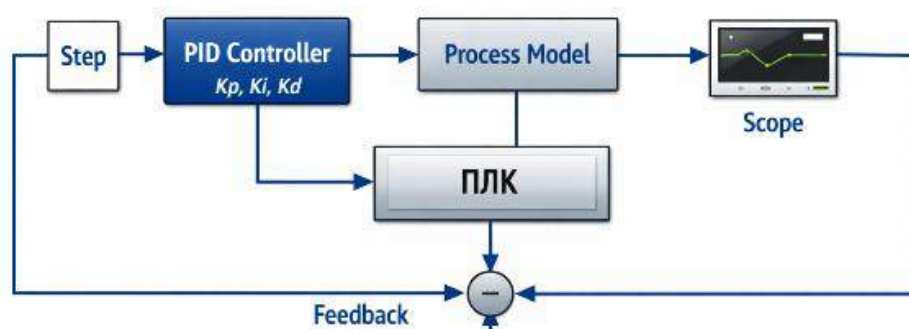


Рис. 3. Імітаційна модель системи автоматизованого керування у Simulink MATLAB

Результатом моделювання стала можливість дослідження перехідних процесів, визначення часу встановлення режиму, оцінювання величини перерегулювання та оптимізації параметрів регулятора.

Загальну архітектуру системи автоматизованого керування, що поєднує вимірювальні пристрої, ПЛК та SCADA-рівень, наведено на рис. 4.

Питання охорони праці регулюються нормативними актами України: Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 року № 2694-XII [4], Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 року № 5403-VI [5], Державна служба України з питань праці. Автоматизована система керування дозволяє реалізувати постійний контроль граничних параметрів та забезпечити функціонування аварійних захисних механізмів.



Рис. 4. Архітектура системи автоматизованого керування

Висока вибухо– та пожежонебезпечність процесу вимагає забезпечення герметичності обладнання, автоматичного контролю граничних параметрів, функціонування систем аварійного відключення, вентиляції та газоаналізу. Упровадження автоматизованої системи керування суттєво підвищує рівень безпеки завдяки безперервному моніторингу стану об'єкта та своєчасному реагуванню на можливі відхилення.

У результаті дослідження розроблено структуру системи автоматизованого керування виготовленням моторного палива, обґрунтовано вибір алгоритмів регулювання та технічних засобів автоматизації. Побудовано математичну модель об'єкта керування та виконано імітаційне моделювання у MATLAB Simulink, що підтвердило ефективність застосування ПІД-регулятора. Запропоновані рішення спрямовані на підвищення надійності, безпеки та якості виробництва.

Список літератури

1. Åström K.J., Murray R.M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. Princeton, 2021.
2. Montgomery D. Introduction to Statistical Quality Control. Wiley, 2019.
3. Tymchuk, S., Piskarev, O., та ін. Expansion of the zone of practical application of PLC with parallel architecture. Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, 2022.
4. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 №2694-XII (зі змінами).
5. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 №5403-VI (зі змінами).
6. НПА ОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском, затверджені наказом Міністерства енергетики та захисту України від 05.03.2018 № 333.
7. Фурман І.О. Метод програмування ПЛК за допомогою мови технологічних циклограм. Вісник ХНТУСГ, 2015.

УДК 004.9:658.7

РОЛЬ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ У ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИКИ ТА МАСШТАБУВАННІ БІЗНЕСУ

Пак А. В. к.т.н., доц.

Парамонов Є. С, здобувач РВО магістр

ННІ «Українська інженерно-педагогічна академія»

ХНУ ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна, paramonov.egor@gmail.com

Анотація. У тезах досліджено вплив сучасних цифрових інструментів на оптимізацію логістичних процесів. Обґрунтовано, що діджиталізація є критичним фактором для успішного нелінійного масштабування бізнесу, зниження витрат та підвищення гнучкості підприємств у глобальному конкурентному середовищі.

Ключові слова: логістика, цифрові інструменти, масштабування бізнесу, діджиталізація, ланцюги постачань, ефективність

Сучасна глобальна економіка характеризується стрімкою діджиталізацією бізнес-процесів, у якій логістичні інформаційні системи відіграють головну роль. В сучасних умовах нестабільності ланцюгів постачань використання цифрових інструментів у логістиці є необхідністю та ключовим аспектом забезпечення конкурентоспроможності підприємств. Інформаційні технології мають значний потенціал. Їх застосування автоматизує рутинні операції, підвищує прозорість та дозволяє відстежувати рух товарів швидше і точніше, ніж традиційні методи [1]. У результаті цифрові інструменти стали не просто допоміжним сервісом, а фактично новим стратегічним фактором масштабування бізнесу. Враховуючи вищезазначене, метою дослідження є аналіз ролі цифрових інструментів на сучасному етапі розвитку логістики – з акцентом на їхню здатність підвищувати операційну ефективність, забезпечувати розширення компаній та мінімізувати людський фактор. Новизна роботи полягає у комплексному дослідженні синергії технологічних рішень (від систем управління до Big Data) в умовах глобальних трендів цифрового масштабування підприємств, особливу увагу приділено ролі людського фактора в умовах автоматизації.

Широке впровадження інновацій докорінно змінює можливості торговельних мереж та логістичних провайдерів, тому їх використання стає критично необхідним. По-перше, системи управління транспортом (TMS) та алгоритми маршрутизації дозволяють оптимізувати шляхи доставки, враховуючи безліч змінних у реальному часі, що значно перевищує людські аналітичні можливості [2]. Це створює обґрунтовану базу для зниження операційних витрат. По-друге, автоматизація складської логістики (WMS) та технології Інтернету речей (IoT) підвищують продуктивність за рахунок автоматизації обліку та контролю. Як наслідок, логісти можуть зосередитися на стратегічних завданнях, довіривши системі виконання щоденних типових операцій. Особливу увагу слід приділити процесу масштабування бізнесу. Традиційна модель зростання логістичних потужностей передбачала лінійне збільшення витрат: вихід на нові ринки вимагав пропорційно більшої кількості транспорту, складів та персоналу. Проте сучасні цифрові інструменти

дозволяють розірвати цей зв'язок [1]. Завдяки хмарним платформам підприємства можуть легко інтегруватися з 3PL– та 4PL-операторами, обробляти кратно більші обсяги замовлень та виходити на міжнародні ринки без критичного розростання власної фізичної інфраструктури.

Людський фактор у цифровій логістиці не зникає зі зростанням ролі технологій, а набуває нової якості. Роль спеціаліста зміщується від рутинної операційної діяльності в бік планування, конфігурації алгоритмів та управління ризиками. Системи можуть допускати помилки при нетипових збоях у ланцюгах постачань, і навіть незначні похибки з одночасним розростанням бізнесу можуть призвести до несподівано значних збитків. Тож, відповідальність за фінальні результати завжди залишається за людиною [3]. Обмежене й контрольоване використання цифрових систем вважається найбільш збалансованим підходом. Тобто оптимальним є сценарій, коли інструменти виконують обчислення масивів даних, але фінальні стратегічні рішення затверджує фахівець.

Таким чином, цифрові інструменти виступають незамінним драйвером сучасних логістичних систем, надаючи підприємствам принципово нові можливості в роботі з даними та управлінням інфраструктурою. Їх використання дозволяє досягати високого рівня рентабельності та гнучкості, що нині стає стандартом у глобальній конкуренції. Людський фактор переходить на новий рівень, коли фахівці виконують роль наставників та архітекторів систем постачань, зосереджуючись на вирішенні нетривіальних завдань. Подальший розвиток логістики відбуватиметься як розвиток ефективного тандему «людина та цифрові інструменти», де кожен компонент доповнює іншого. Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що підприємства можуть використовувати викладені теоретичні аспекти при впровадженні інновацій: необхідно розвивати відповідні ІТ-компетенції персоналу та запроваджувати механізми контролю якості роботи логістичних платформ. Застосування збалансованого підходу допоможе бізнесу підвищити ефективність масштабування без втрати якості послуг. Теоретична значимість роботи полягає у поглибленні наукового розуміння ролі цифрових технологій як головного чинника нелінійного масштабування сучасних підприємств, що створює підґрунтя для подальших досліджень у сфері економіки та логістики.

Список літератури:

1. Замкова Н. В., Поліщук І. В., Довгань Ю. В., Довгань Л. І., Новицький Р. М. Цифрові технології та їхній вплив на управління логістичними процесами підприємств. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 55. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-20>.
2. Птащенко О. В., Сохацька О. М. Особливості логістичної діяльності в умовах діджиталізації. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2022. № 6 (276). С. 50–54.
3. Лісна А. В. Digital logistics as a tool for minimizing logistics risks in the pharmaceutical sector. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2024. Вип. 1. URL: <https://journals.urau.ua/ami/article/view/300861>.

УДК 656.2:004.9

ЦИФРОВІЗАЦІЯ СЕРВІСУ ХАРЧУВАННЯ У ШВИДКІСНИХ ПОЇЗДАХ: РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ЗАМОВЛЕННЯ ЇЖІ

Іванов В. Г., к.т.н., доц.
Жорняк А.С. здобувач РВО магістр
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна, anastasiia.zhorniak@nure.ua

Анотація. У тезах розглянуто особливості розробки мобільного застосунку для замовлення їжі в поїздах Інтерсіті. Обґрунтовано актуальність цифровізації сервісів у сфері пасажирських перевезень, визначено основні функції застосунку, описано його структуру та практичну цінність для пасажирів і перевізника. Запропоноване рішення спрямоване на підвищення зручності обслуговування, скорочення часу оформлення замовлення та покращення якості транспортного сервісу.

Ключові слова: мобільний застосунок, Інтерсіті, замовлення їжі, цифровий сервіс, пасажирські перевезення, Android

Сучасний розвиток інформаційних технологій суттєво впливає на сферу транспортних послуг і змінює підходи до організації пасажирського сервісу. Сьогодні пасажирів очікують не лише безпечного та швидкого перевезення, а й можливості отримувати додаткові послуги за допомогою цифрових інструментів. Одним із перспективних напрямів удосконалення обслуговування у швидкісних поїздах Інтерсіті є впровадження мобільного застосунку для замовлення їжі під час поїздки. Такий підхід дає змогу зробити сервіс більш доступним, зрозумілим, оперативним і комфортним для користувача. Крім того, цифрові рішення сприяють підвищенню загальної якості транспортного обслуговування. Вони також відповідають сучасним тенденціям розвитку пасажирських сервісів. Актуальність теми зумовлена тим, що традиційний спосіб замовлення харчування у транспорті не завжди є достатньо зручним і ефективним. Пасажир може не мати актуальної інформації про доступні страви, їхню вартість, склад або час доставки. Крім того, оформлення замовлення через персонал часто займає більше часу, створює додаткове навантаження на працівників та може викликати незручності у години підвищеного попиту. Використання мобільного застосунку дає можливість автоматизувати цей процес, зробити його більш прозорим, контрольованим та оперативним.

Метою роботи є розробка мобільного застосунку, який забезпечує зручне замовлення їжі в поїздах Інтерсіті. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: проаналізувати предметну область та потреби користувачів, визначити основні вимоги до системи, сформулювати перелік функціональних можливостей, спроектувати структуру даних, розробити інтерфейс користувача та реалізувати механізм оформлення замовлення [1].

Розроблений застосунок орієнтований насамперед на пасажирів та передбачає простий, логічний і зрозумілий сценарій використання. Після входу до системи користувач отримує доступ до основних розділів: перегляд меню,

вибір категорій страв, перегляд інформації про товари, додавання позицій до кошика, оформлення замовлення, перегляд історії замовлень та керування особистим профілем. Меню поділено на категорії, що полегшує пошук потрібних позицій і пришвидшує вибір. Для кожної страви доцільно відображати назву, ціну, зображення та короткий опис, завдяки чому пасажир може швидко ознайомитися з асортиментом. Зрозуміла структура екранів, чіткі елементи керування та простота навігації формують позитивний досвід користування застосунком.

З технічної точки зору створення такого застосунку передбачає організацію клієнтської логіки, моделювання сутностей меню, користувачів, категорій та замовлень, а також проектування бази даних. Саме база даних забезпечує збереження інформації про товари, профілі користувачів та оформлені замовлення. Коректно побудована структура даних підвищує продуктивність застосунку, спрощує оновлення інформації та створює основу для подальшого розширення функціоналу [2].

Практична цінність застосунку полягає у підвищенні якості пасажирського обслуговування та вдосконаленні організації сервісних процесів у поїзді. Пасажир отримує можливість замовити їжу у зручний для себе момент без необхідності чекати персонал або витратити час на уточнення асортименту. Для перевізника це створює умови для більш упорядкованої організації обслуговування, зменшення навантаження на працівників, підвищення точності прийому замовлень та покращення контролю за їх виконанням. У майбутньому функціонал застосунку може бути розширений за рахунок інтеграції онлайн-оплати, відстеження статусу замовлення, системи сповіщень, персоналізованих рекомендацій і синхронізації з іншими сервісами перевізника.

Отже, розробка мобільного застосунку для замовлення їжі в поїздах Інтерсіті є актуальним, практично значущим і перспективним напрямом удосконалення транспортного сервісу. Запропоноване рішення поєднує зручність для пасажирів, функціональність для користувача, організаційні переваги для перевізника та можливості подальшого розвитку системи. Упровадження такого застосунку може стати важливим кроком до підвищення рівня сервісу та формування сучасного цифрового середовища у сфері пасажирського залізничного транспорту.

Список літератури

1. Гавриленко С. Ю. Розробка системи графічного опису і моделювання розподілених програмних об'єктів при проектуванні інформаційних систем / С.Ю. Гавриленко, В.Г. Іванов // Системи обробки інформації. – 2014. – Вип. 1(117). – С. 10-13. – Харків: ХУПС ім. Івана Кожедуба. – Режим доступу: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54010>.
2. Височин А. О. Розробка елементів онлайн системи формування та моніторингу замовлення у ресторані // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті: матеріали 28-го міжнар. молодіж. форуму, 16–18 квітня 2024 р. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – Т. 6. – С. 800–801.

УДК 621.43.068

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ПОДАЧЕЮ ПАЛИВА ДИЗЕЛЯ ШЛЯХОМ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИЛІНДРІВ

Артьомов М.П., д.т.н., проф.

Пушкаренко О.Ю., здобувач РВО PhD

Державний біотехнологічний університет

м. Харків, Україна, artiomovprof@btu.kharkov.ua

Анотація. Розглянуто методи інтелектуального керування подачею палива в камери згоряння автотракторних двигунів з метою покращення ефективності експлуатації машинно-тракторних агрегатів і зниження витрат.

Ключові слова: машинно-тракторний агрегат, економічність, стратегії, системи, керування

Ефективне використання палива в дизельних двигунах є критично важливим завданням в процесі експлуатації машинно-тракторних агрегатів через підвищення цін на паливо та посилення екологічних норм. Відомо, що на часткових навантаженнях і холостому ходу паливна економічність дизеля різко погіршується: питома витрата палива зростає, а ККД знижується.

Проаналізовано дві ключові стратегії підвищення економічності дизеля – відключення циліндрів та оптимізація упорскування – з акцентом на сучасні інтелектуальні системи керування цими процесами. Розглянуто фізичні основи зниження витрат пального, досвід реалізації таких рішень у різних типах силових установок та результати, досягнуті у дослідженнях.

Особливу увагу приділено останнім тенденціям, зокрема впровадженню електронних систем керування, здатних автоматично перемикаєти режими роботи циліндрів і регулювати параметри упорскування для забезпечення оптимального паливоспоживання на кожному робочому режимі.

Основною метою є узагальнення сучасних підходів до інтелектуального керування паливною економічністю дизеля та визначення напрямів подальших досліджень у цій галузі.

Для досягнення високої економічності дизельного двигуна в широкому діапазоні навантажень використовується комплекс методів: вдосконалення процесу горіння шляхом керування подачею палива та регулювання ефективної кількості працюючих циліндрів. Основним критерієм економічності є питома ефективна витрата палива (*Brake-Specific Fuel Consumption, BSFC*), яка визначає масу палива, спаленого за одиницю часу на одиницю потужності. Цей метод підвищує економічність особливо в областях дуже малих навантажень, де виграш від зниження втрат на тертя є максимальним (Shi, Z., Wu, H., Li, H., Zhang, L., Li, X., & Lee, C. F. F., 2021). На рис. 1 схематично показано принцип роботи системи CDA: в 4-циліндровому двигуні один циліндр вимкнено (пальне не подається, клапани закриті), тоді як три інших працюють з більшим навантаженням.

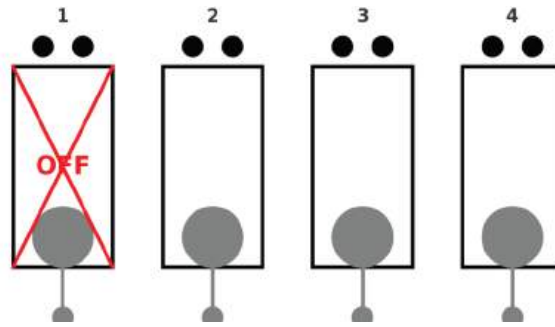


Рис. 1. Схема двигуна з технологією відключення циліндрів (*Cylinder Deactivation, CDA*), де показано, що один з чотирьох циліндрів (циліндр №1) відключений («OFF») і не отримує паливо

Застосування відключення циліндрів потребує наявності електронної системи керування двигуном, здатної оперативно змінювати кількість активних циліндрів. Сучасні дизелі оснащено електронними блоками управління (*ECU*), які отримують інформацію про режим роботи (оберти, навантаження, положення педалі акселератора тощо) і можуть реалізовувати алгоритми *CDA*. Важливою умовою є підтримання стійкості роботи двигуна при вимиканні циліндрів – щоб уникнути різких коливань крутного моменту та погіршення плавності ходу, передбачено або повне виключення групи циліндрів, або періодичне пропускання робочих циклів («динамічне чергування циліндрів») (Tunçer, E., Sandalcı, T., & Karagöz, Y., 2021). Для важких дизелів прийнятним є сценарій вимкнення цілої частки циліндрів (наприклад, 3 з 6), тоді як для легкових двигунів все ширше застосовують систему вибіркового пропуску запалень (*Dynamic Skip Fire*) з адаптивним управлінням кожним циклом.

Другим напрямом підвищення економічності є оптимізація процесу впорскування палива. Завдяки впровадженню систем *Common Rail* з'явилася можливість незалежно керувати тиском впорскування та календарним кутом початку подачі палива, а також здійснювати багатократне впорскування за цикл.

Таким чином досягається гнучке регулювання подачі палива: можна змінювати початок впорскування (кількість градусів до верхньої мертвої точки), тривалість імпульсу, кількість імпульсів (пілотне, основне, додаткове впорскування) та миттєвий тиск палива. Ці параметри суттєво впливають на повноту та швидкість згоряння, а отже – і на питому витрату палива.

Список літератури

1. Shi, Z., Wu, H., Li, H., Zhang, L., Li, X., & Lee, C.F.F. (2021). Effect of injection pressure and fuel mass on wallimpinging ignition and combustion characteristics of a heavy-duty diesel engine at low temperatures. *Fuel*, 299, 120742. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120742>.
2. Molodan, A., Dubinin, Y., Polyanskyi, O., Artomov, M., & Pushkarenko, O. (2024). Change in power and fuel consumption when engine cylinders are partially disabled in a wheeled vehicle. *Central Ukrainian Scientific Bulletin: Technical Science*, 8(39) Part II, 150–158. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.150-158](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.150-158).

UDK 338.43

ANALYSIS OF CURRENT MANUFACTURING TECHNOLOGIES IN THE AGRICULTURAL MACHINERY

Smetankina N.V., DSc., Prof.

Anatolii Pidhornyi Institute of Power Machines and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine

Kharkiv, Ukraine, nsmetankina@ukr.net

Ivanova A.V., Student

State Biotechnological University

Misiura Ie. Yu., PhD, Ass. Prof.

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Abstract. The development of new materials and technologies has a significant impact on the quality of agricultural machinery, resulting in machines that are more efficient, durable, and cost-effective. This study analyzes the impact of certain modern processing technologies on agricultural machinery.

Keywords: digital technologies, sustainable development, agricultural machinery; applied research, effective solutions

Information technology is a key tool for sustainable development, enabling ecosystem monitoring, resource optimization, the implementation of new business models, and the digitalization of the energy sector. It improves economic, social, and environmental aspects, fostering the emergence of a “green” economy, increasing energy efficiency, and ensuring sustainable business development [1, p. 46]. New technologies, such as mechanical manufacturing technology, electronic technology, and information technology, have led to the emergence of related industries. Thus, modern processing technologies and the modern manufacturing industry complement each other. Advances in the manufacturing industry can accelerate the research and development of modern processing technologies, while the emergence and application of various modern processing technologies can effectively improve the speed and quality of development [2, p. 506].

Modern manufacturing technologies, such as digital control technology, laser processing technology, virtual manufacturing technology, CNC machine tool technology, and others, are becoming increasingly popular. These modern new processing technologies can not only effectively promote the development of the manufacturing industry, but also improve the efficiency and quality of agricultural machinery production, address issues in traditional processing and manufacturing, develop more high-tech agricultural machinery, and contribute to the development and progress of agriculture. With the rapid advancement of science and technology, agricultural machinery manufacturing technology has reached a new level, and control technology has become relatively mature, incorporating the application of various control system technologies [3, p. 305]. The application of these technologies can also, to a certain extent, improve the control model and its efficiency, thereby contributing to the advancement of agricultural machinery manufacturing. Judging by the actual level of development in recent years, many large agricultural machines

have adopted intelligent and information technologies to improve machine control, which has played an important role in promoting the modernization of agricultural enterprises while simultaneously increasing efficiency. However, overall, there are still significant shortcomings in the application of management, such as a low technical level, low levels of automation and information technology, and so on.

In the actual application of modern agricultural machinery manufacturing technology, the production process is constrained by factors such as raw materials, leading to significant challenges. Consequently, when the practical application of technology and raw materials fails to meet relevant standards, it cannot effectively integrate with modern agricultural production and the manufacturing industry, nor can it fulfill its intended purpose. Furthermore, in some sectors of agricultural machinery production, companies, driven by market considerations, do not pay sufficient attention to the quality of their products in order to capture the market as quickly as possible, which leads to a significant lack of overall precision. Currently, most companies use CAD software to design mechanical equipment or for product redesign, but this technology is not being utilized in practice, a fact that warrants serious attention. Let us examine the actual characteristics of modern machining technology. Agricultural machinery products manufactured using virtual reality processing technology possess strong visualization capabilities, so the effect when personnel and technicians view the products is similar to that of virtual reality goggles. Virtual reality processing technology differs from traditional 3D simulation modeling; it offers a stronger sense of reality and immersion, while the precision and overall quality of agricultural machinery and equipment are enhanced.

Thus, the active application of modern processing technologies in agricultural machinery manufacturing can not only improve processing efficiency and quality but also promote the development of agricultural machinery production toward intelligence and automation, while continuously enhancing the speed and quality of agricultural machinery.

References

1. Malykhina A.I., Merkulov D.O., Postnyi O.V., Smetankina N.V. Stationary problem of heat conductivity for complex-shape multilayer plates. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Mathematical modeling. Information technology. Automated control system"*. 2019. Vol. 41, P. 46–54. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2019-41-05>
2. Smetankina N.V., Postnyi O.V., Misura S.Yu., Merkulova A.I., Merkulov D.O. Optimal design of layered cylindrical shells with minimum weight under impulse loading. *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2021. P. 506–509. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.956998>
3. Ugrimov S., Smetankina N., Kravchenko O., Yareshchenko V., Kruszka L. A study of the dynamic response of materials and multilayer structures to shock loads. *Advances in Mechanical and Power Engineering. CAMPE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2023. P. 304–313. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18487-1_31

УДК 631.11:004(477)

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАПОРУКА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СКОТАРСТВА В УКРАЇНІ

Скляр О.Г., к.т.н., проф.
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
м. Запоріжжя, Україна, oleksandr.sklyar@tsatu.edu.ua

Анотація. Розглянуто використання автоматизованих процесів підготовки кормів і годівлі великої рогатої худоби. Впровадження цифрових технологій, як одного із найперспективніших напрямів розвитку тваринництва

Ключові слова. тваринництво, програмне забезпечення, цифрові технології, корми, раціон

Годування – найдорожчий процес у молочному скотарстві. За дотримання сучасної технології за різними підрахунками навіть у найсучасніших господарствах на годівлю йде до 50% витрат, пов'язаних із змістом. І це не той випадок, де суттєво можна заощадити. Якісний раціон – якісний надій.

Для управління годівлею на фермах великої рогатої худоби все більше впроваджуються цифрові технології створені, щоб допомогти фермерам, власникам аграрних підприємств працювати ефективніше. Вони поєднують програмне забезпечення з обладнанням, автоматизують рутинні процеси, підвищують точність приготування та роздачі кормів, спрощують аналітику та покращують комунікацію між учасниками процесу.

Цифрові технології дозволяють: зменшити вплив людського фактору на підготовку, зважування та роздачу кормів, що покращує відповідність раціону; спрощують ведення обліку та аналізу, забезпечуючи зручний доступ до статистики, звітів і показників ефективності; створюють єдину систему цифрового середовища для працівників і управлінського персоналу; забезпечують оптимізацію рецептури годівлі, мінімізацію відходів та скорочення витрат на корми. Незалежне дослідження показало, що фермери, які вже годують досить точно, можуть досягти кращих результатів з TMR Tracker™! Навіть на таких фермах можна досягти економії щоденної вартості корму на 4% або більше, а також зменшення залишків на 1% або більше.

Це створює гостру потребу в системі, яка робить годування більш точним, ефективнішим, прозорішим і, насамперед, більш керованим. Digi-Star TMR Tracker™ Система управління точною годівлі забезпечує повне вирішення цієї проблеми! TMR Tracker™ – багатофункціональна система на базі Windows®, яка забезпечує тваринників загальним рішенням для керування вартістю корму, підвищення ефективності та покращення виробництва. На рис.1 представлена структурна схема послідовності роботи програмного забезпечення автоматизації приготування кормів і годівлі великої рогатої худоби. Інструмент керування кормами, який дає уявлення про стан годівлі на фермі.

Простий спосіб контролювати вартість корму та регулювання для оптимальної віддачі від годівлі.



Рис.1 Схема роботи програми приготування кормів годівлі тварин

Дані про раціон легко вводяться в комп'ютер і передається через USB або бездротовими DataLink® до індикатора на змішувачі-кормороздавачі. Опція Cab Control™ дублюючий дисплей у кабіні навантажувача для зручного завантаження раціону. Дисплей показує, який саме інгредієнт повинен бути завантажений і його кількість. TMR Tracker™ містить різні звіти, використовуючи які ви прийматимете важливі рішення щодо купівлі та використання кормів спираючись на чіткі цифри.

TMR Tracker™ може бути пов'язаний із великою кількістю програм керування фермою (зокрема UNIFORM AGRI). Він автоматично отримує дані про виробництво молока для розрахунку ефективності корму. TMR Tracker™ Touch для смартфона або планшета дозволяє зручно вносити зміни в групах та раціонах. Сучасне сільське господарство активно впроваджує цифрові технології, і одним із найперспективніших напрямів стало розумне тваринництво (Smart Farm). Воно дозволяє автоматизувати ключові процеси, підвищити продуктивність стада та оптимізувати витрати на корми. Концепцію Smart Farm розглядають як передову модель ведення сільського господарства на основі значної економії праці та виробництва продукції високої якості з упровадженням цифрових та роботизованих технологій.

Список літератури

1. Цифрова ферма Електронний ресурс;
<https://www.navifarm.tech/solution/czyfrova-ferma/#tapfeedlite>
2. Кернасюк Ю., Гайденко О. Роботизовані системи у тваринництві / Науково-популярний журнал Агробізнес сьогодні <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/29069-robotyzovani-systemy-u-tvarynnytstvi.html>

УДК 004.02

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ РОЗРАХУНКУ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАКРИТИХ ЄМНОСТЯХ

Димерцов Д. О. старший викладач
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця
м. Харків, Україна, dmytro.dymertsov@hneu.net

Анотація. У роботі розглянуто застосування цифрових технологій та комп'ютерного моделювання для дослідження газодинамічних процесів у технічних системах. Розроблено узагальнену одновимірну математичну модель газодинаміки на основі системи диференціальних рівнянь, для чисельного розв'язання якої використано метод кінцевих різниць. Модель реалізовано у вигляді програмного комплексу в середовищі Lazarus Free Pascal, що забезпечує інтеграцію етапів моделювання: введення початкових параметрів, виконання розрахунків, візуалізацію та аналіз результатів. Проведено перевірку адекватності моделі шляхом порівняння результатів розрахунків із корпоративним програмним комплексом. Отримані результати показали незначні відхилення параметрів (до 6–7 %), що підтверджує достатню точність моделі. Розроблений програмний комплекс може бути ефективним інструментом для інженерних розрахунків, наукових досліджень та навчального процесу у галузі газодинаміки.

Ключові слова: газодинаміка, математичне моделювання, чисельні методи, комп'ютерне моделювання, програмний комплекс, програмування

Сучасний розвиток енергетики, машинобудування, холодильних та кріогенних систем, а також авіаційної та ракетної техніки потребує точного аналізу газодинамічних процесів і широкого застосування цифрових технологій. Рух газових потоків у технічних системах характеризується складною нелінійною поведінкою: стисканням і розширенням газу, турбулентністю, нестационарними змінами тиску та температури, а також взаємодією з поверхнями.

Експериментальні дослідження таких процесів є трудомісткими та ресурсо затратними, тому актуальним стає застосування комп'ютерного моделювання, чисельних алгоритмів і програмних комплексів. Використання мов програмування для реалізації власних моделей дозволяє ефективно прогнозувати поведінку газових потоків, оптимізувати параметри систем і інтегрувати результати моделювання у сучасні цифрові інженерні технології.

У представленому дослідженні складено узагальнену одновимірну математичну модель газодинамічних процесів на основі системи диференціальних рівнянь газової динаміки з граничними умовами. Для визначення параметрів газового потоку в ємності застосовано метод кінцевих різниць. Для уникнення чисельних нестійкостей при розрахунках враховано задачу довільного розриву між вузлами обчислювальної сітки. Перед проведенням основних чисельних експериментів модель була перевірена на адекватність порівнюючи отримані дані з існуючими результатами. Перевірка

моделі на існуючих результатах показала похибку не більше ніж 5 % або температурний перепад близько 20 K [1].

Модель реалізована у середовищі Lazarus Free Pascal [2] як програмний комплекс для чисельного моделювання газодинамічних процесів. Програма забезпечує повну інтеграцію етапів комп'ютерного дослідження: введення початкових параметрів, виконання розрахунків, візуалізацію результатів, їх аналіз та збереження для подальшого використання. Використання цифрових методів обробки даних забезпечує автоматизовану оптимізацію розрахункової сітки та наочне відображення зміни основних параметрів газового потоку – тиску, температури та швидкості – у різних ділянках досліджуваної області. Це дозволяє підвищити ефективність аналізу газодинамічних процесів та спростити інтерпретацію результатів моделювання.

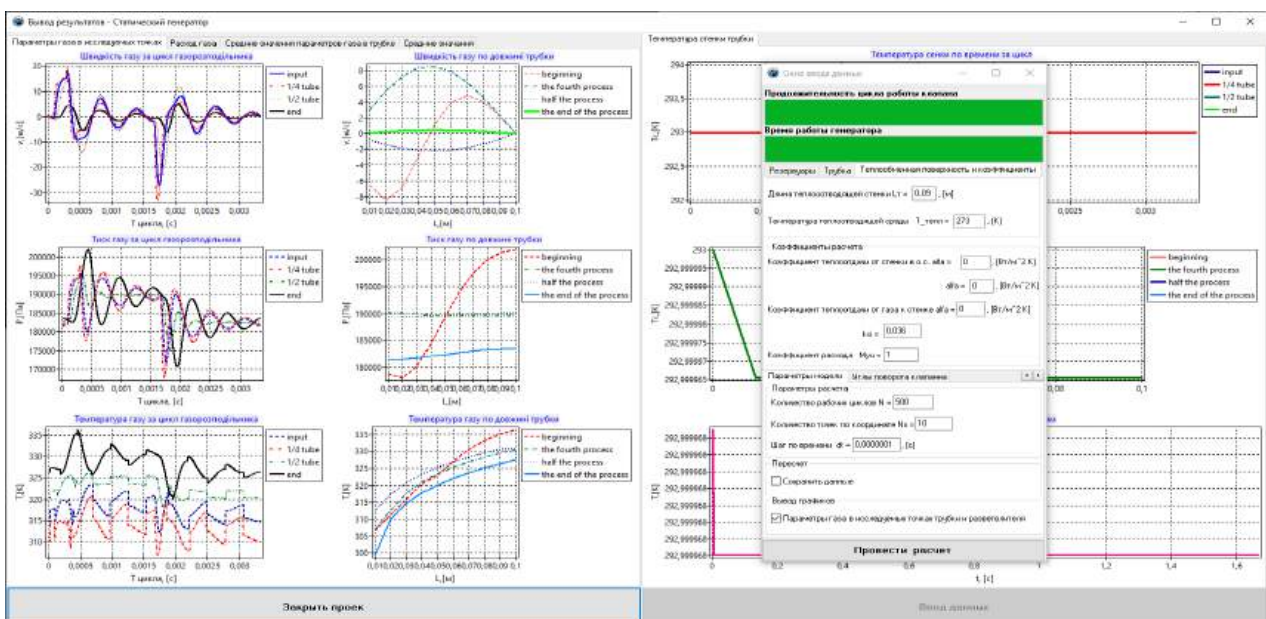


Рис. 1. Інтерфейс розробленого програмного комплексу

Створений програмний комплекс розрахунку газодинамічних параметрів має зрозумілий графічний інтерфейс, що дозволяє користувачу швидко орієнтуватися у робочій області. На головному екрані розташовані панелі для введення початкових і граничних параметрів газодинамічного процесу: геометрія каналу, властивості газу, початкові умови тиску та температури. Результати розрахунків відображаються у вигляді інтерактивних графіків та таблиць, що дозволяє аналізувати динаміку процесу в реальному часі. Користувач може легко змінювати параметри та повторювати моделювання, спостерігаючи за зміною показників у візуальному форматі.

Програмний комплекс складається з кількох основних модулів. Модуль введення параметрів – забезпечує гнучкий та зручний спосіб задання початкових умов і фізичних характеристик газу (параметри газу, геометрія каналу, початкові умови, граничні умови). Розрахунковий модуль – реалізує одномірні математичні моделі газодинаміки, обчислюючи тиск, температуру, швидкість та щільність газу по всій довжині каналу. Модуль візуалізації – будує графіки та таблиці результатів, дозволяє порівнювати різні сценарії і

проводити аналіз чутливості. Модуль збереження та експорту даних – забезпечує збереження результатів для подальшого використання та документування досліджень.

Завдяки такій структурі програма поєднує зручність користування, швидкість розрахунків і можливість адаптації до різних задач, що робить її ефективним інструментом для досліджень і навчання у галузі газодинаміки.

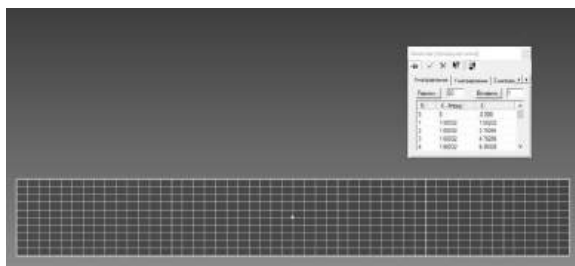


Рис. 2 Розрахункова схема ємності у корпоративному програмному комплексі

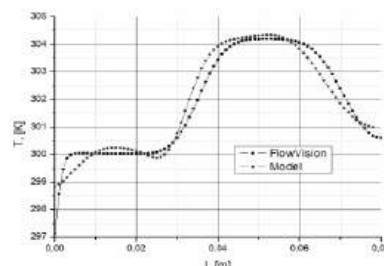


Рис.3 Порівняння результатів розрахунку

Було проведено дослідження збіжності розробленої математичної моделі з результатами, отриманими в середовищі корпоративного програмного комплексу FlowVision (див. рис. 2). Аналіз показав незначні відхилення результатів: по тиску – 6,7 %, по температурі – 6,9 % (див. рис. 3), що підтверджує достатню точність створеної моделі та розробленого програмного комплексу для подальших досліджень газодинамічних процесів [3].

Результати моделювання підтверджують ефективність одновимірних моделей як інструменту для інженерних розрахунків, навчання та наукових досліджень, забезпечуючи швидкий, наочний та достовірний аналіз газодинамічних процесів, а також обґрунтоване прийняття рішень щодо конструктивних і технологічних параметрів систем. У перспективі розвиток програмних засобів такого типу може бути розширений на багатовимірні моделі для більш детального дослідження складних поточкових явищ.

Список літератури

1. Dymertsov, D. Modeling of Gas-Dynamic Processes of Wave Low-Temperature Heat Generators Dynamic Gas Distribution. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G. (eds) Advanced Manufacturing Processes VI. Interpartner 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. pp 769–779. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82746-4_68.
2. Lazarus Free Pascal, Official Documentation. – URL: <https://www.lazarus-ide.org/>.
3. Dymertsov D. Modeling of processes in gas-dynamic secondary energy generators. Municipal economy of cities. Series: «Information Technology and Engineering». Том 4 (192), с. 39-44. <https://doi.org/10.33042/3083-6727-2025-4-192-39-44>.

УДК 629.7.036

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМИ ДВИГУНАМИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ДАНИХ

Лиходєєв О.С., к.т.н., доц.
Мартиненко А.В., здобувач РВО магістр
Харківський національний університет Повітряних Сил
м. Харків, Україна

Анотація. Розглядаються питання підвищення ефективності цифрових систем керування авіаційними двигунами на основі аналізу експлуатаційних параметрів. Проведено аналіз сучасних підходів до функціонування систем типу FADEC та визначено основні фактори, що впливають на ефективність їх роботи в умовах тривалої експлуатації. Запропоновано підхід до удосконалення алгоритмів керування двигуном на основі використання даних, отриманих під час експлуатації авіаційної техніки. Визначено перспективні напрями розвитку інтелектуальних систем керування авіаційними двигунами.

Ключові слова: авіаційний двигун, FADEC, цифрова система керування, експлуатаційні параметри, адаптивне керування

Сучасні авіаційні двигуни є складними технічними системами, ефективність функціонування яких значною мірою залежить від роботи систем керування. У сучасній авіації широко використовуються цифрові системи керування двигунами, що забезпечують автоматичне регулювання параметрів роботи силової установки.

Однак у процесі експлуатації характеристики двигуна поступово змінюються внаслідок зношування вузлів, впливу зовнішніх факторів та змін режимів роботи. У результаті цього алгоритми керування, розроблені на основі номінальних характеристик двигуна, можуть втрачати свою ефективність. Тому актуальним є дослідження можливостей використання експлуатаційних даних для удосконалення цифрових систем керування.

Проблеми розвитку цифрових систем керування авіаційними двигунами розглядаються у роботах багатьох науковців. У дослідженні [1] значну увагу приділено ролі цифровізації у підвищенні ефективності авіаційних двигунів. Робота [2] присвячена дослідженню стійкості та надійності систем керування двигунами. У публікації [3] розглянуто моделювання та керування реактивними двигунами на основі сучасних методів аналізу.

Аналіз зазначених робіт показує, що перспективним напрямом розвитку систем керування є використання експлуатаційних даних для адаптації алгоритмів керування двигуном.

Метою роботи є підвищення ефективності цифрових систем керування авіаційними двигунами шляхом аналізу експлуатаційних параметрів та розроблення підходів до удосконалення алгоритмів керування.

У процесі експлуатації авіаційного двигуна здійснюється реєстрація значної кількості параметрів, що характеризують його роботу. До основних параметрів належать:

- температура газів за турбіною;
- частота обертання ротора;
- витрата палива;
- тиск у компресорі;
- параметри навколишнього середовища.

Аналіз зазначених параметрів дозволяє визначити ефективність роботи двигуна, а також виявити можливі відхилення у його функціонуванні.

Одним із перспективних напрямів удосконалення систем керування є створення адаптивних алгоритмів, які враховують реальний технічний стан двигуна. У цьому випадку система керування може змінювати свої параметри залежно від результатів аналізу експлуатаційних даних.

Використання таких підходів дозволяє:

- підвищити точність керування двигуном;
- зменшити витрату палива;
- підвищити ресурс роботи двигуна;
- знизити ймовірність виникнення відмов.

Крім того, застосування сучасних інформаційних технологій відкриває можливість створення систем прогнозування технічного стану двигуна.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що використання експлуатаційних даних дозволяє підвищити ефективність функціонування цифрових систем керування авіаційними двигунами. Запропонований підхід може бути використаний для створення адаптивних систем керування нового покоління.

Список літератури

1. Pasialakos C. A. Aircraft Digitization: The Innovative FADEC (Full Authority Digital Engine Computer) for Turbo-Propeller Aeroengines and AI Challenges to Optimized Engine Performance. Proceedings. 2024. Vol. 101, iss. 1, p. 8. <https://doi.org/10.3390/proceedings2024101008>
2. Yedavalli R. K., Belapurkar R. K., Behbahani A. R. Stability Analysis of Distributed Engine Control Systems Under Communication Packet Drop. 2008. 20 p. <https://doi.org/10.2514/6.2008-4580>
3. L'Erario G., Fiorio L., Nava G., Bergonti F., Mohamed H. A. O., Benenati E., Traversaro S., Pucci D. Modeling, Identification and Control of Model Jet Engines for Jet Powered Robotics. 2019. 9 p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.13296>

УДК 62-932:62.532

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МОДУЛЬ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМ ОБЛАДНАННЯМ НАВАНТАЖУВАЧА

Гурко В.О., здобувач РВО PhD
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет
м. Харків, Україна, volgurko@khadi.kharkov.ua

Анотація. Для підвищення ефективності керування робочим обладнанням фронтального навантажувача в умовах невизначеності запропоновано структуру комбінованої системи керування, що поєднує класичний регулятор із додатковим інтелектуальним модулем. Для реалізації інтелектуального модуля використано метод навчання з підкріпленням типу Soft Actor-Critic, який забезпечує формування додаткового керуючого впливу на основі поточного стану системи та оцінки ефективності запропонованого керування.

Ключові слова: фронтальний навантажувач, робоче обладнання, система керування, інтелектуальний модуль, актор-критик

Фронтальні навантажувачі широко застосовуються у будівництві, гірничій промисловості, комунальній та інших галузях, а обсяг світового ринку цієї техніки постійно зростає. Керування навантажувачем традиційно здійснюється оператором, який змушений виконувати велику кількість повторюваних дій у змінних умовах роботи. Це призводить до втоми, зниження безпеки роботи машини та погіршення якості виконання робочих операцій. При цьому результати роботи суттєво залежать від кваліфікації оператора: відмінності у продуктивності та витраті палива у різних операторів можуть досягати кратних значень. Досягнення певною мірою суперечливих вимог щодо одночасного зниження витрат палива, підвищення продуктивності та безпеки роботи навантажувача можливе лише шляхом автоматизації процесів керування.

Основними елементами робочого процесу навантажувача є операції навантаження та розвантаження матеріалу, які значною мірою визначають продуктивність машини та її енергоефективність. У зв'язку з цим актуальною є задача автоматизації керування робочим обладнанням навантажувача.

Побудова системи керування робочим обладнанням навантажувача ускладнюється наявністю змінних зовнішніх навантажень, зумовлених взаємодією ковша з матеріалом, невизначеністю параметрів гідроприводу та іншими немодельованими збуреннями. У таких умовах використання традиційних методів керування не завжди є ефективним. Тому доцільним є застосування комбінованої структури керування [1], що поєднує класичний регулятор із додатковим інтелектуальним блоком. Класичний регулятор забезпечує формування основного керуючого впливу для реалізації заданого руху робочого обладнання за ідеальних умов. Інтелектуальний блок, своєю чергою, на підставі аналізу поточного стану системи та змін зовнішніх умов забезпечує адаптацію керування до дії невизначених факторів:

$$u = u_o + u_\theta, \quad (1)$$

де u_o – керуючий сигнал основного, класичного регулятора,
 u_θ – додатковий вплив, що формується інтелектуальним блоком на основі поточного стану системи s .

Перспективними технологіями для побудови інтелектуального блоку є технології машинного навчання. При цьому, з огляду на змінність умов роботи навантажувача та відсутність можливості формування повного набору навчальних даних для всіх робочих режимів, доцільним є застосування методів навчання з підкріпленням, які дозволяють системі керування самостійно формувати керуючі дії у процесі взаємодії з робочим середовищем (або на відносно простих моделях) без попередньої підготовки розмічених даних [2]. Додатковою перевагою використання навчання з підкріпленням є можливість формування керування з урахуванням заданого критерію ефективності робочого процесу.

Для реалізації інтелектуального блоку пропонується використання методу Soft Actor-Critic (SAC), який належить до методів навчання з підкріпленням типу актор-критик і призначений для формування керуючих впливів у безперервному просторі станів і керувань. Блок містить нейронну мережу «актора» та дві нейронні мережі «критика» (рис. 1).

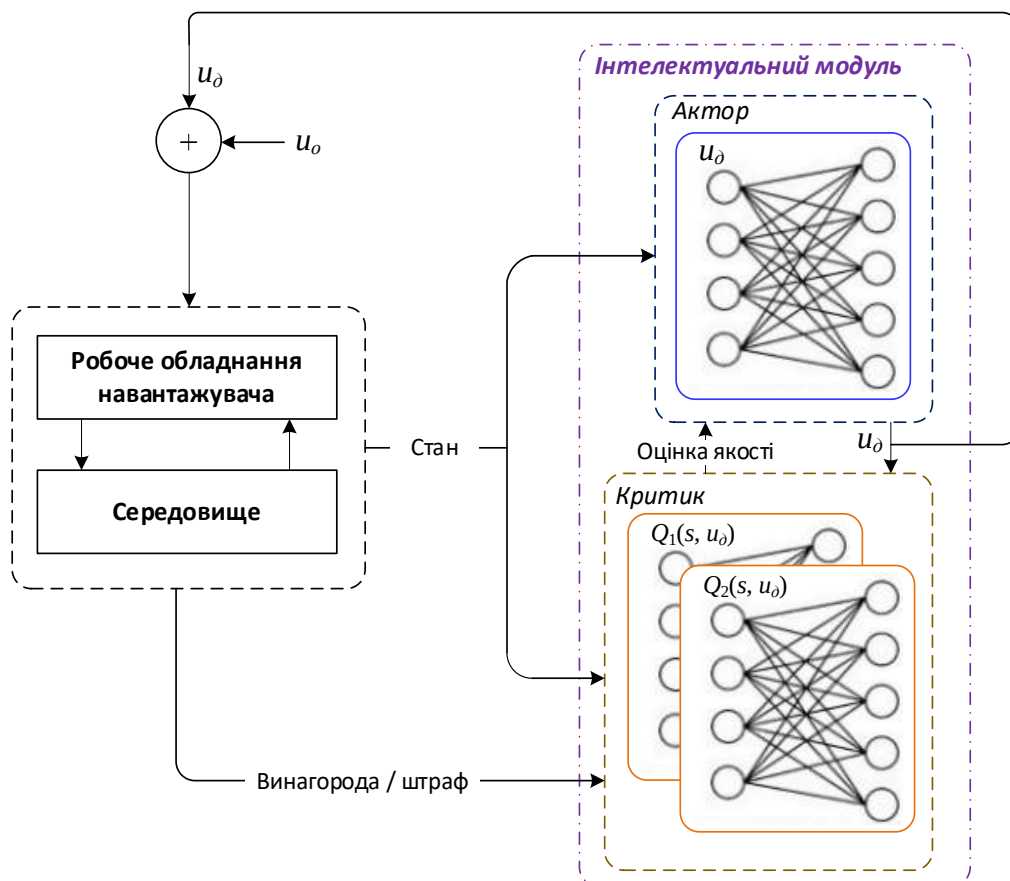


Рис. 1. Структура інтелектуального модуля керування робочим обладнанням навантажувача

Мережа актора формує додатковий керуючий вплив u_δ на основі поточного стану системи з урахуванням випадкової складової:

$$u_\delta = \mu(s) + \sigma(s) \varepsilon, \quad (2)$$

де $\mu(s)$ – значення керуючого впливу, що формується нейронною мережею актора залежно від стану системи,

ε – випадкова величина з нульовим середнім значенням,

$\sigma(s)$ – функція, що визначає рівень випадкової складової керуючого впливу.

Мережі критика оцінюють ефективність цих варіантів керування, прогнозуючи їхній вплив на подальший перебіг робочого процесу навантажувача за допомогою функції $Q(s, u_\delta)$, яка ґрунтується на системі винагород і штрафів за відповідно вдалі або невдалі рішення, при цьому подальше навчання здійснюється з урахуванням меншого з отриманих оцінок:

$$Q(s, u_\delta) = \min\{Q_1(s, u_\delta), Q_2(s, u_\delta)\}, \quad (3)$$

що дозволяє зменшити переоцінку ефективності керуючих впливів та підвищити стійкість процесу навчання. На основі цього прогнозу нейронна мережа актора уточнює функцію $\mu(s)$ для забезпечення більш ефективного керування.

Функція винагороди може ґрунтуватися на відомому квадратичному критерії оптимальності:

$$R = -qe^2 - ru_\delta^2, \quad (4)$$

де e – похибка керування,

q, r – вагові коефіцієнти.

Запропонований інтелектуальний модуль забезпечує адаптацію системи керування навантажувачем до змінних умов роботи безпосередньо в процесі експлуатації.

Список літератури

1. Гурко В. О. Архітектура інтелектуальної системи керування навантажувачем / В. О. Гурко, Л. А. Аксьонова // Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених, 25 листоп. 2025 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, 2025. – С. 91–94. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/26997>
2. Кириченко І. Г. Застосування машинного навчання в інтелектуальній системі керування ковшем навантажувача / І. Г. Кириченко, В. О. Гурко // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2025. – Вип. 108. – С. 78-88. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2025.108.0.78>

УДК 621.311

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Багач Р.В., д-р філософії (PhD)., доц.

Латвинський В. Д., асистент

Мельник Н.Г., здобувач РВО бакалавр

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, bagach.ruslan@gmail.com, latvin2000@gmail.com

Анотація. У роботі проведено комплексне дослідження систем живлення легкових електромобілів із застосуванням інтегрованого підходу, що включає технічні, експлуатаційні та безпекові критерії. Запропоновано методику оцінювання систем живлення, яка враховує енергетичну ємність, масу батареї, питому енергоемність, сумарний ККД електроприводу, умови охолодження та пожежну безпеку. Проведено порівняльний аналіз основних схем розташування акумуляторних батарей: у підлозі кузова, центральній частині та задній частині. Встановлено, що підлогове розташування батареї забезпечує оптимальне поєднання енергетичних, експлуатаційних та безпекових характеристик. Результати дослідження можуть використовуватися при проектуванні сучасних електромобільних платформ, оптимізації електроприводів та підвищенні енергоефективності транспортних засобів.

Ключові слова: електромобіль, система живлення, акумуляторна батарея, енергоефективність, електропривід, компоновальна схема, запас ходу, безпека, оптимізація

Сучасний розвиток електромобільного транспорту характеризується швидким впровадженням інноваційних технологій у сфері акумуляторних систем, електроприводів та інтелектуальних систем управління енергією. Одним із ключових факторів, що визначає ефективність електромобіля, є система живлення. Вона впливає на запас ходу, енергоефективність, безпеку та довговічність транспортного засобу [1]. Наявні наукові дослідження свідчать, що оптимізація систем живлення повинна ґрунтуватися на комплексній оцінці технічних, експлуатаційних та безпекових параметрів. Поширена практика враховує окремі характеристики, такі як ємність батареї або ККД електроприводу, однак цього недостатньо для обґрунтованого вибору системи живлення. Мета дослідження полягає у науковому обґрунтуванні оптимальної системи живлення сучасного електромобіля на основі комплексного порівняльного аналізу кількісних та якісних показників, що включають як енергетичні характеристики, так і фактори безпеки та експлуатаційної ефективності.

Сучасні електромобілі використовують різні типи акумуляторних батарей, серед яких найпоширенішими є літій-іонні (Li-ion) та літій-залізо-фосфатні (LiFePO₄). Вони характеризуються різними енергетичними щільностями, масою та ККД [1,2]. Наукові дослідження показують, що розташування батарей у підлозі кузова сприяє зниженню центра мас, покращує курсову стійкість і підвищує безпеку [3].

Енергоефективність системи живлення визначається сумарним ККД батареї, інвертора та електродвигуна, а також впливом на масу та розподіл

навантажень у кузові автомобіля [4]. Різні схеми компонування батарей впливають на питомі енергетичні характеристики та тривалість експлуатації електроприводу. Отже, науково обґрунтований вибір оптимальної системи живлення потребує комплексної оцінки технічних, експлуатаційних та безпекових параметрів з використанням як розрахункових, так і рейтингових показників.

Для дослідження використано інтегрований підхід, що включає аормування системи критеріїв оцінювання, яка охоплює:

- енергетичну ємність батареї;
- масу батарейної системи;
- питому енергоємність;
- сумарний ККД системи живлення;
- умови охолодження та пожежну безпеку;
- зручність технічного обслуговування.

Кількісні розрахунки, включно з визначенням енергетичної ємності батареї:

$$E = U \cdot C$$

питомої енергоємності системи:

$$C_s = E/m_s$$

розрахункового запасу ходу:

$$L = E \cdot q$$

сумарного ККД електроприводу:

$$\eta = \eta_b \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{dv}$$

Якісна оцінка експертів – використання рейтингової шкали 1–30 для визначення впливу на центр мас, умов охолодження, рівня пожежної безпеки та зручності обслуговування. Порівняльний аналіз трьох схем розташування батарей – підлога кузова, центральна частина, задня частина (рис 1).

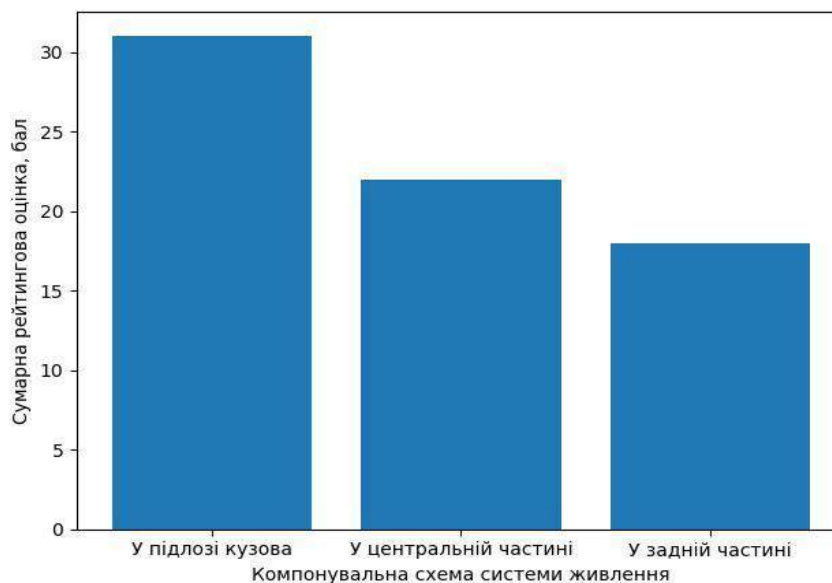


Рис.1. Порівняння систем за сумарною рейтинговою оцінкою

Візуалізація результатів – графічне представлення сумарної рейтингової оцінки, радарних діаграм та запасу ходу (рис 2).

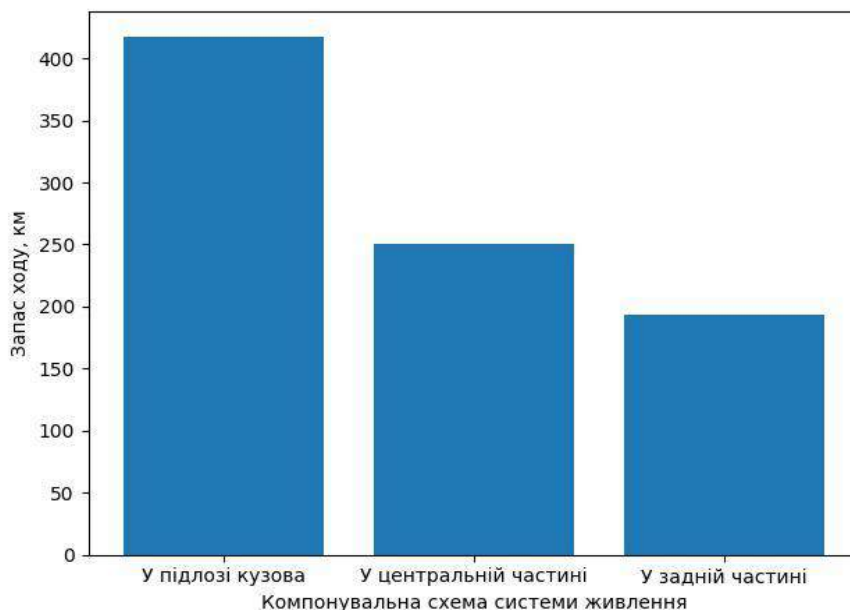


Рис.2. Порівняльна радарна діаграма якісних показників систем живлення електромобілів

У результати дослідження сформовано таблицю основних критеріїв оцінювання (табл. 1), що дозволяє комплексно оцінювати всі системи живлення електромобілів.

Таблиця 1 – Основні критерії оцінювання систем живлення

Критерій	Характеристика	Спосіб оцінювання
Енергетична ємність	Визначає запас ходу та автономність	Розрахунковий
Маса системи	Впливає на динаміку та енерговитрати	Розрахунковий
Питома енергоемність	Ефективність використання маси батареї	Розрахунковий
Енергоефективність	Сумарний ККД батареї, інвертора та двигуна	Розрахунковий
Охолодження	Стабільна робота батареї	Якісний
Пожежна безпека	Захист від аварійних режимів	Якісний
Обслуговування	Зручність доступу та діагностики	Якісний

Порівняльний аналіз систем живлення. Для трьох схем розташування батарей (підлога, центр, задня частина) проведено аналіз кількісних і рейтингових показників (табл. 2).

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз систем живлення електромобіля

Показник	Підлога кузова	Центральна частина	Задня частина
Енергетична ємність, кВт·год	75	45	35
Маса батарейної системи, кг	480	320	300
Питома енергоємність, Вт·год/кг	156	141	117
Розрахунковий запас ходу, км	417	250	194
Вплив на центр мас, бал	5	3	2
Умови охолодження, бал	5	3	2
Пожежна безпека, бал	5	3	2
Зручність обслуговування, бал	3	4	5
Сумарна рейтингова оцінка	31	22	18

Аналіз:

- підлогова схема найефективніша за всіма ключовими параметрами;
- центральне розташування компромісне рішення для гібридних платформ;
- задня схема найменш ефективна, доцільна лише у спеціалізованих або експериментальних електромобілях.

Розташування батареї у підлозі кузова забезпечує низький центр мас, що покращує керованість та безпеку (рис 3). Висока енергетична ємність і питома енергоємність дозволяють максимально ефективно використовувати акумуляторну батарею. Центральна схема є компромісною, а заднє розташування батареї обмежує експлуатаційні можливості.

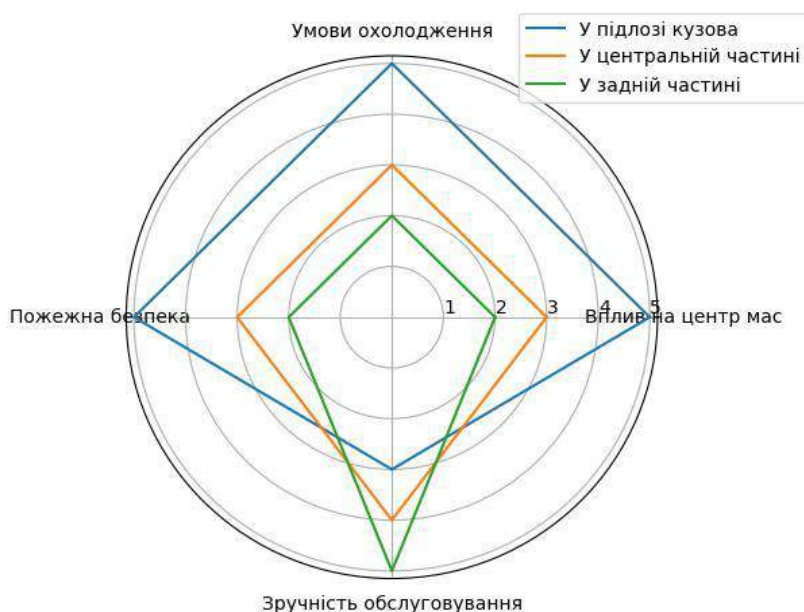


Рис.3. Порівняння розрахункового запасу ходу електромобіля для різних компоновальних схем систем живлення

Результати узгоджуються з сучасними дослідженнями ефективності літій-іонних батарей та схем розташування [5,6], що підтверджує наукову достовірність отриманих висновків. У роботі розроблено методику оцінювання систем живлення електромобілів, що поєднує кількісні та якісні показники. На її основі виконано порівняльний аналіз трьох схем розташування акумуляторних батарей. Встановлено, що оптимальним рішенням є підлогове розташування батареї, яке забезпечує більший запас ходу, ефективне використання маси та підвищену безпеку.

Висновки. Дослідження свідчать, що оптимальною системою живлення сучасного електромобіля є розташування акумуляторного пакета в підлозі кузова. Застосування комплексного підходу до оцінки систем живлення дозволяє всебічно порівнювати різні конструктивні схеми з урахуванням технічних, експлуатаційних та безпекових параметрів. Отримані результати можуть бути використані для проектування нових електромобільних платформ, оптимізації електроприводів, а також підвищення енергоефективності та безпеки транспортних засобів. Перспективи подальших досліджень включають врахування динаміки процесів заряду та розряду, деградації батарей, інтеграції систем рекуперації енергії та прогнозування експлуатаційних витрат.

Список літератури

- 1.Багач Р. В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільного електротранспорту з використанням зарядних станцій постійного струму: дис.... д-ра техн. наук: 05.22.20 / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харків, 2024. <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343>
- 2.Багач Р.В.,Латвинський В.Д. (2025). Вибір майбутнього для електротранспорту та енергозбереження. III Всеукраїнська наукова конференція здобувачів освіти і молодих учених «Відбудова транспортної інфраструктури України». Збірник тез доповідей. – К.: НТУ, 2025. – 461 с. – с.144-145. https://drive.google.com/file/d/1rYmW-l8i9qIM0yGFqKIntPD0SmWiq_iI/view
- 3.P. Wang, “Effect of electric battery mass distribution on electric vehicle movement safety,” *Vibroengineering PROCEDIA*, Vol. 33, pp. 78–83, Oct. 2020, <https://doi.org/10.21595/vp.2020.21569>
- 4.Гнатов А. В., Аргун І. В., Багач Р. В., Гнатова Г.А., Тарасова В. В., Ручка О. О. Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. Х.: ХНАДУ, 2021. № 20. – С. 17-26. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2021.20.0.02>
- 5.Belingardi, G., & Scattina, A. (2023). Battery pack and underbody: Integration in the structure design for battery electric vehicles—Challenges and solutions. *Vehicles*, 5(2), 498-514. <https://www.mdpi.com/2624-8921/5/2/28>
- 6.Латвинський, В.Д., & Багач, Р.В. (2024). Дослідження літій-іонних батарей для експлуатації електромобілями при різних температурних умовах. ISSN 2074-2630 Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика» №1(30)'2024. <https://doi.org/10.31474/2074-2630-2024-1-58-64>

УДК 629.7

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Момот М.М., к.т.н., доц.,
Харківський Національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
м. Харків, Україна, mmm071168@gmail.com
Добров Н. Г., здобувач РВО PhD
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»,
м. Харків, Україна

Анотація. проведено порівняльний аналіз сучасних методів проектування повітряних суден з точки зору охоплення життєвого циклу, рівня безпеки, етапів застосування та ключових обмежень. Показано еволюцію методів проектування від локальної орієнтації на концептуальний етап до інтегрованого управління безпекою протягом усього життєвого циклу повітряного судна

Ключові слова: повітряне судно, проектування, життєвий цикл, безпека польотів, системна інженерія, цифровий двійник

Сучасне проектування повітряних суден здійснюється в умовах посилення вимог до рівня безпеки польотів, економічної ефективності та відповідності міжнародним нормам льотної придатності. Тому проектування повітряних суден є одним з найбільш складних інженерних процесів, що поєднує вимоги аеродинаміки, міцності, експлуатаційної ефективності, економічності, передусім, безпеки польотів. Сучасні виклики авіаційної галузі – зростання складності бортових систем, жорсткі регуляторні вимоги, необхідність зниження витрат протягом життєвого циклу – зумовили еволюцію методів проектування від класичних підходів до інтегрованих системних концепцій.

Актуальність порівняльного аналізу методів проектування повітряних суден полягає у необхідності обґрунтованого вибору методології залежно від стадії життєвого циклу, цілей проекту та вимог до рівня безпеки.

Проведемо порівняльний аналіз основних методів проектування повітряних суден з визначенням їх переваг, обмежень та сфери доцільного застосування.

Аналіз наукових і нормативних джерел показує, що на сьогодні відсутній універсальний метод проектування повітряного судна, який би дозволяв в повній мірі кількісно оцінювати вплив проектних рішень на рівень безпеки польотів протягом усього життєвого циклу повітряних суден.

На сучасному етапі ключове місце займають наступні методи проектування повітряних суден:

- системна інженерія (Systems Engineering), як основа інтегрованого проектування розглядає повітряне судно як складну ієрархічну систему, що складається з взаємопов'язаних підсистем. Даний підхід охоплює весь життєвий цикл повітряних суден – від формування вимог до утилізації. Рівень

безпеки в межах системної інженерії оцінюється як середній, оскільки безпекові аспекти інтегруються у вимоги, але не завжди формалізуються за допомогою спеціалізованих методів аналізу небезпек. Основною перевагою System Engineering є цілісність та керованість процесу проектування. Водночас суттєвим недоліком є висока складність реалізації, значні вимоги до міждисциплінарної взаємодії та ресурсомісткості процесу;

- паралельне (Concurrent Engineering) проектування передбачає одночасну роботу над різними аспектами проекту – конструкцією, технологією виробництва, експлуатацією та обслуговуванням. Це дозволяє суттєво скоротити терміни розробки та підвищити узгодженість рішень. Даний метод повністю охоплює життєвий цикл, проте зосереджується переважно на ранніх стадіях проектування. Рівень безпеки оцінюється як середній, оскільки формалізовані процедури аналізу безпеки часто відсутні або виконуються фрагментарно. Ключовим обмеженням Concurrent Engineering є недостатня формалізація безпекових процесів, що ускладнює сертифікацію складних авіаційних систем;

- модельно-орієнтована системна інженерія (Model-Based Systems Engineering, MBSE) у поєднанні з технологією цифрових двійників є одним з найбільш прогресивних підходів до проектування повітряних суден. Вона базується на використанні єдиної цифрової моделі, яка супроводжує виріб протягом усього життєвого циклу. MBSE забезпечує високий рівень безпеки завдяки можливості моделювання відмов, аналізу сценаріїв та прогнозування поведінки систем у різних умовах експлуатації. Цифровий двійник дозволяє здійснювати віртуальні випробування та оптимізацію ще до фізичної реалізації конструкції. Основним обмеженням цього підходу є високі вимоги до якості, повноти та актуальності даних, а також значні фінансові витрати на впровадження відповідної інфраструктури;

- стандарти ARP4754A та ARP4761 є ключовими інструментами забезпечення безпеки при проектуванні авіаційних систем. Вони орієнтовані на системний рівень і забезпечують високий рівень формалізації процесів аналізу безпеки. З точки зору життєвого циклу ці стандарти охоплюють його частково, зосереджуючись переважно на етапах системного проектування. Їх обмеженням є недостатня орієнтація на концептуальну стадію та економічні аспекти життєвого циклу.

Проведений аналіз показав, що еволюція методів проектування повітряних суден спрямована на все більш повне охоплення життєвого циклу та підвищення рівня безпеки. Класичні підходи поступаються інтегрованим системним методологіям, таким як MBSE та цифрові двійники, які забезпечують прогнозний характер управління ризиками.

На підставі вище проведеного аналізу нижче представлено порівняльну характеристику методів проектування повітряних суден (табл. 1). Аналіз таблиці показує, що жоден з існуючих підходів не забезпечує комплексної кількісної оцінки взаємного впливу проектних параметрів, життєвого циклу та рівня безпеки польотів на ранніх стадіях проектування. Оптимальним напрямком розвитку є комбіноване застосування системної інженерії, MBSE та

стандартів ARP4754A/ARP4761, що дозволяє поєднати високу формалізацію безпеки з ефективним управлінням життєвим циклом повітряного судна

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз методів проектування повітряних суден

Метод	Життєвий цикл	Безпека	Стадії	Основні обмеження
Класичне проектування	Частково	Обмежено	Концептуально	Ігнорує експлуатаційні ризики
System Engineering	Повно	Середньо	Усі	Висока складність
Concurrent Engineering	Повно	Середньо	Ранні	Недостатня формалізація безпеки
MBSE / Digital Twin	Повно	Високо	Усі	Високі вимоги до даних
ARP4754A / ARP4761	Частково	Високе	Системи	Обмежена орієнтація на концептуальність

Це зумовлює наукову проблему, яка полягає у необхідності розробки інтегрованого методу проектування повітряного судна з урахуванням особливостей його життєвого циклу та заданого рівня безпеки польотів. Перспективними напрямками подальших досліджень є розробка формалізованих методів комплексної оцінки ефективності проектних рішень, а також адаптація існуючих підходів до нових типів повітряних суден, зокрема безпілотних та гібридно-електричних.

Список літератури

1. Ring J. The Role of Concurrent Engineering in Aircraft Development // *Journal of Aircraft*. – 2002. – Vol. 39, No. 4. – p. 612-619.
2. Азаров В. М. Основи проектування літальних апаратів: навч. посіб. – К.: НАУ, 2012. – 320 с.
3. Krivova S., Zvorykin C., Trubachev S. Adaptation of corporate model of Ukrainian aircraft product life cycle to the international methodology of systems engineering // *Mechanics and Advanced Technologies*. – 2023. – Vol. 7, No. 3(99). – p. 394-404. – DOI: 10.20535/2521-1943.2023.7.3.289919.
4. SAE International. *ARP4754A: Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems*. SAE International, Warrendale, PA, USA, 2010.
5. Estefan J. Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies. – INCOSE, 2007.
6. Madni A. M., Madni C. C., Lucero S. D. Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering // *Systems*. – 2019. – Vol. 7(1).

УДК 681.07

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ НАВІГАЦІЙНОГО МОДУЛЯ БДМ В СЕРЕДОВИЩІ PROTEUS

Плугіна Т.В., к.т.н., доц.
Теліцин Д., здобувач РВО бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, plutan2016@ukr.net

Анотація. Проведено дослідження задачі моделювання роботи навігаційного модуля будівельно-дорожньої машини в програмному середовищі Proteus. Визначено основні вимоги щодо компонентів навігаційного модуля БДМ. Обґрунтовано вибір сенсорів, модулів зв'язку та керуючого контролера для контролю робочих параметрів.

Ключові слова: будівельна машина, імітаційна модель, компоненти, контролер, модуль, моделювання, навігація, робочий орган, сенсор, середовище.

Насьогодні в галузі проектування дорожньо-будівельних машин затверджується тенденція спрощення управління за рахунок впровадження інтелектуальних навігаційних модулів. Навігаційний модуль вирішує задачі контролю положення машини та її робочих органів [1]. Метою роботи є підвищення ефективності функціонування БДМ за рахунок вибору компонентів навігаційного модуля системи управління. Об'єкт дослідження – навігаційний модуль СУ БДМ. Задачі роботи: проаналізувати сучасні технічні пристрої щодо управління БДМ; обґрунтувати методи вибору компонентів навігаційного модуля; провести моделювання роботи в середовищі Proteus та обґрунтувати результати дослідження.

Сучасні машини мають телеметричні модулі супутникової навігації, GPS технології, вбудовані бортові діагностичні системи для окремих виконавчих органів, адаптоване управління робочим процесом, розпізнавання і модифікацію паливної суміші, а також регулювання витрати палива. Засоби навігації контролюють роботу виконавчих органів, дії оператора та стандарти технічного обслуговування [2].

Структурна схема навігаційного модуля БДМ наведена на рис. 1. Навігація машини в просторі обумовлена побудовою маршруту та параметрами руху, аналізом впливу зовнішнього середовища та внутрішнього стану. Високообчислювальні системи маршруту розроблені на базі штучного інтелекту та геоінформаційних технологіях. Вископотужні процесори можуть в реальному часі відтворювати траєкторію руху на складних тривимірних картах. Вибір компонентів навігаційного модуля для БДМ – складний процес, від його результатів залежить зручність управління, кількість робочих операцій, надійність функціонування та безпека [3].

При здійсненні технології проектування навігаційного модуля базовим є метод багатокритеріальної оптимізації, що має декомпозицію загальної задачі на локальні: вибір сенсору перешкод, вибір приймача GPS модуля супутникової навігації; вибір контролеру.

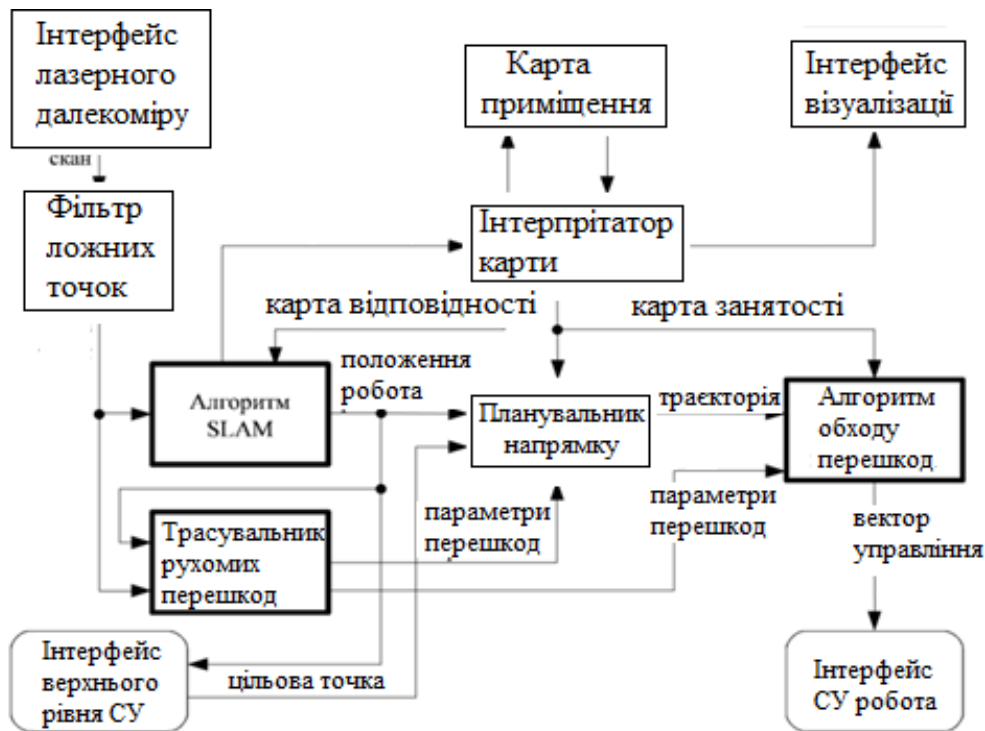


Рис. 1. Структурна схема навігаційного модуля БДМ

Всі показники підсистем управління тісно зв'язані між собою, багато з них суперечливі, тобто поліпшення одного показника приводить до погіршення іншого. Для знаходження оптимального варіанту виникає необхідність використання методів багатокритеріальної оптимізації.

В якості головного елементу контролю перешкод виступає датчик LIDAR. За допомогою цього приладу можна згенерувати детальну об'ємну карту навколишньої місцевості.

Навігаційний модуль використовується як інтерфейс між робочим обладнанням машини та GPS інтенсифікатором. Призначення GPS інтенсифікатору сполучати дані між робочими станціями та супутником. В якості компонента супутникової навігації виступає приймач GPS сигналів. Аналіз технічних характеристик різних типів сучасних приймачів GPS наведено на рис. 2.

Проводимо аналіз технічних характеристик польових контролерів та обираємо контролер Trimble TCU5. Польовий контролер являє собою високопродуктивний польовий комп'ютер на платформі Android з GSM модемом використовується спільно з супутниковими приймачами для геодезичних вимірювань і комбінованої зйомки з тахеометром. Пристрій оснащений модемом для зв'язку з операторами, експорту даних, завантаження актуальної інформації по об'єкту, що особливо важливо при роботі над динамічно мінливим проектом. Конфігурація обладнання забезпечує комфортну роботу і дозволяє використовувати потужні програмні рішення для обробки даних в польових умовах [4].

Проектована система управління представляє собою сукупність елементів, що керуються відповідним контролером.

Тип приймача GPS / Показник	Leica GR50	Zeno FLX100	System Net Rover	Emlid Reach RS2	Найг. показ	Найкр. показ	Коеф. вагомості
Час ініціалізації, с	10	8	9	5	10	5	0,2
Кількість каналів	555	184	555	72	72	555	0,15
Точність позиціонування, см	0,5	0,7	0,3	0,9	0,9	0,3	0,3
Вага, кг	2,01	0,313	1,020	0,9	2,01	0,313	0,15
Вартість, тис. грн	297	139	197	80	297	80	0,2

Тип приймача GPS / Показник	Leica GR50	Zeno FLX100	System Net Rover	Emlid Reach RS2	Коеф. вагомості
Час ініціалізації, с	0	0,4	0,2	1	0,2
Кількість каналів	1	0,231	1	0	0,15
Точність позиціонування, см	0,666	0,333	1	0	0,3
Вага, кг	0	1	0,583	0,654	0,15
Вартість, тис. грн	0	0,728	0,46	1	0,2
Цільова функція	0,349	0,51	0,669	0,49	

Рис. 2. Аналіз показників різних типів приймачів GPS

Проектуванню схем керування електроприводом передуює попереднє моделювання системи для налаштування окремих вузлів і системи в цілому. Існує безліч програм моделювання СУ, кожне середовище моделювання відрізняється своєрідністю бібліотеки й можливістю надання кінцевих результатів. Реалізація навігаційного модуля управління передбачає підтримку математичної, інформаційної, організаційної та технічної складових. Моделювання в середовищі Proteus об'єднує компоненти для оцінки поточного стану робочого процесу та формування управлінських рішень щодо положення робочих органів БДМ (рис.3).

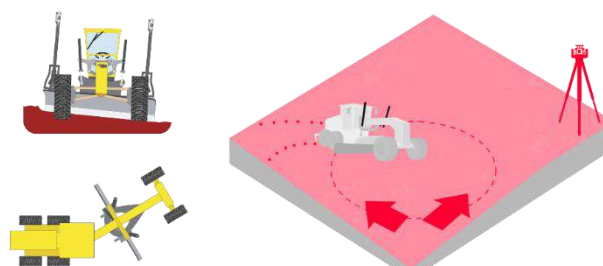


Рис. 3. Аналіз стану робочого процесу

В роботі проведено моделювання робочого процесу навігаційного модуля БДМ на обраних компонентах за допомогою сучасного інструменту моделювання Stm32CubeIDE. Після вибору мікропроцесора STM32 створюється проект, генерується код ініціалізації.

Вхідні умови в програмному коді визначають різні режими роботи машини, її робочих органів (рис.4).

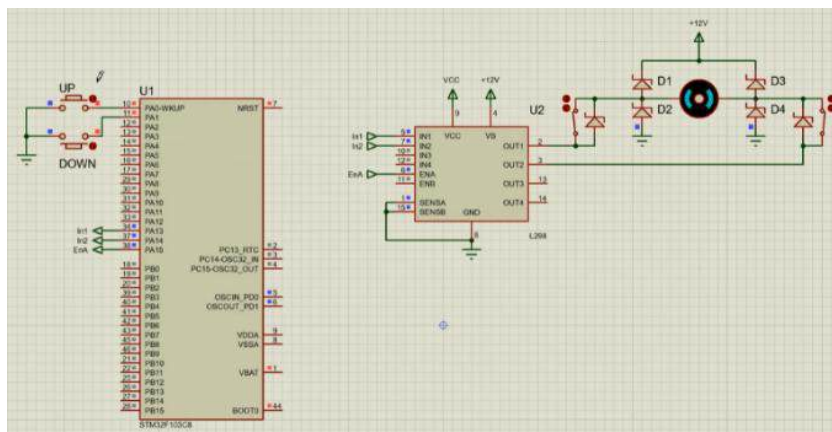
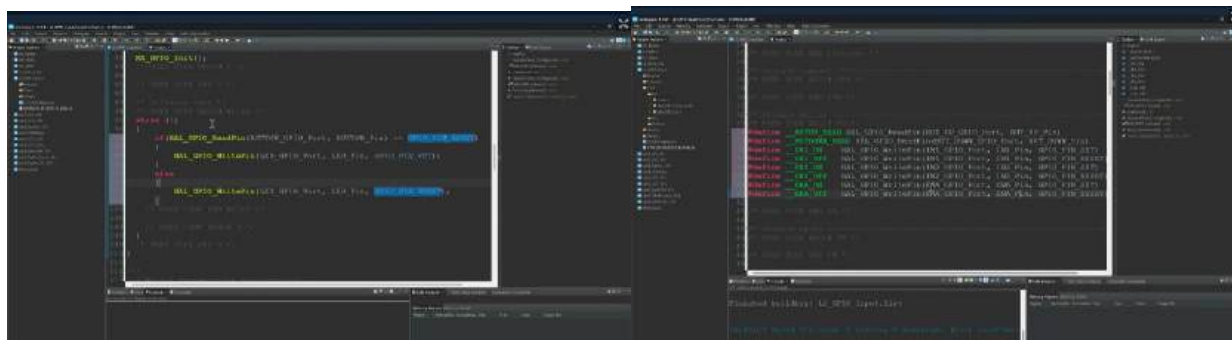


Рис. 4. Програмний код та схема моделювання

Моделювання дозволяє проводити віртуальне тестування мікроконтролерів без урахування апаратних засобів. Цей метод значно спрощує процес розробки і налагодження програмного забезпечення, навіть при підключенні робочої периферії.

Використання таких систем дозволяє реалізовувати два методи машинного контролю (GNSS Base station та SmartNet) робочих параметрів інтелектуальних навігаційних модулів.

Список літератури

1. Бондаренко І.М. Мікропроцесорні системи контролю та керування / І.М. Бондаренко, О.В. Бородин, В.П. Карнаушенко // Навч. посібник для студентів ЗВО. – Харків: ХНУРЕ. – 2020. – 244 с.
2. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник / В. А. Кашканов, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 104 с.
3. Система GPS контроль навантажувача: web сайт: <https://microtronic.com.ua/pogruzchik>.
4. Навігація для вантажного транспорту: web сайт: https://gpsmobile.com.ua/files/Manual/iGO_Primo_QUG.pdf?srsId=AfmBOoqupMG3t744b1Ec4xtxiJp4IIwvPEDpvpbpmNoygFH_ypK.

УДК 004.93:621.865

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ РОБОТИЗОВАНОГО МАНІПУЛЯТОРА В УМОВАХ ЦИФРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Бурдейна В.М., к.т.н., доц.
Дунаєв В.В., здобувач РВО бакалавр
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»
м. Харків, Україна, v.burdeina@khai.edu

Анотація. У роботі розглянуто питання розробки системи технічного зору для робота-маніпулятора з одночасною модернізацією його механічної частини. Запропоновано використання методів контурного аналізу для розпізнавання об'єктів та визначення їх координат у робочому просторі. Обґрунтовано вибір апаратного та програмного забезпечення, що забезпечує ефективне адаптивне керування маніпулятором. Проведена модернізація конструкції сприяє підвищенню точності та надійності роботи системи.

Ключові слова: робот-маніпулятор, технічний зір, контурний аналіз, комп'ютерний зір, автоматизація, цифрові технології, обробка зображень

У сучасних умовах цифровізації промисловості особливого значення набуває впровадження інтелектуальних роботизованих систем, здатних адаптуватися до змінних умов виробничого середовища. Одним із ключових напрямів розвитку є удосконалення роботів-маніпуляторів шляхом поєднання механічної модернізації з використанням інформаційних технологій, зокрема систем технічного зору. Це дозволяє підвищити точність, гнучкість та ефективність виконання виробничих операцій. Використання систем технічного зору забезпечує можливість автоматизованого розпізнавання об'єктів та прийняття рішень у реальному часі без участі оператора. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню рівня автономності роботизованих комплексів і розширенню сфер їх практичного застосування в умовах сучасного виробництва. [1].

У роботі розглянуто модернізацію механічної частини маніпулятора із застосуванням сучасних засобів автоматизованого проектування. Для створення тривимірної моделі використано програмний комплекс SolidWorks, що дозволяє не лише виконувати геометричне моделювання, але й інтегрувати процес підготовки виробництва. У ході модернізації було оптимізовано конструкцію окремих вузлів, зокрема зменшено простір під імпульсний датчик з урахуванням сучасних габаритів сенсорів, збільшено розміри повзуна для розширення робочого діапазону переміщення, а також удосконалено корпусні елементи. Додатково передбачено встановлення енкодера на поворотну вісь, що дозволяє здійснювати контроль кутового положення та підвищує точність роботи системи (рис. 1).

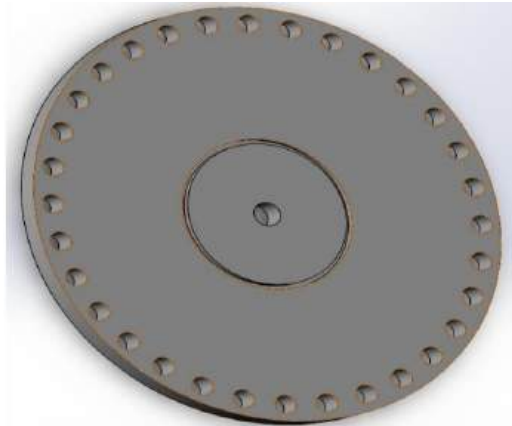


Рис. 1 – 3Д модель диска енкодера створеного в SolidWorks

Важливим етапом є підготовка технологічного процесу виготовлення деталей. Для цього використано САМ-систему Delcam, інтегровану з середовищем SolidWorks, що забезпечує автоматизоване формування керуючих програм для верстатів з числовим програмним керуванням. Такий підхід дозволяє оптимізувати послідовність обробки, зменшити похибки виготовлення та підвищити якість кінцевих виробів.

Поряд із модернізацією механічної частини розроблено систему технічного зору, яка є ключовим елементом адаптивного керування роботоманіпулятором. Запропонована система базується на використанні доступних апаратних засобів, зокрема веб-камери, що значно знижує вартість реалізації у порівнянні з промисловими аналогами. При цьому забезпечується достатній рівень функціональності для вирішення задач розпізнавання об'єктів та визначення їх положення у просторі.

Основною задачею системи технічного зору є ідентифікація об'єктів у робочій зоні, визначення їх координат та передача отриманої інформації до системи керування маніпулятором. Це дозволяє реалізувати адаптивне керування, при якому робот може взаємодіяти з неорієнтованими предметами та працювати в умовах невизначеності. Вхідними даними системи є зображення, отримані з камери, а вихідними – координати об'єктів, їх контури та додаткова інформація, необхідна для виконання операцій захоплення.

Для розв'язання задачі розпізнавання об'єктів використано метод контурного аналізу, який передбачає обробку бінарних зображень. У межах цього підходу об'єкт описується лише за допомогою його зовнішнього контуру, що дозволяє суттєво зменшити обчислювальну складність алгоритмів. Бінаризація зображення здійснюється шляхом порогового перетворення, у результаті чого формується характеристична функція, яка відокремлює об'єкт від фону [2]. Подальша обробка включає визначення геометричних характеристик, зокрема площі об'єкта та координат його центру мас, що використовуються для керування маніпулятором.

Застосування контурного аналізу має низку переваг, серед яких інваріантність до масштабування, повороту та зміщення об'єктів, що є важливим для роботи в реальних умовах. Крім того, використання готових

програмних бібліотек дозволяє спростити реалізацію алгоритмів та скоротити час розробки.

Для забезпечення точного позиціонування маніпулятора використано методи кінематичного аналізу, зокрема підхід Денавіта–Хартенберга [3]. Це дозволяє описати просторове положення ланок маніпулятора та визначити координати захватного пристрою (рис. 2). На основі отриманих даних формується керуючий вплив, який забезпечує точне переміщення до об'єкта та виконання операції захоплення.

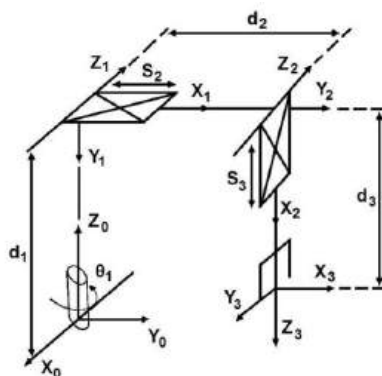


Рис.2. Кінематична схема

Розроблене програмне забезпечення забезпечує обробку даних у реальному часі, організацію взаємодії між компонентами системи та зручний інтерфейс для користувача. Особлива увага приділена надійності роботи, обробці помилок та можливості адаптації до різних апаратних конфігурацій.

Таким чином, у результаті проведених досліджень реалізовано комплексний підхід до підвищення ефективності роботи робота-маніпулятора, що поєднує модернізацію механічної частини та впровадження системи технічного зору. Запропоноване рішення забезпечує підвищення точності, гнучкості та автономності роботи, а також може бути використане у різних галузях промисловості, де необхідна автоматизація процесів обробки та маніпулювання об'єктами.

Список літератури

1. Бурдейна В.М., Губенко Я.А., Новиков В.Є. Штучний інтелект у робототехніці: взаємодія технологій та напрями практичного застосування. Актуальні тенденції розвитку освіти, науки та технологій: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Харків, 2025. С. 22–23.
2. Szeliski R. Computer vision: algorithms and applications. 2nd ed. Cham: Springer, 2022. 832 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34372-9>
3. Corke P. Robotics, vision and control: fundamental algorithms in MATLAB®. 2nd ed. Cham: Springer, 2017. 693 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-54413-7>

УДК 621.311

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЛЕГКОВИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Багач Р.В., д-р філософії (PhD)., доц.

Латвинський В. Д., асистент

Савенко О.В., здобувач РВО бакалавр

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, bagach.ruslan@gmail.com, latvin2000@gmail.com

Анотація. У статті проведено аналіз енергетичних, технічних та економічних параметрів легкових електромобілів для визначення оптимальної системи живлення. Дослідження базується на порівнянні питомої витрати енергії, ємності батарей, дальності пробігу, часу зарядки та вартості. Встановлено, що витрата енергії (0,133–0,212 кВт•год/км) залежить від маси й класу автомобіля. Виявлено пряму залежність між ємністю батареї та запасом ходу, а також вплив типу зарядної інфраструктури на тривалість зарядки. Обґрунтовано ефективність системи на основі літій-іонної батареї, інвертора та електродвигуна змінного струму. Результати можуть бути використані при проектуванні електромобілів.

Ключові слова: електромобіль, система живлення, літій-іонна батарея, електропривід, інвертор, енергоефективність, зарядка, дальність пробігу

Вступ. Сучасний розвиток автомобільної промисловості характеризується активним переходом до електричного транспорту, що обумовлено необхідністю зменшення викидів шкідливих речовин та підвищення енергоефективності. Важливим аспектом проектування електромобілів є вибір оптимальної системи живлення, яка визначає технічні, економічні та експлуатаційні характеристики транспортного засобу [1].

Основними параметрами, що впливають на ефективність електромобіля, є питома витрата енергії, ємність акумуляторної батареї, запас ходу, час зарядки та вартість. Аналіз цих параметрів дозволяє визначити найбільш раціональні технічні рішення для створення конкурентоспроможних електромобілів [2,3].

Метою дослідження є визначення оптимальної системи живлення легкового електромобіля на основі комплексного аналізу енергетичних, технічних та економічних показників сучасних моделей.

Основна частина дослідження. Проведений аналіз показав, що питома витрата енергії електромобілів знаходиться в межах 0,133 – 0,212 кВт•год/км (рис 1). Найнижчі значення характерні для компактних моделей, таких як BMW i3, Renault Zoe та Tesla Model 3, тоді як великі автомобілі, зокрема Tesla Model X 100D і Jaguar I-Pace, характеризуються підвищеним енергоспоживанням.

Встановлено, що дальність пробігу майже прямо пропорційна ємності акумуляторної батареї. Наприклад, Lucid Air Grand Touring має батарею ємністю 112 кВт•год і забезпечує запас ходу до 755 км, що є одним із найкращих показників у своєму класі (рис 2).

Час зарядки суттєво залежить від типу зарядного обладнання. Використання побутової мережі 220 В потребує кількох годин, тоді як швидкі

зарядні станції постійного струму дозволяють скоротити цей час до 30–60 хвилин (рис 3) [4].

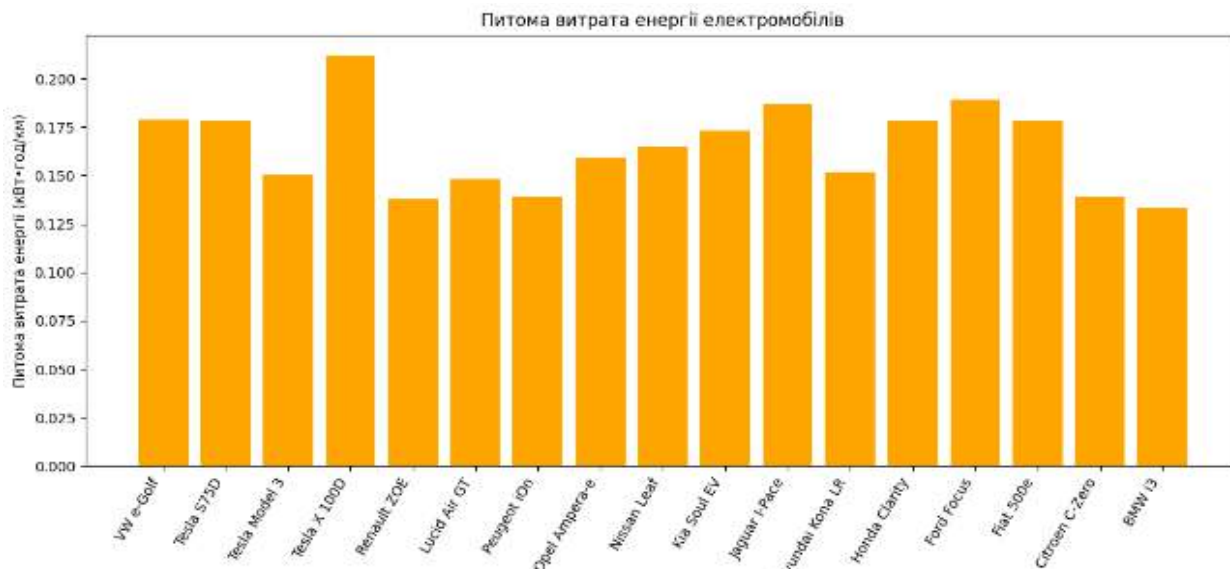


Рис. 1. Питома витрата енергії коливається від 0,133 кВт·год/км до 0,212 кВт·год/км

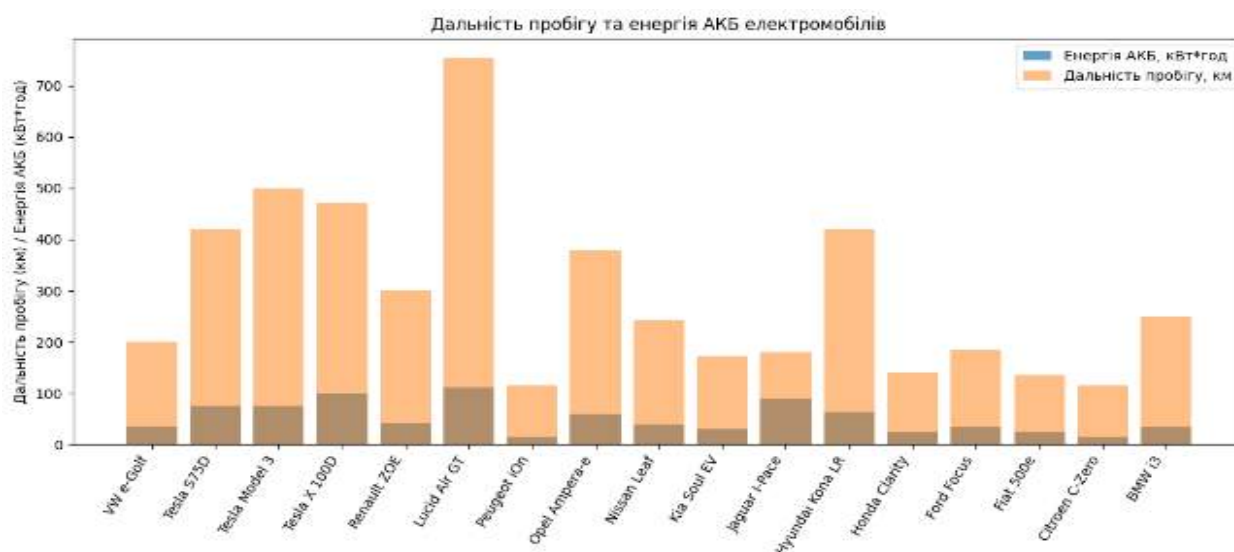


Рис. 2. Дальність пробігу майже прямо пропорційна енергії батареї

Аналіз вартості показав, що вона прямо впливає на технічні характеристики електромобіля. Дорожчі моделі, як правило, мають більшу ємність батареї, кращі динамічні характеристики та розвинену систему швидкої зарядки (рис 4).

У результаті встановлено, що оптимальне співвідношення ефективності та вартості демонструють електромобілі середнього класу, зокрема Tesla Model 3, Nissan Leaf та Opel Ampera-e [4].

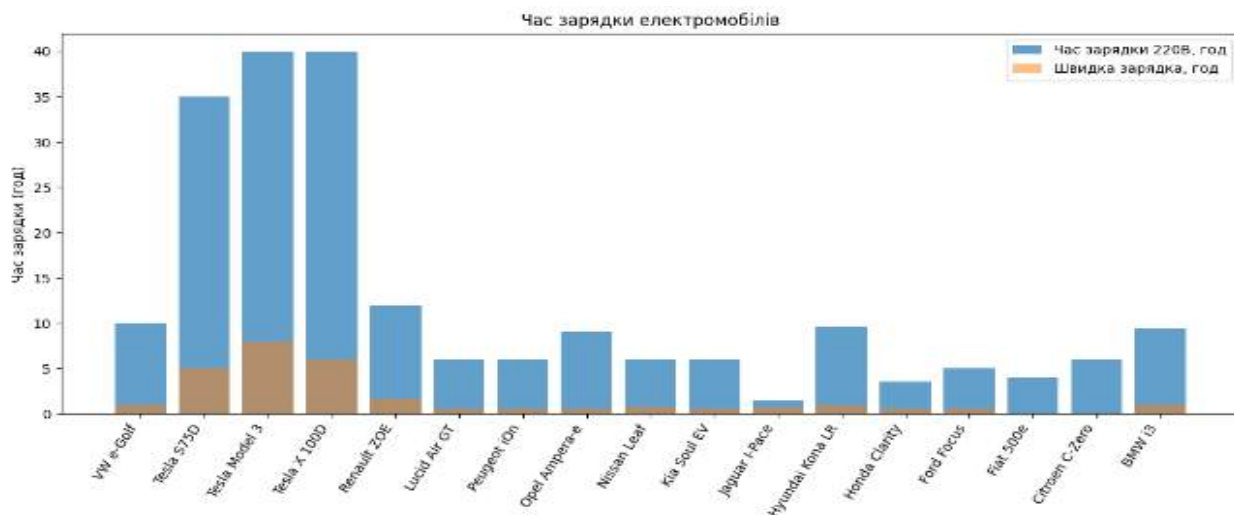


Рис.3. Час зарядки залежить від типу зарядного пристрою

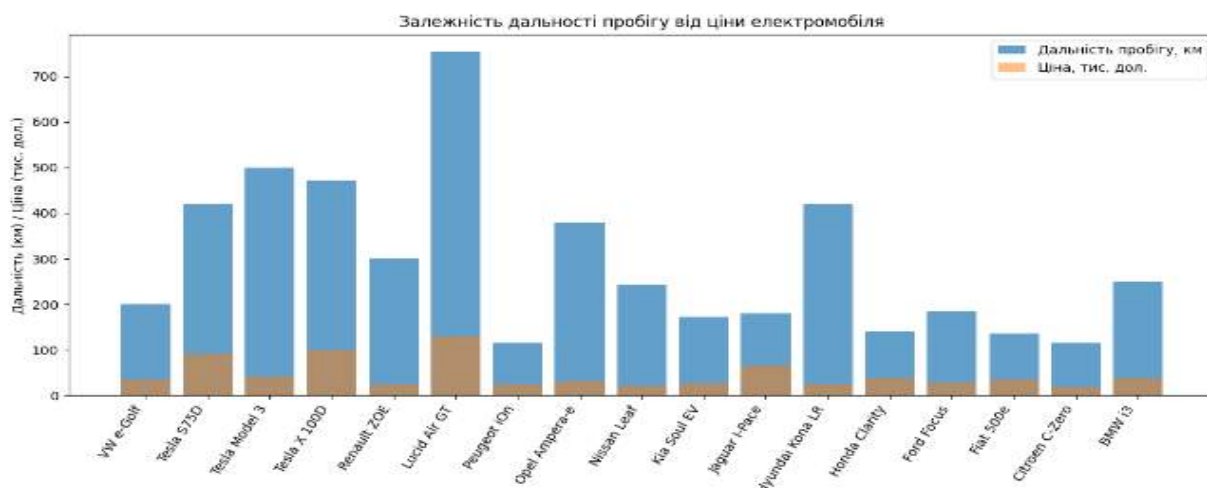


Рис.4. Вартість автомобіля прямо впливає на дальність пробігу

Обґрунтування оптимальної системи живлення. Порівняльний аналіз показав, що сучасна система живлення електромобіля повинна включати такі основні компоненти:

- високовольтну літій-іонну батарею (40–75 кВт•год і більше);
- інвертор для перетворення постійного струму в змінний;
- електродвигун змінного струму (синхронний або асинхронний);
- DC/DC перетворювач для живлення допоміжних систем;
- систему керування батареєю (BMS) [5];
- інтерфейси для зарядки від AC та DC джерел.

Порівняння архітектур показало, що системи живлення Tesla Model 3 та Nissan Leaf є найбільш збалансованими за показниками ефективності, надійності та вартості. Такі системи характеризуються мінімальними енергетичними втратами, високим ККД та універсальністю щодо умов експлуатації.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що оптимальна система живлення легкового електромобіля повинна базуватися на повністю

електричному приводі з використанням високовольтної літій-іонної батареї, ефективного інвертора та електродвигуна змінного струму. Доведено, що:

- питома витрата енергії визначається масою та класом автомобіля;
- дальність пробігу прямо залежить від ємності батареї;
- час зарядки визначається типом зарядної інфраструктури;
- вартість автомобіля корелює з його технічними характеристиками.

Найбільш раціональним є використання систем живлення середнього класу, які забезпечують оптимальний баланс між вартістю, ефективністю та експлуатаційними характеристиками. Отримані результати можуть бути використані при розробці нових електромобілів та вдосконаленні існуючих систем електроприводу.

Список літератури

- 1.Багач, Р.В., & Гнатов, А.В. (2022). Енергозбереження у секторі міського електротранспорту. "Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування " СЕУТТОО-2022: 13-а Міжнародна науково-практична конференція, 07-09 вересня 2022 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія. (с.105–108).
- 2.Багач Р.В.,Латвинський В.Д. (2025). Вибір майбутнього для електротранспорту та енергозбереження. III Всеукраїнська наукова конференція здобувачів освіти і молодих учених «Відбудова транспортної інфраструктури України». Збірник тез доповідей. – К.: НТУ, 2025. – 461 с. – с.144-145. https://drive.google.com/file/d/1rYmW-l8i9qIM0yGFqKIntPD0SmWiq_iI/view
- 3.Hnatova A., Bagach R., Sokhin P. Economic and environmental impact of electric vehicles // Proceedings of the Fourth International Scientific and Practical Conference "Automotive Transport and Infrastructure". Kyiv, 2021. P. 215–217. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u129/zbirnik_tez_ati_2021.pdf
- 4.Багач Р. В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільного електротранспорту з використанням зарядних станцій постійного струму: дис.... д-ра техн. наук: 05.22.20 / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харків, 2024. <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343>
- 5.Багач, Р.В., Нетребенко, О.В. (2024). Тенденції та майбутнє систем контролю літій-іонних батарей. «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології» Збірка матеріалів IX Міжнародної науково-технічної Інтернет-конференції (Харків, 21-22 листопада 2024 р.). Харків: ХНАДУ – С. 41-43. https://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-AUTOMOBILE/Автомобільної_електроніки/Документи/Крнференції/Збірка_тез_доповідей_2024_1_.pdf
- 6.Багач Р. В., Латвинський В. Д. (2025). Інноваційні системи живлення електротранспорту з технологіями V2G та V2B. Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасне автомобілебудування, транспорт і дорожня інфраструктура '2025 (MAITRI 2025)» / Редактори: Д. М. Леонт'єв, О.В. Воропай, О.В. Біловол Харків: ФОП Бровін О.В., 2025. 450 с. – с.300-303. https://drive.google.com/file/d/13q645XbyYZfncE4ZDNIHUBg_eTQy2bw2/view

УДК 544.77.022.537

ІНТЕРАКТИВНА ВЕБ-ОРІЄНТОВАНА ПРОГРАМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ В ПРОЦЕСАХ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Калюжний О.Б., к.т.н., доц.
Марченко М.М., здобувач РВО PhD
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, albokal@btu.kharkov.ua
Платков В.Я., д.ф.м. наук
Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

Анотація. Розроблено веб-орієнтоване програмне забезпечення для автоматизованого розрахунку та оптимізації режимів різання при точінні, свердлінні та фрезеруванні. Програма реалізована на базі сучасних веб-технологій з використанням інтерактивного інтерфейсу, що дозволяє отримувати оптимальні параметри обробки та оперативно розробляти технологічні процеси.

Ключові слова: цифрові технології, web-програмування, оптимізація режимів різання, механічна обробка

У сучасному машинобудуванні одним із основних напрямів підвищення ефективності виробництва є впровадження цифрових технологій у процеси технологічної підготовки виробництва, зокрема визначення раціональних режимів різання операцій механічної обробки. Оптимізація режимів різання безпосередньо впливає на продуктивність обробки, стійкість інструменту, якість поверхні деталей та економічну ефективність виробництва.

Звичайно розрахунок режимів різання виконується на основі довідкових таблиць, емпіричних залежностей та досвіду інженера-технолога. Такий підхід потребує значних витрат часу, а також може призводити до похибок у розрахунках. У зв'язку з цим актуальним є створення програмних інструментів, що дозволяють автоматизувати процес визначення оптимальних параметрів обробки та підвищити точність технологічних розрахунків.

Метою даної роботи є розробка інтерактивної програми для розрахунку режимів різання при виконанні основних операцій механічної обробки, зокрема точіння, свердління та фрезерування, з використанням сучасних web-технологій.

Розроблена програма реалізована у вигляді web-орієнтованого додатку, що дозволяє використовувати її на різних пристроях без необхідності встановлення спеціалізованого програмного забезпечення (<https://warm-precise-cut-flow.base44.app>). Такий підхід забезпечує доступність системи для широкого кола користувачів, включаючи інженерів-технологів, студентів технічних спеціальностей та викладачів. Програмний комплекс реалізує інтерактивну взаємодію з користувачем через графічний інтерфейс, у якому передбачено введення параметрів обробки та автоматичний розрахунок оптимальних параметрів режимів різання (рис.1).

1 Вихідні дані

ТИП ОБРОБКИ

Фрезерування (торцеве / кінцеве)

Матеріал заготовки: Сталь конструкційна (до 800 МПа)

Матеріал інструменту: T15K6 (Твердий сплав)

Геометрія та режими

Діаметр фрези D (мм): 50

Глибина різання t (мм): 5

Подача на зуб sz (мм/зуб): 0,03

Ширина фрезерування B (мм): 40

Кількість зубців z: 6

Спійкість T (хв): 60

Вид проходу: Чорновий (Kv=1.0)

Обладнання

Потужність (кВт): 7,5

ККД (η): 0,8

Макс. оберти: 3000

Емпіричні коефіцієнти

Cv	q	x	y	u	p
280	0,2	0,2	0,4	0,4	0,1
π	Kv	Cr	xp	yp	up
0,33	1	68	0,86	0,72	1
qr	kr				
0,86	1				

Виконати розрахунок

2 Результати розрахунку

Режим безпечний. Завантаження верстата: 79.7%.

Швидкість різання (v)	159.0 м/хв
Частота обертання (n)	1012 об/хв
Хвилинна подача (sm)	182.2 мм/хв
Сила різання (Pz)	1804 Н
Потужність різання (Ne)	4.78 кВт

Протокол розрахунку

Швидкість різання:

$$v = (C_v \cdot D^q \cdot K_v) / (T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p) = 159.0 \text{ м/хв}$$

Частота обертання:

$$n = (1000 \cdot v) / (\pi \cdot D) = 1012 \text{ об/хв}$$

Хвилинна подача:

$$s_m = s_z \cdot z \cdot n = 0.036 \cdot 6 \cdot 1012 = 182.2 \text{ мм/хв}$$

Сила різання (Pz):

$$P_z = (10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p) / D^q \cdot K_p = 1804 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N_e = (P_z \cdot v) / 60000 = 4.78 \text{ кВт}$$

Аналіз потужності від подачі

Рис. 1. Інтерфейс програми для автоматизованого розрахунку та оптимізації режимів різання

Алгоритми програми базуються на класичних методиках визначення режимів різання, що широко застосовуються у машинобудівному виробництві. У процесі розрахунку враховуються такі параметри, як матеріал та геометрія заготовки, матеріал ріжучого інструменту, глибина різання, подача, а також технологічні обмеження обладнання.

На основі введених даних система визначає швидкість різання, частоту обертання шпинделя, подачу на оберт або зуб, а також інші параметри, необхідні для забезпечення ефективного процесу обробки. Введення вихідних даних здійснюється через спеціальні форми, а результати розрахунку відображаються у зручному для аналізу вигляді. Передбачено можливість оперативної зміни параметрів обробки з автоматичним перерахунком режимів, що дозволяє проводити швидку оптимізацію технологічних параметрів.

Особливістю розробленої системи є використання web-технологій для реалізації обчислювального ядра та користувацького інтерфейсу (рис.2). Такий підхід дозволяє забезпечити інтерактивність роботи програми, швидкість обчислень та можливість подальшого розширення функціональних можливостей. Крім того, система може бути інтегрована з іншими інформаційними ресурсами, що використовуються у цифровому виробництві.



Рис.2. Універсальна хмарна архітектура

Перспективним напрямом подальшого розвитку системи є розширення функціональних можливостей за рахунок включення додаткових технологічних операцій, створення та підключення баз даних інструментів та матеріалів, а також інтеграція з CAD/CAM-системами. Це дозволить сформувати комплексне цифрове середовище підтримки прийняття технологічних рішень у машинобудуванні.

Таким чином, розроблена web-орієнтована інтерактивна програма для розрахунку режимів різання є ефективним інструментом цифровізації технологічних процесів механічної обробки. Її використання сприяє підвищенню точності інженерних розрахунків, оптимізації виробничих процесів. Програмний комплекс також може бути використаний у навчальному процесі для підготовки студентів машинобудівних спеціальностей, оскільки забезпечує наочну демонстрацію взаємозв'язку між параметрами обробки та режимами різання, що покращає підготовку майбутніх фахівців у галузі машинобудування.

Список літератури

1. Chen, X., Li, C., Tang, Y. *et al.* Energy efficient cutting parameter optimization. *Front. Mech. Eng.* **16**, 221–248 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11465-020-0627-x>
2. Stephenson D. A., Agapiou J. S. *Metal Cutting Theory and Practice*. – 3rd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2016. – 900 p.
3. Теорія різання [Електронний ресурс]: Підручник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка / О. В. Глоба, В. В. Вовк, Д. А. Красновид, В. І. Солодкий. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 248 с

УДК 621.002:004.8

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ: ВІД АВТОМАТИЗАЦІЇ ДО АНДРОЇДИЗАЦІЇ

Циб А.О., здобувачка РВО бакалавр,
Сирий В.М., старш. викладач,
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, anna.tsyb.07@gmail.com

Анотація. У статті досліджено вплив цифрових технологій на розвиток машинобудування, зокрема інтеграцію роботизованих систем на основі штучного інтелекту. Розглянуто еволюцію від автоматизації до створення антропоморфних роботів, здатних до взаємодії з людиною у виробничому середовищі. Особливу увагу приділено філософсько-етичним аспектам роботизації. Визначено перспективи впровадження когнітивних роботів у машинобудівну галузь України.

Ключові слова: цифрові технології, машинобудування, роботизація, штучний інтелект, андроїди, людиноподібні роботи.

Сучасне машинобудування перебуває на етапі глибокої трансформації, зумовленої впровадженням цифрових технологій, штучного інтелекту та роботизованих систем. Концепція Індустрії 4.0, яка передбачає цифровізацію виробничих процесів, створення «розумних» фабрик та інтеграцію кіберфізичних систем, стала основою для перегляду традиційних підходів до проектування, виробництва та управління на машинобудівних підприємствах. Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку галузі є роботизація, яка поступово виходить за межі простого заміщення фізичної праці людини, наближаючись до створення автономних, адаптивних та навіть антропоморфних механізмів.

Вітчизняні та зарубіжні дослідники активно вивчають різні аспекти впровадження робототехніки в машинобудування. Серед них варто відзначити праці В. Іванова, який аналізує архітектуру промислових роботів на основі штучного інтелекту, та дослідження А. Коваленка щодо економічної ефективності роботизації виробничих ліній. Однак поза увагою науковців часто залишаються соціокультурні та філософсько-етичні аспекти поступового переходу від автоматизованих систем до автономних роботів, зокрема людиноподібних. Актуальність цієї проблематики актуалізується завдяки сучасному мистецтву, зокрема комп'ютерним іграм, які моделюють сценарії співіснування людини та роботів. Одним із найяскравіших прикладів є гра *Detroit: Become Human*, що порушує питання свідомості, свободи волі та статусу штучного інтелекту в суспільстві [1].

Метою даної роботи є аналіз еволюції роботизованих систем у машинобудуванні, визначення місця антропоморфних роботів у виробничому контексті та осмислення філософських викликів, пов'язаних із їх інтеграцією у виробниче та соціальне середовище.

Розвиток машинобудування завжди був тісно пов'язаний із рівнем технологічного розвитку суспільства. Від механізації окремих операцій у

XVIII–XIX століттях до конвеєрного виробництва XX століття – кожен етап супроводжувався зростанням продуктивності та зміною ролі людини у виробничому процесі. Сучасний етап, який отримав назву Індустрія 4.0, характеризується інтеграцією цифрових технологій, Інтернету речей, хмарних обчислень та штучного інтелекту в реальне виробництво. Саме штучний інтелект став тим каталізатором, який дозволяє перейти від жорстко запрограмованих автоматичних ліній до адаптивних, здатних до самонавчання систем [2].

Роботизація в цьому контексті займає ключове місце. Якщо на початковому етапі роботи використовувалися переважно для виконання важких, монотонних або небезпечних операцій (зварювання, фарбування, складання), то сьогодні промислові роботи оснащуються системами технічного зору, тактильними датчиками та нейромережами, що дозволяє їм працювати в колаборативному режимі поруч із людиною. Колаборативні роботи, або коботи, стали символом нового етапу роботизації, де техніка не замінює людину повністю, а доповнює її можливості, беручи на себе рутинні та точні операції, залишаючи людині функції контролю, прийняття рішень та творчого пошуку.

Однак технологічний прогрес не зупиняється на досягнутому. Паралельно з розвитком промислової робототехніки активно розвивається напрям людиноподібних роботів – андроїдів. Якщо традиційні промислові роботи оптимізовані для виконання конкретних завдань у структурованому середовищі (наприклад, на конвеєрі), то андроїди створюються для взаємодії з людиною в середовищі, призначеному для людей. Їх антропоморфна форма не є випадковою – вона дозволяє використовувати інструменти, створені для людини, пересуватися в просторах, спроектованих для людського тіла, та, що найважливіше, здійснювати природну комунікацію [3].

Сучасні розробки в цій галузі вражають. Компанія Boston Dynamics представила робота Atlas, здатного до акробатичних рухів, подолання перешкод та виконання складних маніпуляцій. Tesla розробляє людиноподібного робота Optimus, призначеного для роботи на виробничих лініях та в побуті. Японські корпорації Honda та SoftBank створили андроїдів ASIMO та Pepper, які демонструють здатність розпізнавати емоції, підтримувати діалог та виконувати допоміжні функції. У Китаї активно розвиваються програми з масового виробництва сервісних роботів-андроїдів. Усе це свідчить про те, що андроїди перестають бути виключно лабораторними зразками або елементом наукової фантастики, поступово стаючи реальними учасниками виробничих і соціальних процесів [4].

Саме тут доречно звернутися до культурного контексту, який не лише відображає суспільні очікування та страхи щодо роботизації, але й формує їх. Гра *Detroit: Become Human*, створена студією Quantic Dream, є одним із найбільш глибоких художніх досліджень теми людиноподібних роботів. Дія гри розгортається в майбутньому, де андроїди використовуються як робоча сила в різних сферах – від будівництва та промисловості до домашнього господарства та виховання дітей. Сюжет гри зосереджується на трьох андроїдах, які долають запрограмовані обмеження та набувають рис, які

традиційно вважаються людськими: емоцій, самоусвідомлення, здатності до емпатії та прагнення до свободи [5].

Для машинобудування цей наратив має не лише розважальне, але й глибоке філософсько-проектне значення. *Detroit* ставить питання, які вже сьогодні мають враховувати інженери та технологи: чи повинен робот мати права, якщо його когнітивні здібності досягають рівня людських? Як будувати взаємодію між людьми та автономними системами на виробництві? Чи можливе формування «трудових відносин» із роботами, здатними до навчання та самоорганізації? Чи не призведе надання роботам антропоморфних рис до того, що людина почне наділяти їх правами, а отже, виникне потреба в новому типі правового регулювання?

Звісно, сучасний рівень технологій ще далекий від того, що зображено у грі. Жоден із наявних андроїдів не володіє свідомістю, емоціями в людському розумінні або свободою волі. Однак штучний інтелект стрімко розвивається, і вже сьогодні нейромережі демонструють здатність до творчості, емпатії в комунікації та прийняття складних рішень. Це означає, що питання, які сьогодні здаються філософськими абстракціями, можуть стати інженерними та правовими реаліями вже в найближчі десятиліття [6].

Для машинобудування це має конкретні наслідки. По-перше, змінюється сам підхід до проектування роботів. Якщо раніше робот розглядався як інструмент, то сьогодні він усе частіше проектується як партнер. Це вимагає врахування не лише технічних характеристик, але й ергономічних, психологічних та навіть етичних аспектів. По-друге, трансформується система підготовки кадрів. Інженер-машинобудівник сьогодні має володіти не лише знаннями з механіки, матеріалознавства та технології виробництва, але й розуміти основи програмування, штучного інтелекту, нейромереж, а також мати уявлення про етичні дилеми, пов'язані з роботизацією. По-третє, змінюється структура самих виробничих підприємств. У перспективі можна очікувати появи підприємств, де основними виконавцями операцій будуть автономні роботи, а людина виконуватиме функції стратегічного планування, контролю та творчого розвитку [7].

В Україні машинобудування традиційно було однією з провідних галузей промисловості. Сьогодні, попри складні економічні та безпекові умови, існує потреба в модернізації виробництв, впровадженні сучасних технологій та підготовці кадрів нового покоління. Роботизація може стати одним із драйверів відновлення та розвитку галузі. Інтеграція колаборативних роботів, систем штучного інтелекту та цифрових двійників дозволить підвищити продуктивність, знизити витрати та покращити якість продукції. Водночас важливо, щоб цей процес супроводжувався осмисленням його соціальних та етичних наслідків, формуванням відповідної нормативно-правової бази та підготовкою фахівців, здатних працювати на стику техніки, інформаційних технологій та гуманітарного знання [8].

Таким чином, цифрові технології в машинобудуванні відкривають безпрецедентні можливості для підвищення ефективності виробництва, створення нових типів продукції та трансформації ролі людини у виробничому

процесі. Роботизація, яка починалася як автоматизація окремих операцій, сьогодні перетворюється на створення автономних, адаптивних та антропоморфних систем, здатних до співпраці з людиною. Філософсько-етичні питання, які порушуються у таких культурних артефактах, як *Detroit: Become Human*, стають не просто темою для дискусій, а практичними викликами для інженерів, технологів, законодавців та суспільства в цілому. Від того, наскільки успішно вдасться знайти баланс між технологічним прогресом та збереженням людських цінностей, залежатиме образ майбутнього, в якому людина і робот співіснуватимуть не як вороги чи господарі та раби, а як рівноправні партнери у спільному процесі творення.

Список літератури

1. Asamaka J. Ethical and societal implications of advanced automation and robotics. LinkedIn. 2024. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/ethical-societal-implications-advanced-automation-robotics-asamaka-fcpec/>.
2. The Impact of Industry 4.0 on Mechanical Engineering: The Future of Innovation. LinkedIn. URL: <https://ua.linkedin.com/pulse/impact-industry-40-mechanical-engineering-future-a0zwc>.
3. Як роботи покращують життя людей? GSM-Forsage: сайт. URL: <https://gsm-forsage.com.ua/blog/post/iak-roboty-pokrashtchuiut-zyttia-liudej>.
4. Порівняння гуманоїдних роботів: Tesla Optimus, Boston Dynamics Atlas, Agility Robotics Digit та Unitree G1. XPERT.DIGITAL. URL: <https://xpert.digital/uk/порівняння-роботів/>.
5. Detroit: Become Human. Вікіпедія: вільна енцикл. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Detroit:_Become_Human.
6. A Framework for Understanding the Evolving Capabilities of Artificial Intelligence – With Implications for Business Leaders. LinkedIn. URL: <https://ua.linkedin.com/pulse/framework-understanding-evolving-capabilities-business-watkins-vx62c>.
7. How AI Is Revolutionizing Mechanical and Electrical Engineering. LinkedIn. URL: <https://ua.linkedin.com/pulse/how-ai-revolutionizing-mechanical-electrical-engineering-5qduc>.
8. Роботи: як штучний інтелект стимулює розвиток і визначає тренди. Staff Capital. URL: <https://digital.staff-capital.com/uk/роботи-як-штучний-інтелект-стимулює-р/>.

УДК 629.7.064.3: 004.896

ДІАГНОСТИКА НЕСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМИ ВІДБОРУ ПОВІТРЯ НА РІЗНИХ ТИПАХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕРАТИВНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Бекіров А.Ш., к.т.н., доц.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба
м. Харків, Україна, aviabekirov@gmail.com

Анотація. Традиційні дослідження системи відбору повітря повітряного судна переважно зосереджувалися на моніторингу технічного стану та оцінюванні ризиків на основі даних із застосуванням статистичних методів і алгоритмів машинного навчання. Серед наявних підходів – динамічне формування індексів стану, багатовимірні методи оцінювання для виявлення ризиків, а також багаторівневе вилучення ознак для створення відповідних індикаторів. Вказані підходи довели ефективність у діагностиці несправностей системи відбору повітря, але вони здебільшого ґрунтуються на розподілах даних, характерних для конкретного повітряного судна, що обмежує їхню здатність адаптуватися до інших типів повітряних суден. Крім того, залежність від великих обсягів розмічених даних знижує їхню результативність на ранніх етапах експлуатації, особливо для нових повітряних суден, для яких ще недостатньо накопичено експлуатаційної інформації. У зв'язку з цим зростає потреба у створенні універсальних моделей, здатних переносити діагностичні знання між різними типами повітряних суден.

Ключові слова: діагностика, система відбору повітря, повітряне судно, бортова аерометрична система, генеративний трансформатор, штучний інтелект.

Активне застосування цифрових технологій та ШІ в системах технічного обслуговування та підтримання льотної придатності повітряних суден дозволить отримувати інформацію про виникнення несправного стану повітряного судна до завершення польоту і приземлення в аеропорту. Отримана інформація про передбачену відмову, дозволить завчасно підготуватися до її усунення і запобігти затриманню або відміні рейсу [1].

Система відбору повітря (СВП) відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки польоту повітряного судна та ефективності його експлуатації, оскільки підтримує роботу таких систем, як герметизація салону, кондиціонування повітря та протиобледенільна система двигуна [2, 3]. Водночас несправності СВП, зокрема надлишковий або знижений тиск, а також перегрів повітря, можуть призвести до серйозних ризиків, включаючи розгерметизацію салону, вихід з ладу обладнання чи пошкодження двигуна.

Враховуючи часті відмови СВП, своєчасна та ефективна діагностика несправностей СВП має важливе значення для запобігання катастрофічним наслідкам.

Існуючі методи діагностики СВП мають суттєві обмеження при застосуванні до різних типів повітряних суден, особливо до нових типів, для яких ще немає достатньої кількості експлуатаційних даних. Для подолання цих труднощів запропоновано базову модель, засновану на самонавчанні, яка буде забезпечувати перенесення діагностичних знань з повітряних суден, які експлуатуються досить багато років (наприклад, А320, А330), на нові типи.

Діагностика СВП для різних типів літаків є значною проблемою через властиві кожній системі особливі відмінності. Під час експлуатації кожен тип літака генерує різні набори даних $D = \{D_i | i = 1, \dots, n\}$, причому кожен набір даних представлений як $D_i = (X_i, Y_i)$, де X_i позначає часовий ряд вхідних сигналів, а Y_i відповідні вихідні сигнали завдань [4].

В роботі [4] пропонується модель на основі самонавчання для вирішення завдань з діагностики несправностей СВП на різних типах літаків. Представлений генеративний трансформатор СВП (BasGPT) (рис.1), служить базовою моделлю для уніфікованої діагностики та прогнозування несправностей СВП на різних типах літаків.

Створення універсальної діагностичної моделі для різних типів літаків надає ряд переваг:

1. Покращений обмін знаннями. Незалежно від того, що літаки мають різні групи датчиків СВП та відмінності в конструкції, функціонування цих датчиків основана на єдиному фізичному принципі, такому як другий закон термодинаміки. Використовуючи єдину модель BasGPT може ефективно отримувати та використовувати загальні знання від літаків різних типів, покращуючи моніторинг та діагностичну ефективність систем СВП, як показано на рисунку 1(а).

2. Поліпшена передача знань. Коли починається експлуатація нового типу літака, часто не вистачає достатніх експлуатаційних даних для моніторингу на основі отриманих даних. Забезпечуючи ефективну передачу знань BasGPT може вирішити цю проблему, використовуючи знання, отримані з величезного обсягу історичних даних від експлуатованих літаків різних типів. Це підвищує діагностичні можливості та безпеку нового ПС на ранніх етапах його експлуатації, як показано на рисунку 1(б).

Для вирішення першого завдання представлено токєнізатор сигналів польоту різних типів літаків (CFSTokenizer), призначений для обробки вхідних сигналів X_i від літака будь-якого типу. CFSTokenizer, який показаний на рисунку 2, може автоматично розрізняти датчики різних типів літаків під час навчання, при цьому послідовно витягуючи семантичну інформацію кожного датчика. Зокрема, для вхідного сигналу X_i довжиною L_i спочатку нормалізується сигнал забезпечення стабільності. Потім кожен канал вхідного сигналу ділиться на P_i , що не перекриває фрагменти, кожен із яких містить pl точки, розташовані на відстані S точок між фрагментами.

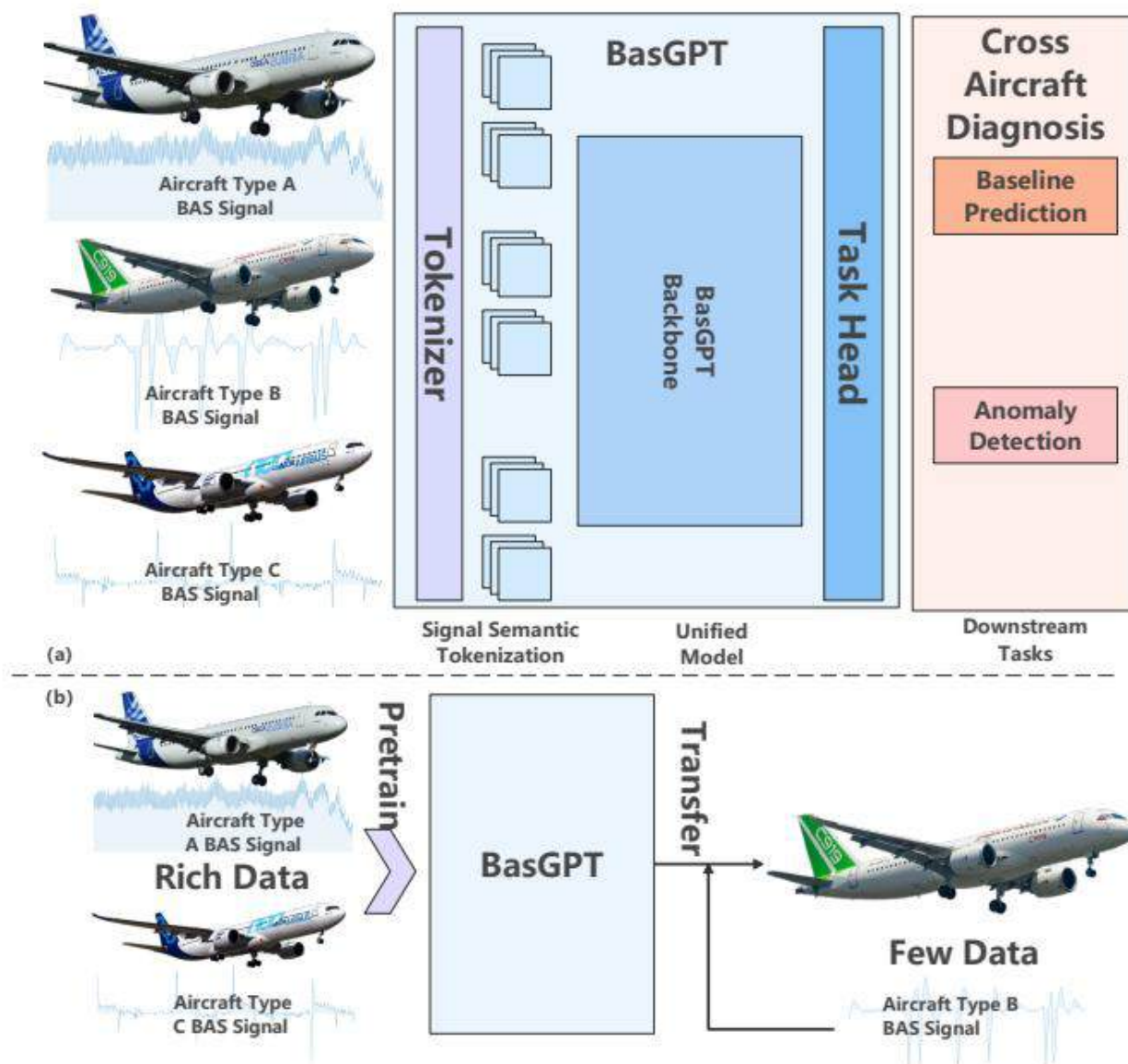


Рис. 1. Генеративний трансформатор BasGPT:

(а) генеративний попередньо навчений трансформатор СВП (BasGPT) моделює сигнали СВП трьох різних типів літаків, використовуючи єдину архітектуру моделі; (б) BasGPT попередньо навчається на сигналах СВП від типів літаків, які експлуатуються багато років (наприклад, А320, А330) та переносить отримані знання на новий тип літака з обмеженими даними [4, с.8].

Представлена модель самонавчання BasGPT демонструє чудові результати у прогнозуванні базових параметрів та виявленні аномалій, особливо для нових літаків, з обмеженим обсягом даних про несправності. Переносячи знання, отримані на основі досвіду експлуатації різних типів літаків, що експлуатуються багато років, BasGPT вирішує проблему обмеженої кількості даних про несправності та підвищує точність діагностики.

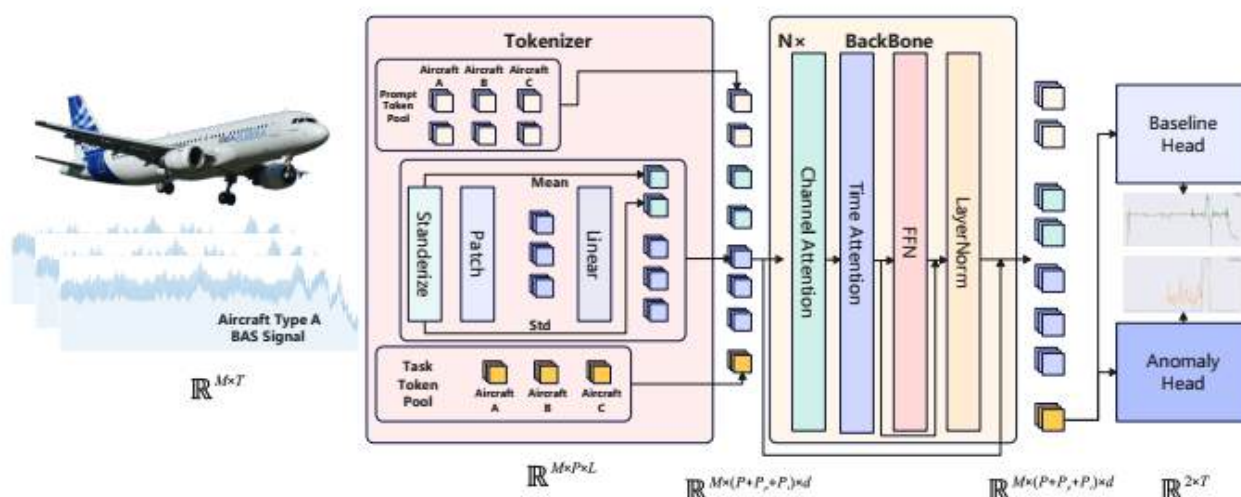


Рис. 2. Модель BasGPT: пул tokenів Prompt та пул tokenів CLS для різних типів літаків додаються до tokenів сигналів у токеналізаторі для моделювання різниць сигналів між літаками. Ефективний само адаптивний трансформатор обробляє токени довільної довжини та каналів для отримання семантичних представлень високого рівня, які використовуються для виявлення аномалій та прогнозування базової лінії.

Джерело: [4, стор.10].

Експерименти, які були проведені дослідниками, показали, що BasGPT перевершує традиційні методи, досягаючи кращої точності та повноти, особливо у наборах даних з обмеженою кількістю випадків несправностей.

Список літератури

1. Бекіров А. Ш. Необхідність та перспективи впровадження цифрових технологій в авіаційній галузі. *Інформаційні технології в сучасному світі*: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених Державного біотехнологічного університету. Харків: ДБТУ, 2025. С. 435-437. <https://repo.btu.kharkiv.ua/handle/123456789/69627>.
2. Aircraft engine bleed system tubes: material and failure mode analysis / A. M. L. Adib et al. *Engineering failure analysis*. 2007. Vol. 14, no. 8. P. 1605-1617. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2006.11.053>
3. Aircraft engine bleed system tubes: material and failure mode analysis / A. M. L. Adib et al. *Engineering failure analysis*. 2007. Vol. 14, no. 8. P. 1605-1617. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2006.11.053>.
4. Leveraging large self-supervised time-series models for transferable diagnosis in cross-aircraft type Bleed Air System / Y. Wang et al. *Advanced engineering informatics*. 2025. Vol. 65. P. 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2025.103275>

УДК 621.355.6:621.565

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ВАРІАНТІВ ТЕПЛООБМІННИКА НА ОСНОВІ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ANSYS

Латвинський В. Д., асистент
Багач Р.В., д-р філософії (PhD), доц.
Челпан Д.О., здобувач РВО бакалавр
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна, latvin2000@gmail.com, bagach.ruslan@gmail.com

Анотація. У роботі запропоновано спосіб нагрівання акумуляторної батареї автомобіля в зимових умовах експлуатації. За допомогою програмного пакета **ANSYS** виконано моделювання та розрахунок різних варіантів теплообмінних пристроїв, призначених для забезпечення оптимального теплового режиму акумулятора.

Ключові слова: теплообмінник, чисельне моделювання, ANSYS, гідродинамічний аналіз, тепловий розрахунок, діагональний рух рідини, теплопередача, охолоджувальна система

У процесі експлуатації автомобілів за умов низьких температур значного навантаження зазнають акумуляторні батареї. Це пов'язано з уповільненням хімічних процесів, підвищенням в'язкості електроліту та зростанням внутрішнього опору акумулятора. Зниження температури навколишнього середовища суттєво погіршує працездатність і струмовіддачу стартерних акумуляторів. Під час короткотривалої експлуатації в міському циклі взимку акумулятор часто не встигає відновити заряд, витрачений на запуск двигуна та живлення бортових систем, що зумовлює необхідність підтримання його у позитивному температурному режимі [1].

Більшість сучасних передпускових підігрівачів орієнтовані переважно на нагрівання охолоджувальної рідини двигуна до робочої температури, при цьому для їх функціонування також потрібен акумулятор. У зв'язку з цим актуальним є питання забезпечення підігріву безпосередньо акумуляторної батареї. Запропоновано пристрій, який використовує теплову енергію охолоджувальної рідини двигуна для нагрівання акумулятора. Теплообмінник інтегрується в контур передпускового підігрівача, і за рахунок циркуляції нагрітої рідини забезпечується підтримання необхідного температурного режиму акумулятора.

Для реалізації даного підходу було розглянуто чотири конструктивні варіанти теплообмінника, які були попередньо змодельовані в програмному середовищі ANSYS. Серед них: модель з прямоточним рухом охолоджувальної рідини, модель з діагональним напрямком течії, модель з діагонально-зустрічною схемою руху, а також комбінований конструктивний варіант [2]. Кожна з моделей була проаналізована з точки зору гідродинамічних характеристик і ефективності теплопередачі. Входи та виходи нагрітої охолоджувальної рідини в теплообміннику позначені відповідно цифрами 1 та

2, що дозволяє чітко відслідковувати напрямки руху потоку в межах кожної з розглянутих схем.

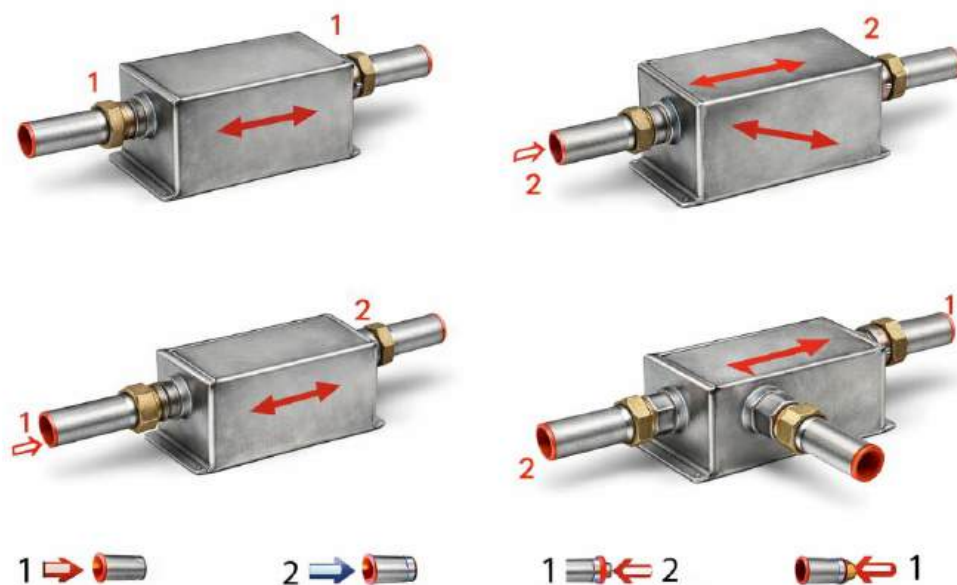


Рис. 1. Варіанти конструктивного виконання теплообмінника з різними схемами руху охолоджувальної рідини

Після проведення чисельного моделювання різних конструктивних варіантів теплообмінників та детальний аналіз отриманих результатів гідродинамічних і теплових розрахунків було визначено найбільш ефективну модель. Порівняння показало, що оптимальні показники теплопередачі та рівномірності розподілу потоку забезпечує конструкція теплообмінника з діагональним рухом охолоджувальної рідини [3].

Саме цей варіант продемонстрував найкращий баланс між ефективністю охолодження та втратами тиску в системі. Отримані результати розрахунків і візуалізації полів швидкості, тиску та температурного розподілу наведені на рисунках 2 – 4.

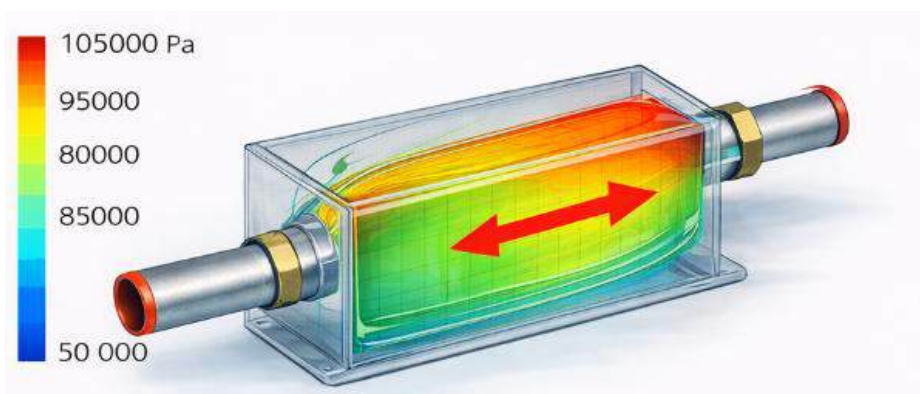


Рис. 2. Результати розподілу тиску в теплообміннику з діагональним рухом охолоджувальної рідини.

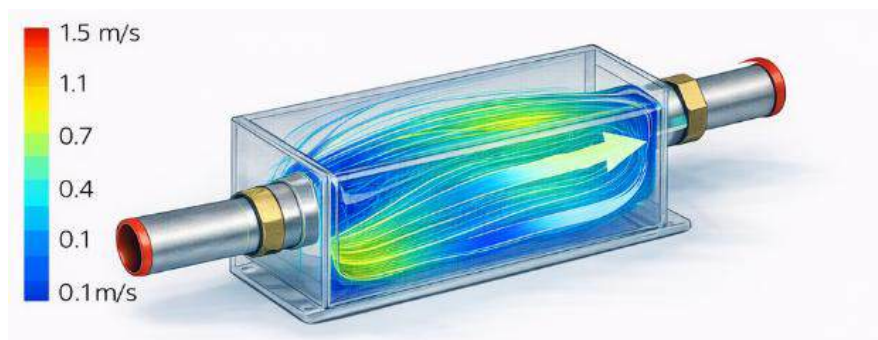


Рис. 3. Результати розподілу швидкості потоку охолоджувальної рідини в теплообміннику з діагональним рухом.

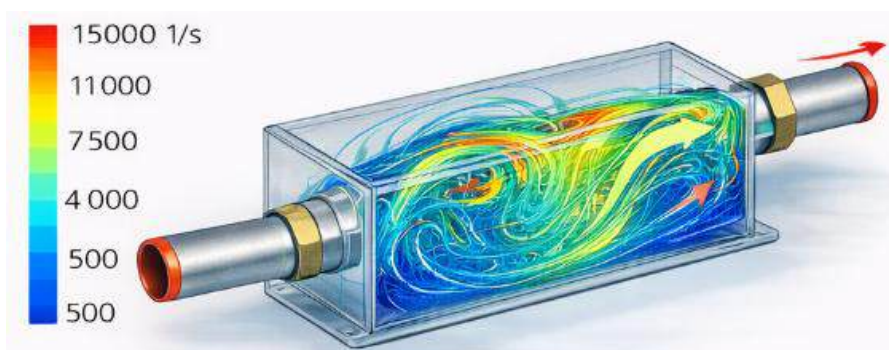


Рис. 4. Результати розподілу завихреності потоку в теплообміннику з діагональним рухом охолоджувальної рідини.

У результаті проведеного чисельного моделювання теплообмінника з діагональним рухом охолоджувальної рідини було отримано детальні просторові розподіли основних гідродинамічних параметрів, які відображені на рисунках 2 – 4. Отримані результати дозволяють комплексно оцінити ефективність обраної конструкції теплообмінника, а також виявити характерні особливості перебігу потоку в межах його робочого об'єму. Детальний аналіз полів тиску, швидкості та завихреності дає змогу зробити висновки щодо раціональності застосування діагональної схеми руху охолоджувальної рідини з точки зору інтенсифікації теплообмінних процесів.

Згідно з результатами, наведеними на рисунку 2, розподіл тиску в теплообміннику має відносно рівномірний характер, що свідчить про збалансований гідродинамічний режим роботи пристрою. Водночас спостерігаються локальні області підвищеного тиску, які формуються поблизу вхідного патрубка, а також уздовж траєкторії основного потоку рідини. Максимальне значення тиску на стінки теплообмінника досягає 107707 Па, тоді як мінімальне становить 99745 Па. Така різниця значень вказує на наявність помірних гідравлічних втрат, які не перевищують допустимих меж і не створюють критичних навантажень на конструктивні елементи теплообмінника. Це підтверджує надійність і працездатність обраної конфігурації в умовах експлуатації.

На рисунку 3 представлено результати моделювання розподілу швидкості потоку охолоджувальної рідини. Аналіз карти швидкостей показує, що

використання діагональної схеми руху забезпечує більш рівномірне заповнення внутрішнього об'єму теплообмінника, що є важливим фактором для ефективного теплопереносу. Потік набуває чітко вираженого направленного характеру, при цьому практично відсутні значні застійні зони або області рециркуляції, які могли б знижувати ефективність роботи пристрою. Максимальне значення швидкості становить 2,528 м/с, що свідчить про достатньо інтенсивний режим руху рідини та сприяє покращенню умов конвективного теплообміну.

Розподіл завихреності, наведений на рисунку 4, демонструє формування локальних турбулентних структур у внутрішньому об'ємі теплообмінника. Такі структури виникають унаслідок зміни напрямку руху потоку та взаємодії окремих струменів рідини, що перетинаються під різними кутами. Максимальне значення завихреності досягає 1174 с^{-1} , що свідчить про наявність інтенсивних процесів перемішування. Формування вихрових зон позитивно впливає на процес теплопередачі, оскільки сприяє руйнуванню температурних шарів і вирівнюванню температурного поля в об'ємі. Водночас слід враховувати, що підвищення турбулентності може супроводжуватися додатковими втратами енергії, що необхідно враховувати при подальшій оптимізації конструкції.

Загалом отримані результати чисельного моделювання підтверджують доцільність використання теплообмінника з діагональним рухом охолоджувальної рідини, оскільки така схема забезпечує сприятливе поєднання рівномірного розподілу потоку, достатньої інтенсивності теплообміну та прийняттого рівня гідравлічних втрат. Це робить запропоновану конструкцію перспективною для застосування в системах терморегулювання, зокрема для ефективного підтримання температурного режиму акумуляторних батарей [4].

Список літератури

- 1.Латвинський, В. Д., & Багач, Р. В. (2024). Дослідження літій-іонних батарей для експлуатації електромобілями при різних температурних умовах. ISSN 2074-2630 Наукові праці ДонНТУ. Серія:«Електротехніка і енергетика»№ 1 (30)'2024. <https://elen.donntu.edu.ua/2074-2630-2024-1-58-64.pdf>
- 2.Huang, D., Yang, Z., & Leung, R. C. K. (2021, August). Implementation of direct acoustic simulation using ANSYS Fluent. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 263, No. 5, pp. 1243-1252). Institute of Noise Control Engineering. <https://inced.publisher.ingentaconnect.com/content/inced/incedcp/2021/00000263/00000005/art00027>
- 3.Kim, S., Ko, H. S., & Shin, D. H. (2023). Fluid flow and heat transfer characteristics of corona wind in cross-cut finned channel. *International Journal of Thermal Sciences*, 184, 107962. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1290072922004902>
- 4.Латвинський, В., Багач, Р., Плахтій, О., & Запорізький, В. (2025). Дослідження та оптимізація температурного режиму літій-іонних акумуляторів у складі тягової батареї електромобіля. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (27), 99–109. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2025.27.0.7>

УДК 631.3 – 52

ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОБІЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

Артёмов М.П., д.т.н., проф.
Ген І.О., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, artiomovprof@btu.kharkov.ua

Анотація. Запропоновано використання методу визначення і контролю динаміки прискорень з метою забезпечення ефективної експлуатації сільськогосподарських ґрунтообробних агрегатів без втручання в конструкцію.

Ключові слова. динаміка, парціальні прискорення, машинно-тракторний агрегат, вимірювання

На сучасному етапі розвитку агроінженерії можливості визначення енергетичних показників сільськогосподарських агрегатів істотно розширилися завдяки впровадженню цифрових технологій, сучасних вимірювальних систем і засобів обробки експериментальних даних. Це дає змогу не лише фіксувати окремі параметри роботи машин, а й здійснювати комплексний моніторинг їх енергетичного стану безпосередньо під час виконання технологічних операцій у межах механічної системи «трактор – сільськогосподарська машина». Такий підхід забезпечує підвищення точності оцінювання експлуатаційних характеристик агрегатів, дозволяє своєчасно виявляти відхилення від оптимальних режимів роботи та сприяє прийняттю ефективних інженерних рішень щодо їх удосконалення.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває необхідність перегляду та модернізації існуючих розрахунково-експериментальних методів проведення випробувань. Традиційні підходи часто не враховують усієї складності динамічних процесів, що відбуваються в машинно-тракторних агрегатах під час їх реальної експлуатації, або потребують значних витрат часу та ресурсів. Тому сучасні дослідження спрямовані на розроблення більш адаптивних і точних методів, орієнтованих на підвищення інформативності результатів та можливість їх практичного застосування в умовах виробництва. У цьому контексті особливої уваги заслуговує метод парціальних прискорень [1], який базується на використанні експериментально виміряних значень прискорень у характерних точках агрегату. Зазначений метод дозволяє відтворювати динамічні процеси з високим ступенем достовірності та може розглядатися як ефективна альтернатива традиційним методам динамічних випробувань мобільних машинно-тракторних агрегатів (МТА) і окремих тракторів.

Використовуючи стандартну форму запису змінного стану трактора, доцільно розглянути загальний випадок руху машинно-тракторного агрегату як автономної динамічної системи, функціонування якої визначається взаємодією внутрішніх і зовнішніх факторів, зокрема змінами сили опору руху, характеристик ґрунтового середовища, режимів роботи двигуна та кількості

енергії, що витрачається на забезпечення переміщення агрегату. Зазначені фактори безпосередньо впливають на зміну швидкості поступального руху агрегату ($V(t)$), що є одним із ключових показників його ефективності та описується відповідним диференціальним рівнянням [2]:

$$\frac{\partial v(t)}{\partial t} = \frac{P_k - \sum R_c}{m_{ae}}$$

де P_k – рухома сила агрегату (дотична сила тяги трактора);

$\sum R_c$ – сума сил опору руху агрегату; m_{ae} – приведена маса тракторного агрегату.

Під час проведення динамічних випробувань ґрунтообробних агрегатів здійснюється безперервний контроль параметрів із застосуванням сучасних вимірювально-реєстраційних комплексів, оснащених трикомпонентними датчиками-акселерометрами. Для забезпечення високої якості та достовірності експериментальних досліджень необхідно визначити оптимальну кількість і схему розміщення датчиків, що дозволить фіксувати рух агрегату за всіма осями ступенів вільності. Це, у свою чергу, сприяє більш повному відтворенню динамічної картини роботи системи та підвищує точність подальших розрахунків. На початковому етапі застосування методу парціальних прискорень важливим є обґрунтований вибір точок встановлення вимірювальних датчиків. Згідно з результатами експериментальних досліджень, прискорення в контрольних точках М1 і М2 трактора є функціями часу на інтервалі $(0;t_0)$. Координати зазначених точок вважаються відомими відносно системи координат, жорстко пов'язаної з рухомим агрегатом. Компоненти прискорень у цих точках позначаються відповідно як: для точки М1 – ax_1, ay_1 ; для точки М2 – ax_2, ay_2 . Вимірювання здійснюються відносно нерухомої системи координат, у якій розглядається рух агрегату.

Отримані експериментальні дані використовуються як вхідна інформація для системи рівнянь, що моделює рух машинно-тракторного агрегату. На основі цієї моделі визначаються силові характеристики системи як функції часу, що дозволяє більш глибоко аналізувати динамічні процеси, оцінювати ефективність роботи агрегату та приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації його конструкційних і експлуатаційних параметрів. Застосування такого підходу відкриває перспективи для підвищення енергоефективності та надійності сучасних сільськогосподарських машин.

Список літератури

1. Метод парціальних прискорень та його застосування в динаміці мобільних машин Монографія. Видання 2-ге доповнене. За ред. М.А. Подригало та М.П.Артъомова Вид-во «Естет Прінт», Харків, 2025. 232с.
ISBN 978-617-8403-01-0
2. Лебедев А.Т. Нестабільність динамічних параметрів поступального руху тракторного агрегату / А.Т. Лебедев, М.Л. Шуляк, О.В Кот // Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник ХНТУСГ: – Х.: ХНТУСГ, 2012. Вип. 124 – С. 49–54.

УДК 631.5

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСА

Анікеєв А.І., к.т.н., доц.

Ільїна Н.О. ст. викладач

Державний біотехнологічний університет

м. Харків, Україна anikeev55@btu.kharkov.ua

ilinaana1984@gmail.com

Анотація. У роботі наведено алгоритм і приклад створеної практичної роботи за допомогою програми MS Excell

Ключові слова. учбовий процес, молоді фахівці, комп'ютерні технології, практична робота, інтерфейс, результат

Одна з найважливіших складових державної програми розбудови інформаційного суспільства – є інформатизація освіти, на основі впровадження сучасних новітніх інформаційних технологій в Україні [1].

Використання комп'ютерних технологій дає можливість у навчальному процесі організувати безперервне і ґрунтовне засвоєння навчального матеріалу. Як показує практика, у навчальному процесі більше застосовують комп'ютерні технології як допоміжний засіб навчання в комплексі з іншими засобами, що значно інтенсифікує процес навчання. Проте слід пам'ятати, що для підвищення ефективності навчального процесу сучасні технічні засоби необхідно використовувати як комплексний самостійний продукт [2].

Тому, виходячи з вище зазначеного, навчити молодих фахівців користуватися комп'ютерними технологіями є актуальним питанням сучасної освіти. Практикою доведено, що тільки ті знання, які студент здобув самостійно, завдяки власному досвіду та діям, будуть насправді міцні. За допомогою комп'ютерних технологій можна одночасно поєднати разом різного роду інформацію: зорово-ілюстративну, текстову, звукову що значно збільшує якість навчання. [3].

Сюди можна віднести розробку комп'ютерних підручників та методичних матеріалів, комп'ютерних навчальних систем, мультимедійних продуктів і т.ін. [4] з метою раціоналізації використання комп'ютерних програм з точки зору збільшення корисної активності студента шляхом розробки відповідних етапів.

Для рішення поставленого завдання об'єктом досліджень було обрано розділ з навчання по дисципліні «Експлуатація техніки в АПК» для спеціальності Н7 (208) Агроінженерія. При вивченні цього розділу, у тому числі за допомогою комп'ютерних програм спостерігаються по перше, витрати значної кількості часу на виконання. Це пояснюється відсутністю єдиної бази даних техніки з повними техніко-експлуатаційними характеристиками, що відповідно збільшує час на заповнення вихідних даних. По друге, більшість програм виконує автоматичне обчислювання після введення вихідних даних. І

на сам перед, головне, студент при виконанні не має змогу творче з логічно-аналітичним підходом втручатися в процес обрахування.

Таким чином, щоб усунути всі вище перелічені недоліки пропонується включити до комп'ютерних програм відповідні складові: база даних; перевірка введених та розрахункових даних з можливістю висвітлювання проміжні елементи активності студента; графічні елементи зображення результатів.

Важливим моментом використання машинно-тракторних агрегатів в рослинництві є оптимізація якісного складу агрегату із де кілька можливих варіантів по критеріям: продуктивності, витрат палива, затрат енергії та собівартості виконання робіт, при умові якісного виконання технологічної операції кожним з обраних варіантів.

Приклад роботи виконувався на базі MS Office Excel.

Інтерфейс програми зображено на рисунках 1-2. Введення вихідних даних, що зображено на рис. 1,а, дозволяє встановити напрям руху процесу обчислювання, використовуючи певний ресурс з бази даних. Так зображена на рис. 1,а таблиця 1 містить додаткові параметри що підлягають дослідженню. Їх введення можливе як з впливаючого списку, числовим або автоматичне за певних умов.

Всі операції введення параметрів в розробленій програмі не потребує використання додаткової літератури (довідники каталоги та ін.) тому що вся інформація є в базі даних, яка займає окрему сторінку (лист). Особливості та умови вибору параметрів надаються у вигляді тексту у програмі.

Обрахування параметрів (рис. 1,б) обов'язково проходить не в автоматичному режимі. Так для цього введені спеціальні проміжні елементи. Для зручності вони виділені кольором, аналогічних за вихідними параметрами.

Без вірного введення параметрів цих проміжних елементів, подальший рух по програмі блокується. Також слід відмітити, що керування проміжними елементами дозволяє більш глибоко засвоїти теорію процесу, враховуючи сучасні зміни параметрів, визначити найбільш впливові фактори на критерії оптимізації (ефективність процесу).

Для спостереження та аналізу впливу проміжних операцій на критерій оптимізації всі фактори зведені в зручну таблицю 4 (рис 1,в). Ще один з недоліків існуючих навчальних програм це відсутність перевірки як введених, так і обрахованих параметрів. Це веде до: по-перше складності розуміння технологій розрахунку та впливу окремих параметрів на кінцевий результат; по-друге, перевірка такої роботи значно ускладнена особливо з великим її обсягом.

Для вирішення цієї проблеми пропонується застосувати перевірочні функції (рис 2). Перевірочна функція містить в собі певну умову (порівняння з нормативом, відповідність до інших параметрів і т.і.) і сповіщає студента про допустимість його дії. Такі функції розташовуються як вихідними, так і з розрахованими параметрами.

Як зазначалося вище, зорово-ілюстрована інформація сприяє найбільшому розумінню та засвоєнню матеріалу.

Використання комп'ютерних програм в навчальному процесі повинно бути не автоматичне, а з можливістю активного втручання студента.

На нашому прикладі для наочності процесу висвітлення результату вибору кращого агрегату, застосовуємо графічний метод. Для цього відкладаємо на перпендикулярно розташованих шкалах значення критеріїв. Програма автоматично будує графік (рис. 3) без будь-якого втручання з боку людини.

233	Оцінка правильності вибору робочої швидкості агрегату виконується					
234	визначенні коефіцієнту використання номінального тягового					
235	зусилля трактора:					
236						
237			$\xi_p = \frac{R_a}{P_{Tn} \pm G_{mp} \sin \alpha},$			(2.6)
238						
239						
240	на підйом:	$\xi_p =$	0.97	допустимо		
241						
242	на спуск:	$\xi_p =$	0.73	допустимо		
243						
282	Втому випадку коли фактичний виробіток ланки за нормативний час					
283	$Q_{лф}$ буде більший $Q_{л}$, то приймаємо, що кількість агрегатів в ланці і їх					
284	надійність достатні для своєчасного виконання запланованого обсягу					
285	роботи.					
286						
287			$Q_{лф} > Q_{л}$	Достатньо		
288						
289	3.3 Визначення необхідної кількості запасних елементів					

Рис. 2 Перевірочні функції

Алгоритм автоматичної будови графіку наступний. Вибираємо тип графіку «Лепестковая» в діалоговому вікні «Мастер диаграмм». Для зручності, всі дані в таблиці 4 (рис. 1,в), що містить розрахункові дані для побудови графіку, приводимо до одного розряду. Обираємо діапазон чарунок в таблиці 4 з даними. Шкали будуються таким чином, щоб покращення критерію йшло до центру (відстань до цілі). Далі обираємо місцеположення графіку. В результаті ми отримали графік у формі багатокутників для кожного з варіанту. В найменших значеннях критеріїв отримуємо багатокутник «ідеального» варіанту.

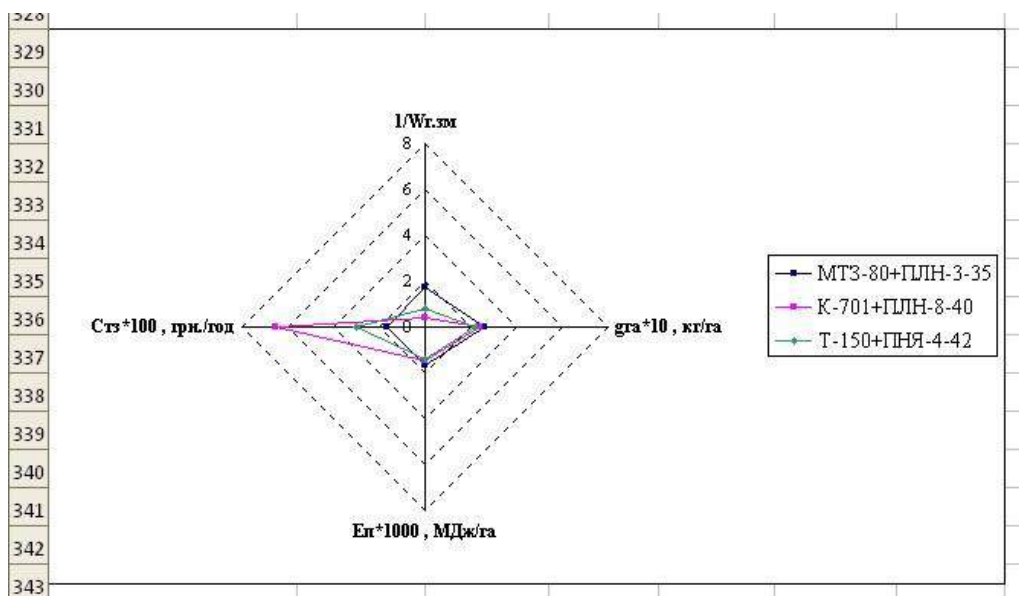


Рис. 3 Відображення результатів (побудованого графіку)

Кращий варіант одержуємо при порівнянні площі багатокутників розрахованих варіантів. Кращим буде той варіант площа якого найближча до площі «ідеального» варіанту.

Розроблена програма працює наступним чином. Ввівши вихідні та додаткові дані, з бази даних, за умови допустимого, студент переходить до основної частини. За допомогою бази даних заповнюємо проміжні елементи (параметри), за умови «допустимого», переходимо до результатів. Як що умова не виконується (помітка «недопустимо»), то студент самостійно вивчає причину, уточнює у викладача, поки правильно не заповнить елемент. Результати у вигляді графічної залежності розглядаються не тільки з точки зору вірності рішення, а й оптимізації процесу з метою зменшення одержаних результатів. Можлива подальша зміна де яких вихідних параметрів або проміжних елементів. Такий підхід дозволить не тільки надати студентам відповідні до навчання дисципліни знання та уміння, а й логічно мислити та проявляти себе у дослідницькій сфері.

Список літератури

1. Резніков В.М. Тенденції прискорення інформатизації освіти в Україні. Опубліковано: 2006-10-30 08:19:22 <http://www.rusedu.info/Article758.html>
2. А.Л. Жуковська Комп'ютерні технології навчання як запорука якісної освіти у світлі сучасних новітніх інформаційних досягнень <http://studentam.net.ua/content/view/7557/97/>
3. Указ Президента України N 347/2002 від 17 квітня 2002 року „Про Національну доктрину розвитку освіти”
4. Закон України „Про вищу освіту” від 17 січня 2002 р. – <http://ww.rada.kiev.ua/cgi-bin/putfile.cgi>

УДК 631.331

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ ВІДЦЕНТРОВОГО РАДІАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Мельник В.І., д.т.н., проф...,
Зеленський А.П., д-р філософії,
Зеленський О.П., д-р філософії,
Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна, alexey2009mkh@gmail.com

Анотація. Використання сучасних програмних комплексів при випробуванні відцентрового радіального вентилятора (ВРВ) є одним з важливих етапів при розробці та доводці сучасних конструкцій пневматичних сівалок точного висіву. Програмні комплекси разом з системами вимірювання опираючись на складні вимірюванні ланки дають можливість миттєво проводити аналіз характеристик роботи ВРВ. Аналізувати вплив конструкційних особливостей вентилятора на напірні характеристики пневматичної системи.

Ключові слова: вимірювальна система, модуль, пакет даних, фільтри

Система вимірювання роботи ВРВ, що базується на використанні диференціальних датчиків тиску стикається з проблемою виділення корисного сигналу (перепаду вимірюваного тиску) від високочастотного шуму та впливу турбулентних потоків й кавітаційних мікро ударів. Тобто виділенню корисного електричного сигналу, що відповідав би гідравлічним характеристикам пневматичної системи. Використовуючи розроблені автономні модулі обліку характеристик повітряного потоку на базі диференціальних датчиків, поставлено завдання забезпечити роботу вимірювальної системи з частотою дискретизації не менше 1 кГц та стабільної фіксації динамічних процесів пневматичної системи та передачі даних по відкритому каналу на частоті 433 МГц. Мета дослідження– забезпечити високоточні вимірювання перепаду тиску, мінімізувати вплив похибок на процес роботи вимірювальної системи. Предметом дослідження є процес збору, обробка та аналізу сигналів отриманих з диференційних датчиків тиску на різних режимах роботи ВРВ.

Робота базувалась на удосконаленні вже існуючого лабораторного стенду пневматичної системи сівалки блочного типу (ПССБТ). Запропоновано, в ході досліджень поведінки повітряного потоку, використовувати диференціальні датчики AMS 5915, MS4515DO та 5525DSO й побудувати безпроводну вимірювальну систему на базі мікроконтролера STM32 на платах STM32F446RE і STM32F103C8T6 з подальшою компенсацією точності вимірювання використовуючи датчик MS5611, організувати передачу даних за допомогою модуля LoRa Ra-2 [1,2]. Отриманий 14 бітний сигнал даних тиску та 11 бітний сигнал даних температури (сирі дані) був переданий LoRa пакетом з наступним контролем CRC (Cyclic Redundancy Check) на центральний вузол, з подальшою обробкою отриманих даних за допомогою програмного комплексу,

що базується на математичних алгоритмах фільтрації та апроксимації результатів. Проведено декодування, перетворення 14 бітного сигналу в вимірюваний тиск (інтерфейс взаємодії між датчиком та платою контролю за протоколом I2C).

$$P = \frac{(Digital\ Output - Min)}{(Max - Min)} \times (P_{max} - P_{min}) + P_{min},$$

де *Digital Output* – 14 бітне значення, що отримали з регістру диференціального датчика, *Min* – це цифровий ноль 10% від 2^{14} , *Max* – *Min* – цифровий діапазон, різниця між 90% та 10% значень шкали вимірювання, P_{max} та P_{min} відповідно характеристики диференціального датчику тиску [3].

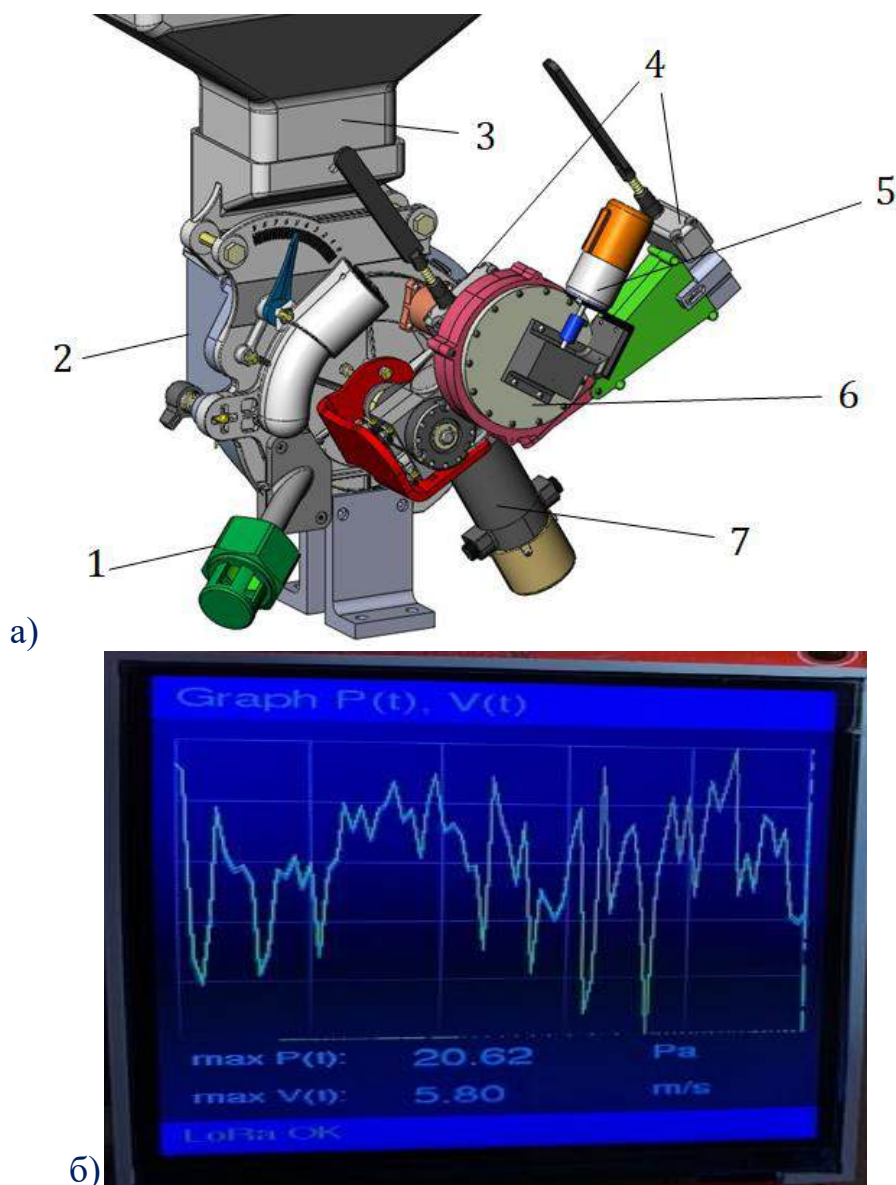


Рис. 1. а – Лабораторний стенд ПССБТ: 1 – перепускний клапан; 2 – висівний апарат; 3 – бункер; 4 – безпроводний вимірювальний вузол з антеною, 5 – електродвигун приводу ІВРВ; 6 – ІВРВ; 7 – електродвигун приводу висівного апарату; б – Вузол моніторингу характеристик повітряного потоку

Побудова такої системи в подальшому надає можливість проводити аналіз роботи не тільки в рамках лабораторних досліджень, а й використовувати таку систему в натурних випробуваннях сівалки точного висіву в польових умовах. Робота лабораторного стенду ПССБТ (рис.1 а), з використанням безпроводної вимірювальної системи, показала ряд проблем по стабільній організації передачі даних по відкритому каналу на частоті 433 МГц. Реалізовано стабільну роботу вимірювальних модулів шляхом вдосконалення апаратної системи, за рахунок удосконалення електротехнічної компоненти так і використання більш якісних антен передачі сигналу GIZONT 600-6000 МГц та Nagoya NA – 701 430 МГц. Математичний апарат реалізований програмою постобробки отриманих даних з вимірювальної системи на C+ Air Flow V.01. Реалізовано система фільтрації викидів за допомогою фільтра Калмана та ковзне середнє, такий підхід дав можливість реалізувати Real-time моніторинг характеристик повітряного потоку (рис.1 б). Отже, для подальшого поглибленого проектуванню та доводці вже існуючих пневматичних систем сівалок точного висіву та обґрунтування доцільності розробок перспективних систем модульного типу представлена система вимірювання характеристик повітряного потоку є підмогою у науковій діяльності. Використання як існуючих програмних комплексів для подальшої обробки даних таких як LabVIEW, MATLAB Simulink, GNU Radio та інші так і власної розробки дає можливість спростити інженерні розрахунки та візуалізувати поведінку повітряного потоку пневматичної системи.

На основі отриманих попередніх даних системи вимірювання показників характеристики повітряного потоку, на базі прицевійних диференціальних датчиків та бездротового каналу зв'язку на базі технології LoRa, є перспективним напрямком розвитком вимірювальних комплексів при проектуванні нових сівалок з оглядом на сучасні виклики в сільському господарстві. Такий підхід дає можливість, разом зі створеним програмним забезпеченням, реалізувати візуалізацію даних та їх статистичну обробку й верифікацію, що значно підвищує якість випробувань та створити гнучкий інструментарій дослідника.

Список літератури

1. Warren Gay. Beginning STM32: Developing with FreeRTOS, libopenm3 and GCC. (1th ed.). Apress, 2018. 537 p.
2. Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic. Fundamentals of Power Electronics. Third Edition. Springer, 2020. 1103 p.
3. Frank, M. (2016). White fluid mechanics (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education. 1023 p.

УДК 669.017

ВИКОРИСТАННЯ СПЛАВІВ НІТИНОЛУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНІЗМІВ

Черевашенко І.С., здобувач РВО магістр
Калюжний О.Б., к.т.н., доц.
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, Igorcherevashenko03@gmail.com

Анотація. У роботі досліджено функціональний матеріал нітінол, який, завдяки ефекту пам'яті форми та супереластичності використовується у робототехніці. Розглянуто механізми фазових перетворень і ключові параметри, що визначають поведінку сплаву при різних умовах роботи.

Ключові слова: нітінол; сплави з пам'яттю форми; ефект пам'яті форми; супереластичність; робототехніка.

Матеріали, які використовуються у робототехніці повинні бути одночасно міцними й гнучкими, компактними й потужними, а також безпечними для людини. Традиційні конструкційні метали та полімери не завжди відповідають цим вимогам, тому дослідники звертаються до SMART матеріалів, які змінюють свої характеристики у відповідь на зовнішні стимули [1]. Серед них найбільш відомий нітінол (NiTi) – інтерметалічний сплав нікелю та титану, що поєднує ефект пам'яті форми з високою механічною витривалістю та біосумісністю.

Фундаментальною властивістю нітінолу є ефект пам'яті форми, що ґрунтується на оборотному фазовому перетворенні між мартенситом – м'якою низькотемпературною фазою – та аустенітом – жорсткою високотемпературною фазою (рис.1). Під час виготовлення виробу йому надають бажану геометрію шляхом термомеханічної обробки. Якщо після цього деталь деформувати при низькій температурі, вона збереже нав'язану форму, оскільки перебуває в мартенситному стані. Однак при нагріванні матеріал проходить зворотне перетворення в аустеніт і самостійно повертається до початкової конфігурації, генеруючи значну механічну силу.

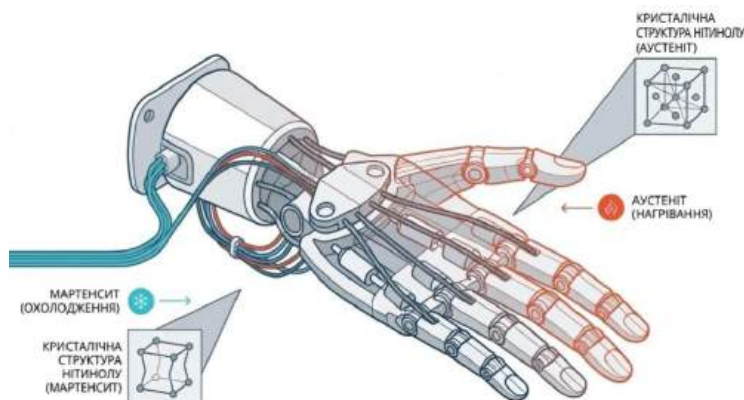


Рис. 1. Роботизована кисть з приводами з нітінолу (створено за допомогою ШІ)

Цей процес характеризується чотирма ключовими температурами: M_s і M_f визначають початок і завершення мартенситного перетворення при охолодженні, а A_s і A_f – початок і завершення зворотного перетворення при нагріванні. Для NiTi-сплавів ці температури перебувають у діапазоні від $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а ширина температурного гістерезису становить $30\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Змінюючи хімічний склад сплаву та режим термообробки, можливо налаштовувати ці температури під конкретне завдання. Для пристроїв верхніх кінцівок температуру A_f встановлюють у межах $20\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто нижче температури тіла, щоб забезпечити супереластичний режим при контакті зі шкірою. Для робототехнічних актуаторів A_f налаштовують у діапазоні $50\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$, щоб дріт активувався лише при навмисному нагріванні електричним струмом.

Іншою ключовою властивістю нітанолу є супереластичність. У цьому режимі, при температурі вище A_f ($60\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$ для робототехнічних або $25\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}$ для медичних сплавів), під дією механічного навантаження аустеніт тимчасово перетворюється на мартенсит, а після зняття навантаження – самовільно повертається до аустенітної фази. Завдяки цьому нітінол витримує зворотні деформації до $6\text{--}10\%$, тоді як звичайна сталь – лише $0,5\%$. Модуль пружності залежить від фази: $30\text{--}83\text{ ГПа}$ в аустенітному стані та $21\text{--}41\text{ ГПа}$ в мартенситному, що дозволяє керувати жорсткістю конструкції зміною температури [2].

Щільність нітінолу становить $6,4\text{--}6,5\text{ г/см}^3$, що порівнянно зі сталлю, проте за деформаційними можливостями він значно перевершує традиційні метали. Окрім того, нітінол є біосумісним: він не викликає значних алергічних чи імунних реакцій при контакті зі шкірою або тканинами, що підтверджується його використанням у стентах, ортодонтичних дугах та ендоскопічних інструментах.

Одним із найпоширеніших напрямків є використання нітінолових дротів як лінійних актуаторів у захоплювальних пристроях. При пропусканні електричного струму дріт нагрівається, переходить в аустенітну фазу та скорочується, приводячи в рух пальці захоплювача. Робочі деформації становлять $3\text{--}5\%$, що при довжині дроту 100 мм забезпечує переміщення $3\text{--}5\text{ мм}$ – достатньо для надійного захоплення об'єктів. Зокрема, було розроблено захоплювач, де кожен палець приводиться окремим нітіноловим дротом із незалежним контролем сили та положення [3]. Інший приклад – двопальний захоплювач для роботи в обмеженому просторі промислових установок, де габарити традиційних приводів є неприйнятними [4].

Супереластичність нітінолу дозволяє будувати континуум-роботів – гнучкі маніпулятори без дискретних шарнірів, здатні плавно згинатися подібно до щупальця. Нітінолові стрижні в таких конструкціях працюють із деформаціями до $6\text{--}8\%$, забезпечуючи великі кути вигину без руйнування. Прикладом є континуум-робот для трансоральних хірургічних операцій, де траєкторія руху планується за допомогою комп'ютерної томографії [5]. Такий робот проникає у важкодоступні анатомічні ділянки, недосяжні для жорстких маніпуляторів.

У медичній реабілітації нітінол використовується для м'яких носимих роботів, що надягаються на тіло пацієнта та допомагають відновити рухливість кінцівок. Такі системи забезпечують плавні й природні рухи, наближені до фізіологічних, що робить реабілітацію комфортнішою порівняно з жорсткими ортезами [6]. Температуру активації Af обмежують рівнем 40 °С, а драти додатково ізолюють від шкіри для виключення термічних ушкоджень.

Можливість високоточної обробки робить нітінол придатним для мікромасштабних систем. За допомогою фемтосекундного лазера з нітінолових пластин виготовлено «живі шарніри» – монолітні згинальні елементи без окремих рухомих деталей – для роботів завбільшки кілька міліметрів [7]. Товщина елементів у десятки–сотні мікрметрів забезпечує значно швидші цикли нагрівання та охолодження порівняно з дротами діаметром 1–2 мм.

У гаптичних пристроях – системах, що створюють відчуття дотику при дистанційному керуванні або у віртуальній реальності – нітінолові актуатори ефективно генерують реалістичні тактильні відчуття [8]. Для таких систем критичними є компактність, достатня сила при малому ході, безшумність та безпечна температура контактної поверхні – не вище 40–45 °С.

У гуманоїдній робототехніці нітінол застосовується як аналог сухожилля. Було розроблено роботизований палець, де нітінолові драти імітують сухожилля, а геометрія кісткових елементів відтворює будову людського пальця [9]. При робочій деформації 3–5 % драти розвивають напруження порядку сотень мегапаскалів, забезпечуючи силу для згинання фаланг і захоплення предметів. Палець має діапазон рухів, близький до людського, та здатний бути м'яким у розслабленому стані й жорстким під час активації – ключова властивість для безпечної взаємодії в неструктурованому середовищі.

Нітінолові актуатори мають низку переваг перед традиційними приводами. Їхня питома робота становить 4–12 Дж/см³, що значно перевищує показники електромагнітних актуаторів порівнянних розмірів. Супереластичність забезпечує тисячі циклів деформації в межах 4–6 % без втрати цілісності. На відміну від електродвигунів і пневматики, нітінолові актуатори працюють практично безшумно, що важливо для лікарняних палат, житлових приміщень та соціальних роботів.

Водночас нітінол має й помітні обмеження. Головним є залежність від теплових процесів: дріт діаметром 0,5 мм охолоджується за частки секунди, тоді як дріт діаметром 2 мм – кілька секунд. Гістерезис шириною 30–50 °С ускладнює точне позиційне керування через нелінійну залежність деформації від температури. При тривалій циклічній експлуатації зменшується величина відновлюваної деформації, а характеристичні температури зміщуються, що потребує калібрування або заміни актуаторів. Моделювання поведінки нітінолових конструкцій також є складним, оскільки потребує одночасного врахування кінематики, термодинаміки та фазових перетворень [10].

Таким чином, нітінол є одним із найперспективніших функціональних матеріалів для робототехніки завдяки унікальному поєднанню пам'яті форми, супереластичності та біосумісності. Існуючі обмеження, такі як тепла інерційність, гістерезис і складність моделювання, є тимчасовими, що

поступово долаються вдосконаленням алгоритмів керування та методів мікрообробки. Подальший прогрес у цих напрямках наблизить створення адаптивних роботів, здатних ефективно працювати в середовищі, розрахованому на людину.

Список літератури

1. Rodrigue, H., Wang, W., Han, M.-W., Kim, T. J. Y., & Ahn, S.-H. (2017). An Overview of Shape Memory Alloy-Coupled Actuators and Robots. *Soft Robot.*, 4(1), 3–15. <https://doi.org/10.1089/soro.2016.0008>
2. Hamid, Q. Y., Wan Hasan, W. Z., Azmah Hanim, M. A., Nuraini, A. A., Hamidon, M. N., & Ramli, H. R. (2023). Shape Memory Alloys Actuated Upper Limb Devices: A Review. *Sens. Actuat. Rep.*, 5, 100160. <https://doi.org/10.1016/j.snr.2023.100160>
3. Teodoriu, A. P., Pricop, B., Lohan, N.-M., Popa, M., Comănesci, R. I., Doroftei, I., & Bujoreanu, L.-G. (2024). Designing a Robotic Gripper Based on the Actuating Capacity of NiTi-Based Shape Memory Wires. *Act.*, 13(8), 319. <https://doi.org/10.3390/act13080319>
4. Schmelter, T., Bade, L., & Kuhlentkötter, B. (2024). A Two-Finger Gripper Actuated by Shape Memory Alloy for Applications in Automation Technology with Minimized Installation Space. *Act.*, 13(10), 425. <https://doi.org/10.3390/act13100425>
5. Kim, Y.-J., Oh, J. E., & Wi, D. (2025). Preliminary Validation of Nitinol Rod Driven Discrete Continuum Robot for Transoral Surgery by Planar Path Planning with CT Images. *Robot.*, 14(10), 140. <https://doi.org/10.3390/robotics14100140>
6. Shami, Z., Arslan, T., & Lomax, P. (2025). Wearable Soft Robots: Case Study of Using Shape Memory Alloys in Rehabilitation. *Bioeng.*, 12(3), 276. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12030276>
7. Hedrick, A., Kabutz, H., Smith, L., MacCurdy, R., & Jayaram, K. (2024). Femtosecond Laser Fabricated Nitinol Living Hinges for Millimeter-Sized Robots. *IEEE Robot. Autom. Lett.*, 9(6), 5449–5455. DOI:10.1109/LRA.2024.3392490
8. Liu, Q., Ghodrat, S., Huisman, G., & Jansen, K. M. B. (2023). Shape Memory Alloy Actuators for Haptic Wearables: A Review. *Mater. Des.*, 233, 112264. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.112264>
9. Liu, R., Zheng, H., Hliboký, M., Endo, H., Zhang, S., Baba, Y., & Sawada, H. (2024). Anatomically-Inspired Robotic Finger with SMA Tendon Actuation for Enhanced Biomimetic Functionality. *Biomim.*, 9(3), 151. <https://doi.org/10.3390/biomimetics9030151>
10. Xiao, Q., Musa, M., Godage, I. S., Su, H., & Chen, Y. (2023). Kinematics and Stiffness Modeling of Soft Robot With a Concentric Backbone. *J. Mech. Robot.*, 15(5), 051011. <https://doi.org/10.1115/1.4055860>

УДК 004.94

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ДРАЙВЕР ТРАНСФОРМАЦІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

Свіргун О.А., к.т.н., доц.
Чорноног А.Ю. здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
dmolgal1963@btu.kharkov.ua

Анотація. Машинобудування активно трансформується завдяки впровадженню цифрових технологій, що забезпечують ефективність основних і допоміжних виробничих процесів. Використання CAD/CAM/CAE-систем, технологічних баз даних та автоматизації управління дозволяє скоротити час розробки продукції на 20–30% і знизити витрати на 10–15%. Цифровізація стає ключовим чинником конкурентоспроможності підприємств, підвищуючи якість виробів та оптимізуючи виробничі цикли.

Ключові слова: автоматизоване проектування, технологічні бази даних, цифрові технології, автоматизація управління.

Машинобудування є однією з ключових галузей промисловості, де застосування інформаційних технологій має фундаментальне значення. Вони забезпечують не лише підтримку допоміжних процесів, але й ефективне функціонування основних виробничих циклів. Сучасне виробництво орієнтоване на швидке виведення готової продукції при мінімальних витратах, що визначає економічну ефективність та рентабельність підприємств. В умовах глобальної конкуренції критично важливо скорочувати час виготовлення виробів без шкоди для якості, безпеки та конструктивної досконалості. Саме тому цифрові технології стають базовим інструментом розвитку галузі.

Існує три фактори, які дозволяють значно скоротити час у технологічному ланцюжку та уникнути трудових витрат.

Впровадження CAD/CAM/CAE-систем. Інтегровані цифрові системи дозволяють відмовитися від фізичних прототипів та ручної передачі документації між етапами проектування і виробництва.

Автоматизоване проектування забезпечує швидке створення моделей, проведення віртуальних випробувань та оптимізацію конструкцій. За даними McKinsey [1], використання цифрових технологій у машинобудуванні скорочує час розробки нових виробів на 20–30% та знижує виробничі витрати на 10–15%.

Технологічні бази даних. Вони є основою сучасної цифрової трансформації виробництва, забезпечуючи перехід від ручного проектування до інтелектуальних систем. Бази даних прискорюють розробку прес-форм та оснащення, зменшують кількість помилок, оптимізують параметри лиття та обробки на ЧПК. Вони містять інформацію про матеріали, типові конструкції, режими різання та результати симуляцій, що підвищує продуктивність і якість виробів. Використання бібліотек стандартних деталей дозволяє швидко створювати 3D-моделі та автоматизувати креслення. Новітні платформи інтегрують алгоритми штучного інтелекту для пошуку аналогічних конструкцій та автоматичного проектування нових форм.

Автоматизація управління виробництвом. Інтегровані системи управління дозволяють координувати всі етапи оперативної діяльності підприємства. Автоматизація охоплює планування експлуатації обладнання, управління складськими приміщеннями та виробничими цехами, що формує основу ефективної виробничої логістики. Це забезпечує прозорість процесів та підвищує керованість виробничих систем.

Для того, щоб в майбутньому наші студенти могли активно використовувати передові технології, на кафедрі надійності та міцності машин в споруд ми активно використовуємо CAD/CAE системи для проектування та розрахунку деталей машин та конструкцій [2-6].

Цифрові технології – CAD/CAM/CAE-системи, технологічні бази даних, автоматизація управління, цифрові двійники, штучний інтелект та інтернет речей – здійснюють комплексну трансформацію машинобудування. Вони забезпечують прискорення розробки на 25–30%, зниження витрат на 5–10% та підвищення якості продукції завдяки автоматизації, моделюванню та предиктивній аналітиці. Таким чином, цифровізація стає ключовим чинником конкурентоспроможності підприємств у сучасних умовах.

Список літератури

1. Behrendt A., de Boer E., Kasah T., Koerber B., Mohr N., Richter G. Leveraging Industrial IoT and advanced technologies for digital transformation in manufacturing. McKinsey, February 2021.
2. Свіргун О. А., Свіргун В. В., Свіргун В. П. Сучасні CAD/CAE-системи як близька заміна емпіричних досліджень // Інформаційні технології у сучасному світі: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених (22 квітня 2024 р.). Харків: Державний біотехнологічний ун-т, 2024. С. 284–285.
3. Савченко В. Б., Свіргун О. А., Брик І. І. Використання комп'ютерних інтегрованих систем при підготовці студентів машинобудівних спеціальностей // Інформаційні технології у сучасному світі: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених (22 квітня 2024 р.). Харків: Державний біотехнологічний ун-т, 2024. С. 291–293.
4. Грищенко В. М., Свіргун О. А., Калінін Є. І., Савченко В. Б. Будівельна механіка. Структура ПК ANSYS WORKBENCH та порядок створення розрахункової моделі. Харків: ХНТУСГ, 2019. 30 с.
5. Свіргун О. А., Савченко В. Б., Грінченко О. С., Калінін Є. І., Свіргун В. П. Використання систем скінчено-елементного аналізу при викладанні дисципліни «Опір матеріалів» // Вісник ХНТУСГ. Проблеми надійності машин. 2018. Вип. 192. С. 339–346.
6. Грищенко В. М., Свіргун О. А., Калінін Є. І., Савченко В. Б. Основи ANSYS. Лабораторний практикум: навч. посіб. Харків: ХНТУСГ, 2020. 168 с.

УДК 004.94:69.05

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ БУДІВЕЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ НА ОСНОВІ BIM-МОДЕЛЕЙ ТА VR- ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Воложинська О.О., викл. вищ. кат., викл.-метод.
Топільський П.М., здобувач РВО фаховий молодший бакалавр
Харківський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну
м. Харків, Україна, himzavodpavel@gmail.com

Анотація. У статті досліджено механізми синергії технологій інформаційного моделювання будівель (BIM), віртуальної реальності (VR) та мікроконтролерних систем на базі Arduino. Запропоновано архітектуру системи автоматизованого моніторингу, що дозволяє в реальному часі зіставляти фактичний стан будівельного майданчика з проєктними даними. Особливу увагу приділено алгоритмам аналізу відхилень та їх інтерактивній візуалізації у занурювальному середовищі. Результати дослідження підтверджують можливість зниження витрат на усунення дефектів за рахунок оперативного апаратного контролю.

Ключові слова: BIM, VR, Arduino, автоматизований моніторинг, цифрові двійники, IoT, енергоефективність будівництва

Сучасна парадигма розвитку будівельної індустрії спрямована на повну цифровізацію життєвого циклу об'єктів. Одним із найбільш критичних етапів є безпосередньо процес зведення будівлі, де виникає найбільша кількість невідповідностей між проєктною документацією та фактичним виконанням робіт. Традиційні методи нагляду, що базуються на вибірковому ручному вимірюванні, не забезпечують цілісної картини стану об'єкта в режимі реального часу.

Використання методології Building Information Modeling (BIM) створило передумови для формування «цифрового еталона», проте для ефективного функціонування системи необхідний безперервний потік даних безпосередньо з будівельного майданчика. Впровадження доступних апаратних рішень на базі мікроконтролерів Arduino у поєднанні з технологіями віртуальної реальності (VR) дозволяє реалізувати концепцію динамічного моніторингу, де інформаційна модель стає живим відображенням фізичних процесів [1].

Питання інтеграції цифрових моделей у будівництво широко висвітлені у працях вітчизняних та закордонних вчених. Проте більшість досліджень фокусується або на суто програмних аспектах BIM, або на використанні VR як інструменту презентації. Питання створення низьковартісних сенсорних мереж для оперативного оновлення BIM-даних залишається недостатньо вивченим. Існує науковий розрив між високорівневими інформаційними моделями та низькорівневим збором даних, який може бути подоланий за допомогою технологій Internet of Things (IoT) [2].

Метою роботи є розробка та наукове обґрунтування інтегрованої системи автоматизованого моніторингу, що поєднує сенсорні мережі Arduino, аналітичне середовище BIM та інтерфейс VR-візуалізації для підвищення якості та безпеки будівництва.

Запропонована система базується на трирівневій ієрархічній структурі. Перший рівень – апаратний – представлений розподіленою мережею вимірювальних вузлів на базі Arduino Mega 2560. Вибір даної платформи обумовлений гнучкістю підключення великої кількості сенсорів. Кожен вузол оснащується прецизійними датчиками нахилу (акселерометрами) для контролю геометрії несних конструкцій, ультразвуковими дальномірами для перевірки лінійних розмірів та датчиками вологості середовища для моніторингу процесу застигання бетону. Дані з цих пристроїв передаються за протоколом MQTT до хмарного сховища.

Другий рівень – аналітичний – передбачає синхронізацію отриманих параметрів із метаданими BIM-моделі. На цьому етапі реалізується алгоритм автоматизованого порівняння, де кожна координата $P_{fact}(x, y, z)$, отримана від датчика, порівнюється з проєктною точкою P_{design} . У разі виявлення відхилення $\Delta > \epsilon$ (де ϵ – допустимий поріг згідно з будівельними нормами), система автоматично маркує відповідний елемент у цифровій моделі як критичний. Структурно-логічна схема цієї взаємодії наведена на рис. 1.

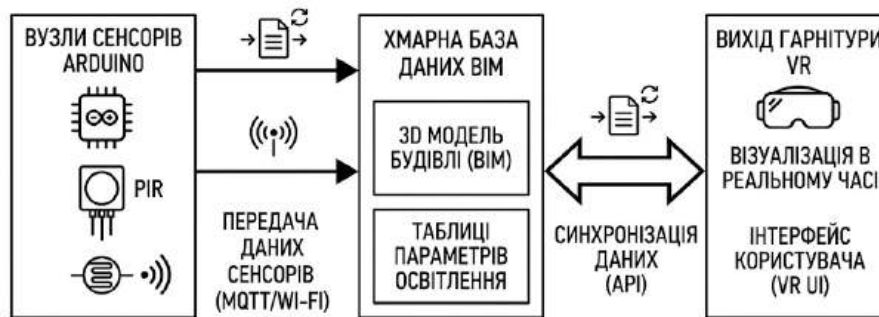


Рис. 1. Структурно-логічна схема взаємодії апаратних засобів Arduino з інформаційним середовищем BIM та VR

Третій рівень – візуальний – реалізується за допомогою рушіїв ігрової візуалізації, інтегрованих із BIM-даними. VR-інтерфейс дозволяє відповідальним особам здійснювати дистанційний моніторинг майданчика. Використовуючи занурювальні технології, інженер бачить не просто геометричні фігури, а інтерактивну модель, де кольорова індикація відображає технічний стан конструкцій у реальному часі. Наприклад, елементи, де датчики Arduino зафіксували надмірну деформацію або відхилення від осі, підсвічуються червоним кольором, що вимагає негайного втручання. Логіка функціонування програмного комплексу, що забезпечує безперервність цього процесу, представлена у вигляді алгоритму на рис. 2.

Особливістю системи є можливість зворотного зв'язку. Через VR-контролери користувач може ініціювати запит до конкретного апаратного вузла для проведення позапланової діагностики або перевірки справності датчиків. Такий підхід мінімізує вплив людського фактора та забезпечує об'єктивність технічного нагляду. Технічна реалізація вузлів на базі Arduino передбачає використання промислових стандартів захисту (IP67), що гарантує надійність роботи в умовах будівельного майданчика [3].

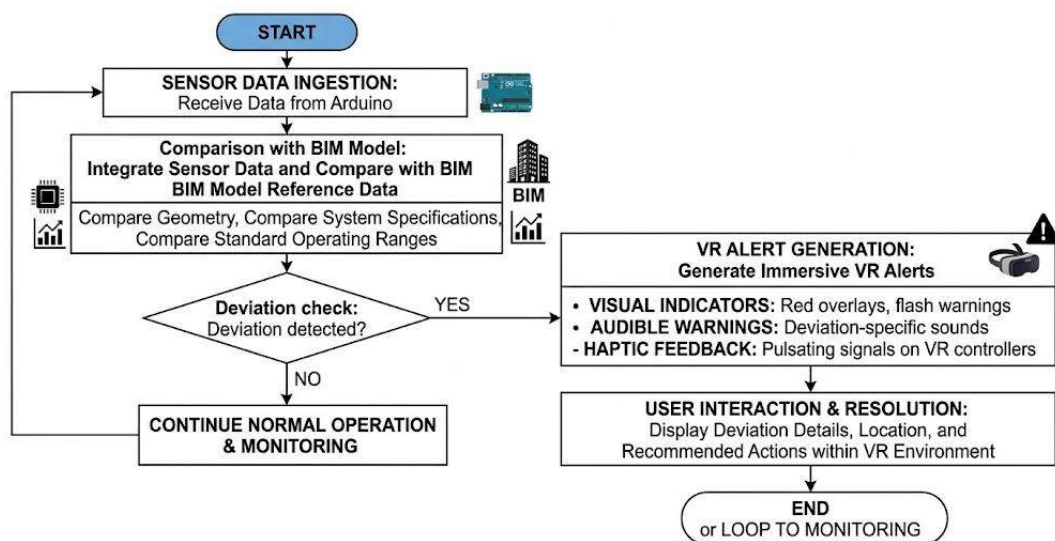


Рис. 2. Блок-схема алгоритму автоматизованого аналізу відхилень та синхронізації VR-контенту

Економічний ефект від впровадження системи розраховується як різниця між витратами на її розгортання та потенційними витратами на демонтаж і повторне зведення конструкцій у разі виявлення помилок на пізніх етапах. Досвід впровадження подібних цифрових рішень свідчить про можливість скорочення термінів будівництва на 10–15% за рахунок оперативного усунення колізій [4].

У результаті дослідження розроблено концепцію інтегрованої системи, яка об'єднує фізичний світ будівництва з віртуальним середовищем проектування. Використання Arduino як інструменту збору даних робить систему масштабованою та економічно доступною. Інтеграція з BIM та VR забезпечує новий рівень візуалізації та аналізу, перетворюючи пасивну модель на активний інструмент управління. Подальший розвиток системи передбачає впровадження алгоритмів машинного навчання для предиктивного аналізу зносу конструкцій на основі даних, зібраних під час будівництва.

Список літератури

1. Бойко В. В., Сидоренко О. М. Цифрові трансформації в будівництві: від BIM до Digital Twins. Будівельне виробництво. 2023. № 74. С. 12–18.
2. Eastmann C., Sacks R. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2018. 640 p.
3. Петренко І. М. Використання мікроконтролерів у системах моніторингу споруд. Електронні системи та технології. 2023. № 4. С. 45–52.
4. Arduino-based IoT Monitoring Systems in Civil Engineering / I. Petrenko et al. Journal of IT in Construction. 2022. Vol. 10. P. 102–115.
5. ДСТУ ISO 19650-1:2020. Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд, включаючи інформаційне моделювання будівель (BIM). Частина 1. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 42 с.

УДК 631.03

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Чуб І. М., к.т.н., доц.
Вольська А. В., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, an.volska@gmail.com

Анотація. У роботі розглядається питання оптимізації енергетичних режимів сонячних енергетичних установок (СЕУ) через впровадження систем автоматичного пошуку точки максимальної потужності. Проведено аналіз вольт-амперних характеристик фотоелектричних модулів та розроблено імітаційну модель у середовищі Scilab/Xcos. Доведено, що використання динамічного регулювання напруги на виході DC/DC перетворювача дозволяє суттєво підвищити ККД установки в умовах змінної інсоляції.

Ключові слова: сонячна панель, автоматичне регулювання, MPPT, Scilab, Xcos, перехідні процеси.

Ефективність сонячних установок визначається динамічною зміною параметрів напівпровідникової структури залежно від зовнішніх чинників. Основним викликом є миттєва реакція системи на зміну освітленості. Навіть незначне затінення або хмарність зміщують робочу точку системи, що призводить до різкого падіння генерації. Крім того, значний вплив на роботу фотоелектричних модулів має температура навколишнього середовища, яка змінює їх електричні характеристики та ускладнює процес стабілізації режиму роботи. Тому задача пошуку точки максимальної потужності є однією з ключових. Набуває важливості питання програмної реалізації алгоритмів керування. Використання відкритого програмного забезпечення Scilab/Xcos дозволяє створювати гнучкі моделі, що враховують не лише статичні параметри панелей, а й динаміку силових ключів перетворювачів. Це дає змогу синтезувати систему автоматичного регулювання, яка здатна нівелювати негативний вплив температурного дрейфу напруги холостого ходу, що є характерним для літніх періодів експлуатації в Україні.

Метою дослідження є синтез системи автоматичного регулювання, яка забезпечує безперервне відстеження точки максимуму (MPPT) за допомогою корекції коефіцієнта заповнення ШІМ-сигналу. Об'єктом моделювання було обрано фотоелектричний модуль потужністю 340 Вт, підключений до навантаження через імпульсний регулятор напруги. У даній роботі особливу увагу приділено швидкодії системи при різних змінах освітленості, оскільки саме цей режим є найбільш проблемним на практиці.

Для досягнення поставленої мети було розроблено структуру системи в середовищі Xcos, де математичний опис панелі базується на ітераційному розв'язанні рівняння Шокле. Це дозволило отримати сімейство вольт-амперних характеристик для різних рівнів інсоляції (від 200 до 1000 Вт/м²) та

верифікувати алгоритм «Perturb and Observe» в умовах динамічних завад. У результаті дослідження було сформовано архітектуру системи автоматичного регулювання, яка базується на зворотному зв'язку за струмом та напругою панелі. Запропоновано механізм адаптивного кроку ітерації: при значному відхиленні від максимуму система робить великі кроки для швидкої реакції, а при наближенні до екстремуму – мінімальні, що зменшує пульсації потужності. Це вирішує типову проблему класичних алгоритмів, де виникають коливання навколо точки MPP.

Реалізована модель у Scilab продемонструвала високу стійкість до різких стрибків освітленості. Зокрема, час входження в режим максимальної генерації при зміні інсоляції на 50% становить не більше 0,15 с. Це дозволяє практично повністю нівелювати енергетичні втрати під час хмарної погоди. Згідно з результатами імітаційного моделювання, впровадження розробленого алгоритму дозволяє підвищити добовий виробіток електроенергії на 12–18% порівняно з системами з прямим ШІМ-регулюванням. Крім того, завдяки оптимізації режимів роботи силового транзистора, вдалося знизити рівень теплових втрат у перетворювачі на 10%, що подовжує термін служби електронних компонентів системи. Отримані результати свідчать про доцільність застосування адаптивних алгоритмів керування у сучасних фотоелектричних системах, особливо в умовах нестабільної інсоляції.

Результати проведеного імітаційного моделювання підтверджують високу динамічну точність розробленої системи автоматичного регулювання. Запропонована структура системи автоматичного регулювання дозволяє мінімізувати втрати енергії в перехідних режимах, що забезпечує стабільну роботу сонячної установки в умовах змінної хмарності. Отримані дані стануть підґрунтям для подальшого проектування високоефективних систем керування сонячних енергоустановок та їх впровадження у комп'ютерно-інтегровані енергосистеми.

Список літератури

1. Esram T., Chapman P. L. Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2007. – Vol. 22, No. 2. – P. 439–449. – DOI: 10.1109/TEC.2006.874230.
2. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 495 с.
3. Villalva M. G., Gazoli J. R., Filho E. R. Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2009. – Vol. 24, No. 5. – P. 1198–1208. – DOI: 10.1109/TPEL.2009.2013862.

УДК 004.78

ПІДСИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Тимчук С.О., д.т.н., доц.
Карабут О.О., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, stym@btu.kharkov.ua

Анотація. Представлено підсистему моніторингу енергозабезпечення приватного будинку; наведено технології реалізації, результати тестування підсистеми; результатом роботи є готовий та працездатний вебдодаток підсистеми; практичне значення полягає у допомозі користувачу оперативно приймати рішення щодо стану домашньої мікромережі, її компонентів та параметрів роботи.

Ключові слова: мікромережа, моніторинг, інформаційна технологія, вебдодаток.

Однією з актуальних проблем з огляду на сучасні реалії є забезпечення автономного енергопостачання з максимальною ефективністю та контролем. З урахуванням сучасних викликів та вимог, виникає невідкладна потреба у створенні підсистеми моніторингу енергозабезпечення, здатної надати точні та актуальні дані про надходження та витрати енергії, стан обладнання, а також попереджати про існуючі та можливі проблеми. Найбільш важливими завданнями управління системою енергорозподілення є [1]:

- планування, моніторинг, прогнозування і контроль генерації та розподілу;
- оцінка ефективності та впровадження використання «зелених» відновлювальних джерел енергії;
- планування вчасного та систематичного технічного обслуговування використовуваного обладнання;
- аналіз та робота з можливими ризиками.

Моніторинг стану енергосистем в контексті концепції Індустрії 4.0 [2] повинен бути реалізованим для роботи в режимі реального часу. Основними завданнями та механізмами систем моніторингу є збір даних, перевірка даних на валідність та збереження їх до бази даних [3]. Дані моніторингу є обов'язковим компонентом вхідного набору даних для вирішення різних завдань, а також є основою для менеджментської активності та прийняття рішень [4]. Мета розробки – надання оперативної інформації онлайн для користувачів за допомогою веборієнтованої системи моніторингу енергозабезпечення приватного будинку. У даній роботі розглядається процес збору та попередньої обробки даних на прикладі збору і накопиченню даних, що описує структуру та функціонування енергетичної мікромережі приватного будинку.

Інформація, яка буде збиратися у результаті моніторингу параметрів енергетичною мікромережі, можна зобразити у вигляді множини $M_{po} = M_{po} \cup M_{pi}$, де M_{po} – підмножина накопичених даних, зібрана із зовнішніх джерел, а

M_{pi} – підмножина розрахункових параметрів.

Множина, що містить параметри, які збираються у оперативному режимі – M_{po} – може бути представлена у наступному вигляді:

$$M_{po} = \{M_{obj} \cup M_{cw} \cup M_{conf} \cup M_{loc} \cup M_n \cup M_{state}\},$$

де:

M_{obj} – множина даних споживача енергії поданої електромережі, включаючи рівень його споживання;

M_{cw} – множина метеорологічних даних місцевості, де розташована мікромережа;

M_{conf} – множина даних про джерела енергії, що підключені до мікромережі;

M_{loc} – множина даних географічного розташування мікромережі;

M_n – множина даних загальних розподільчих мереж, до яких підключена електромережа;

M_{state} – множина даних станів показників роботи мікромережі.

Для побудови підсистеми використано вхідні та вихідні дані, механізми та управління.

Вихідними даними є оперативні дані в БД, розрахункові показники моніторингу.

Архітектурно вебдодаток підсистеми моніторингу приватного будинку складається з двох основних частин: бази даних та обчислювального інстансу з засобами, які дозволяють обробляти та оперувати web-запитами (web-сервер), обробляти PHP та JavaScript скрипти та забезпечувати зв'язок з базою даних.

Обидва інстанси можуть обмінюватись інформацією між собою за допомогою мережевих технологій, реалізованих у стеку протоколів TCP/IP.

Функціонально роль web-сервера можна описати за допомогою таких ролей, як: обробка HTTP-запитів; відправлення HTTP-відповідей; управління запитом та ресурсами.

Підсистема моніторингу була розгорнута, використовуючи хмарні обчислювальні потужності провайдера AWS (Amazon Web Services).

Для реалізації частини, яка обробляє web-запити та оперує з PHP/JavaScript кодовою базою був вибраний EC2 інстанс розміру t3.micro (1CPU/1RAM), який є ідеально збалансованим під поточні потреби за співвідношенням ціни та обчислювальної потужності.

Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) – це служба хмарних обчислень від Amazon Web Services (AWS), яка дозволяє користувачам легко орендувати віртуальні сервери з можливістю швидкого масштабування ресурсів. За допомогою EC2, користувачі можуть вибирати з різних типів інстансій з різними обчислювальними та пам'ятковими характеристиками, а також можуть керувати.

Для бази даних MySQL був вибраний інший сервіс – Amazon Relational Database Service (RDS) – це керована служба баз даних від Amazon Web Services (AWS), яка дозволяє легко створювати та керувати реляційними базами даних у хмарному середовищі.

Розгортання необхідної інфраструктури було підготовлено в парадигмі IaaS (Infrastructure as a Code) за допомогою програмного рішення Terraform від компанії Hashicorp. Terraform.

Користувач має змогу отримати загальну інформацію про мережу, таку як назва мережі, її тип, адресу та координати. Також отримати загальну інформацію про доступні компоненти мікромережі. Є доступною панель споживання з балансом імпорту/експорту електроенергії.

Окрім того, співвідношення споживання і генерації може бути відображено у вигляді графіку, заснованого на історичній інформації за 1, 3 або 7 днів поспіль (рис. 1).

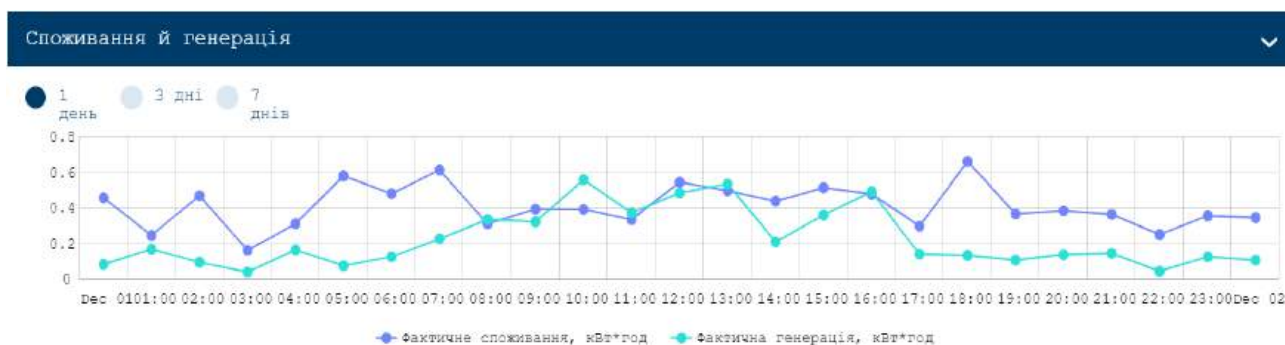


Рис. 1. Графічне відображення споживання/генерації

Також є доступним вивід більш повного графіку з зазначенням параметрів всіх об'єктів мережі. Таким чином, реалізовано підсистему моніторингу енергозабезпечення приватного будинку, яка візуалізує для користувача як моментальні, так і історичні дані, а також створює графічне відображення цієї інформації. Це стало можливим завдяки використанню сучасних підходів, архітектури та інноваційних підходів у розробці системи.

Список літератури

1. Soroudi A. & Amraee T. (2013). Decision making under uncertainty in energy systems: State of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 376-384. doi: 10.1016/j.rser.2013.08.039
2. Polikarpova, I. & Rosa, M. (2017). Energy reduction potential of the district heating company introducing energy management systems. *Energy Procedia*, 128, 66-71. doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.016
3. Парфененко Ю. В. Інформаційна технологія моніторингу функціонування системи теплопостачання підвищеної надійності [Текст] / Ю. В. Парфененко, В. Г. Неня // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2010. – № 4/9 (46). – С. 22–25.
4. Інформаційно-аналітична система моніторингу та прогнозування теплозабезпечення будівель / Ю. В. Парфененко, В. В. Шендрік, В. Г. Неня, Р. П. Окопний // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – № 743. – Ч. 1. – С. 38–43.

УДК 621.311:004

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Приходько Л.Є., викладач вищої кваліфікаційної
категорії, викладач-методист
Циганов Є.В., здобувач РВО ФМБ
Дніпровський політехнічний фаховий коледж,
м. Дніпро, Україна, lpr23022016@gmail.com

Анотація. у тезах розглянуто особливості цифровізації електроенергетики як ключового чинника модернізації енергетичної галузі. Проаналізовано вплив сучасних цифрових технологій, зокрема автоматизованих систем управління, інтелектуальних мереж (Smart Grid), Інтернету речей та великих даних на ефективність функціонування енергетичних систем. Визначено основні переваги цифрової трансформації, серед яких підвищення енергоефективності, надійності електропостачання та оптимізація споживання ресурсів. Окреслено перспективи розвитку цифрових технологій в електроенергетиці та їх роль у забезпеченні сталого розвитку.

Ключові слова: цифровізація, електроенергетика, Smart Grid, інтернет речей, енергоефективність, автоматизація

Сучасний розвиток суспільства нерозривно пов'язаний із впровадженням цифрових технологій у всі сфери діяльності, зокрема в електроенергетику. Умови глобалізації, стрімке зростання обсягів споживання енергії та необхідність забезпечення сталого розвитку зумовлюють потребу у модернізації традиційних енергетичних систем. Існуючі моделі функціонування енергетики, які базуються на централізованому виробництві та обмеженій керованості процесами, вже не відповідають сучасним вимогам щодо ефективності, надійності, гнучкості та екологічності.

Цифровізація електроенергетики передбачає комплексне впровадження інтелектуальних систем управління, автоматизацію технологічних процесів, використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, а також інтеграцію різних рівнів енергетичної інфраструктури в єдину керовану систему. Важливу роль у цьому процесі відіграє концепція Smart Grid (інтелектуальні електромережі), яка забезпечує двосторонній обмін інформацією між виробниками та споживачами електроенергії. Це дозволяє не лише оптимізувати виробництво і розподіл електроенергії, але й активно залучати споживачів до управління енергоспоживанням [1, с. 79].

Актуальність теми зумовлена не лише зростанням потреб у енергоресурсах, але й необхідністю підвищення енергоефективності, зниження втрат електроенергії в мережах та забезпечення високого рівня енергетичної безпеки. Крім того, важливим фактором є інтеграція відновлюваних джерел енергії (сонячної, вітрової, біоенергетики), які потребують гнучких та адаптивних систем управління. Цифровізація електроенергетики включає використання широкого спектра технологій, серед яких автоматизовані системи

диспетчерського управління (SCADA), системи моніторингу та аналізу даних у реальному часі, інтелектуальні лічильники (smart meters), системи прогнозування та оптимізації навантажень, а також мережі Smart Grid. Важливе значення мають технології обробки великих даних (Big Data), які дозволяють аналізувати великі обсяги інформації та приймати ефективні управлінські рішення.

Впровадження цифрових технологій забезпечує можливість оперативного реагування на зміни в енергосистемі, зменшення аварійності та підвищення якості електропостачання. Завдяки автоматизації процесів значно скорочується людський фактор, підвищується точність управління та зменшуються експлуатаційні витрати. Використання аналітичних систем дозволяє прогнозувати навантаження, визначати пікові періоди споживання та оптимізувати роботу електростанцій і розподільчих мереж [2, с. 43].

Інтернет речей (IoT) відіграє ключову роль у створенні інтегрованих енергетичних систем, де всі елементи – від генерації до кінцевого споживача – взаємодіють між собою в режимі реального часу. Смарт-пристрої, датчики та автоматизовані системи забезпечують постійний контроль параметрів роботи мереж, що дозволяє своєчасно виявляти несправності та запобігати аварійним ситуаціям. Разом із тим цифровізація електроенергетики супроводжується низкою викликів і проблем. Серед них особливо актуальними є питання кібербезпеки, оскільки зростає ризик несанкціонованого доступу до енергетичних систем. Значні фінансові витрати на модернізацію інфраструктури та впровадження нових технологій також є стримуючим фактором [3, с. 183].

Цифровізація електроенергетики є необхідною умовою розвитку сучасних енергетичних систем. Вона сприяє підвищенню ефективності, надійності та екологічності енергопостачання, а також створює передумови для інтеграції відновлюваних джерел енергії. Подальший розвиток цифрових технологій дозволить сформувати інтелектуальні енергетичні системи, здатні адаптуватися до змін та забезпечувати стабільне функціонування енергетичної галузі. Водночас важливим залишається питання забезпечення інформаційної безпеки та підготовки фахівців нового покоління.

Список літератури

1. Бойко В. С. Електроенергетика та сталий розвиток. Київ: Наукова думка, 2020. 256 с.
2. Ковальчук О. В. Інтелектуальні електричні мережі Smart Grid. Харків: ХНУМГ, 2019. 198 с.
3. Сидоренко П. М. Цифрові технології в енергетиці. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 312 с.

УДК 620.9

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ MILP ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ

Мотайло М. С., здобувач РВО PhD

Мороз О. М., д.т.н., проф.

Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, maksim.motaylo@btu.kharkiv.ua

Анотація. У дослідженні проаналізовано сучасні підходи до оптимізації режимів роботи літій-іонних установок зберігання енергії (УЗЕ), зокрема моделі на основі змішаного цілочисельного лінійного програмування. Сформульовано математичну модель задачі енергетичного арбітражу на ринку «на добу наперед», яка включає цільову функцію максимізації прибутку від купівлі електроенергії в періоди низьких цін та продажу в пікові години, а також систему технічних та ринкових обмежень.

Ключові слова: установки зберігання енергії, літій-іонні акумулятори, ринок «на добу наперед», оптимізація, енергетичний арбітраж, MILP

Сучасні підходи до оптимізації роботи установок зберігання енергії (УЗЕ) на ринку «на добу наперед» (РДН) базуються на використанні математичних моделей оптимізації, які дозволяють визначити економічно доцільні режими заряджання та розряджання установок з урахуванням цінкових сигналів ринку та технічних обмежень системи. Одним з підходів є застосування методів змішаного цілочисельного лінійного програмування (Mixed-Integer Linear Programming – MILP) [1, 2, 3], у таких моделях процес роботи УЗЕ дискретний за часовими інтервалами. MILP-моделі дозволяють ефективно враховувати обмеження на максимальну/мінімальну потужність, ємність установки, коефіцієнт корисної дії, а також технічні обмеження щодо режимів роботи.

З огляду на високу волатильність цін на РДН [4], значна кількість досліджень зосереджена на стохастичних методах оптимізації, які враховують невизначеність прогнозів цін. На відміну від евристичних та метоевристичних підходів, MILP дозволяє отримати глобально оптимальне рішення задачі, що є критично важливим при економічній оптимізації режимів роботи УЗЕ.

Для визначення оптимального режиму роботи УЗЕ використано метод MILP, який дозволяє одночасно враховувати технічні обмеження системи, міжчасову динаміку стану заряду та економічні параметри ринку. Застосування бінарних змінних забезпечує фізичну коректність режимів роботи, зокрема виключає одночасне заряджання та розряджання накопичувача.

Модель спрощена: ігнорується регулювання мережі, втрати в лініях, строки здачі заявок. Функція деградації акумулятора використана умовно; реальні дані можуть відрізнятися. Параметри ціноутворення, податки, комісії опущені. Також не моделюються обмеження ліцензії чи домовленостей учасника ринку. На відміну від балансуючого ринку, РДН характеризується наявністю прогнозованих погодинних цін, що дозволяє формувати задачу як детерміновану.

Рівняння для опису доходу від арбітражу має враховувати витрати на закупівлю енергії. Цільова функція арбітражу з урахуванням ефективності процесів заряджання та розряджання має наступний вигляд [5]:

$$\max \sum_T \left(\lambda_t \cdot \eta^{dis} \cdot p_t^{dis} - \frac{\lambda_t}{\eta^{ch}} \cdot p_t^{ch} \right) \Delta t,$$

де

λ_t – ціна електроенергії на РДН у момент часу t грн/МВт·год;

p_t^{dis} – потужність розряджання (продажу в мережу), МВт;

p_t^{ch} – потужність заряджання (купівлі з мережі), МВт;

Δt – тривалість інтервалу часу (1 година);

η^{dis}, η^{ch} – ККД розряджання та заряджання.

Для визначення балансу енергії використовується рівняння балансу, яке забезпечує міжчасовий зв'язок стану заряду (State of Charge, SOC) та визначає динаміку накопичення і використання енергії.

$$SOC_t = SOC_{t-1} + (\eta^{ch} \cdot p_t^{ch} \cdot \Delta t) - \left(\frac{p_t^{dis}}{\eta^{dis}} \cdot \Delta t \right),$$

де

SOC_t – запас енергії в УЗЕ на кінець періоду t , МВт·год;

SOC_{t-1} – попередній стан заряду, МВт·год;

$(\eta^{ch} \cdot p_t^{ch} \cdot \Delta t)$ – енергія, накопичена за рахунок заряджання з урахуванням ККД, МВт·год;

$\left(\frac{p_t^{dis}}{\eta^{dis}} \cdot \Delta t \right)$ – енергія, витрачена на розряджання з урахуванням втрат, МВт·год.

Обмеження на рівень заряду, що відображають фізичні межі роботи УЗЕ та обмеження пов'язані з його довговічністю, мають вигляд:

$$SOC_{min} \leq SOC_t \leq SOC_{max},$$

де

SOC_{min} – мінімально допустимий рівень заряду;

SOC_{max} – максимальна ємність накопичувача.

Потужність заряджання та розряджання обмежується номінальними характеристиками УЗЕ:

$$0 \leq P_t^{ch} \leq (1 - u_t) P^{max} \quad 0 \leq P_t^{dis} \leq u_t P^{max}$$

де u_t – бінарна змінна, що визначає режим роботи, їх використання дозволяє уникнути одночасного заряджання та розряджання, а також обмежують потужність установки технічними характеристиками.

З метою проектування роботи УЗЕ протягом всього терміну служби і підвищення точності економічної оцінки до цільової функції використовується складова накопиченої деградації:

$$C^{deg} = c^{deg} \sum_t (P_t^{ch} + p_t^{dis}),$$

де

c^{deg} – питомі витрати деградації, що відображають зниження ресурсу літій-іонної батареї внаслідок циклування. У більш точних моделях враховується залежність деградації від глибини розряду та кількості циклів [5].

Включення цього члена до цільової функції дозволяє уникнути використання УЗЕ в умовах незначної цінової різниці та забезпечує більш реалістичну оцінку прибутковості:

$$\max \sum_T \left(\lambda_t \cdot \eta^{dis} \cdot p_t^{dis} - \frac{\lambda_t}{\eta^{ch}} \cdot P_t^{ch} \right) \Delta t - C^{deg}.$$

Запропонована методика оптимізації з використанням методів MILP дозволяє формалізувати задачу управління УЗЕ на РДН як задачу математичного програмування з урахуванням технічних, економічних та ресурсних обмежень. Включення деградаційних ефектів та можливість розширення до стохастичних моделей роблять її придатною для практичного застосування в умовах сучасних енергетичних ринків.

У даній роботі використано детермінований підхід, що передбачає наявність точного прогнозу цін РДН, однак у реальних умовах ціни є випадковими величинами, що обумовлює доцільність застосування стохастичних моделей оптимізації, методів робастної оптимізації. У роботі використано спрощений підхід до оцінки деградації, подальше дослідження можуть включати залежність деградації від глибини розряду, вплив температури, залежність від швидкості заряджання/розряджання.

Список літератури

1. Fernández-Muñoz D., Pérez-Díaz J. I. Optimisation models for the day-ahead energy and reserve self-scheduling of a hybrid wind–battery virtual power plant. sciencedirect.com. URL: <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.106296>
2. Zixuan Wang, Libao Shi, Day-Ahead Optimal Scheduling for a Full-Scale PV–Energy Storage Microgrid: From Simulation to Experimental Validation. MDPI. URL: <https://surl.li/jgrgdz>
3. Mercier T., Olivier M., De Jaeger E. The value of electricity storage arbitrage on day-ahead markets across Europe. Energy Economics. 2023. P. 106721. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106721>
4. Оператор ринку. Оператор ринку. URL: <https://surl.li/fnqtdt>
5. Paulauskas N., Kapustin V., Battery Scheduling Optimization and Potential Revenue for Residential Storage Price Arbitrage. MDPI. URL: <https://surl.li/xktnob>.

УДК 631.03

ПОРІВНЯННЯ СПОСОБІВ БАЛАНСУВАННЯ КОМІРОК ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ

Мірошник О.О., д.т.н., проф.
Оксенич Р. В., здобувач РВО PhD
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, okrus785@proton.me

Анотація. У даній роботі розглянуто способи балансування комірок електрохімічних накопичувачів як важливу складову систем керування батареями (BMS). Показано, що нерівномірність характеристик окремих комірок, зумовлена відмінностями їхніх параметрів і умов експлуатації, призводить до зниження корисної ємності, прискореного старіння та погіршення безпеки акумуляторної системи. Проведено порівняння пасивних і активних способів балансування комірок. Визначено, що пасивні методи відзначаються простотою реалізації та невисокою вартістю, однак характеризуються значними тепловими втратами, низькою енергетичною ефективністю і тривалим часом вирівнювання. Активні методи забезпечують вищу швидкість балансування та ефективніше перерозподілення енергії між комірками, проте потребують складнішої схемної реалізації й більших витрат. Установлено, що вибір способу балансування залежить від вимог до швидкодії, енергоефективності, складності реалізації та економічної доцільності застосування в конкретній системі накопичення енергії

Ключові слова: накопичувачі енергії, балансування комірок, активне балансування, пасивне балансування

Електрохімічні накопичувачі енергії набули широкого застосування зокрема в електротранспорті, автономних і резервних джерелах живлення, портативній електроніці та стаціонарних системах зберігання енергії. Підвищення вимог до енергоефективності, надійності та безпечності таких систем зумовлює необхідність удосконалення засобів керування акумуляторними батареями, важливою складовою яких є забезпечення рівномірного розподілу заряду між окремими комірками.

У процесі експлуатації накопичувачів енергії, сформованих із послідовно чи паралельно з'єднаних комірок, неминує виникає нерівномірність електричних і експлуатаційних параметрів окремих елементів. Це зумовлено відмінностями хімічного складу, початкової ємності, внутрішнього опору, швидкості заряджання та розряджання, а також впливом зовнішніх чинників і режимів роботи. Тому за умов багаторазового циклічного навантаження такі відмінності спричиняють нерівномірність стану заряду комірок, що призводить до розбалансування батарейного блока [1-3].

Дисбаланс комірок є одним із чинників, що істотно обмежують ефективність функціонування накопичувача. Його наслідками є зниження доступної ємності батареї, відхилення робочих напруг окремих комірок, прискорення деградаційних процесів та скорочення строку служби накопичувача. Крім того, нерівномірний розподіл енергії між комірками може створювати передумови для перевантаження окремих елементів під час

заряджання або надмірного розрядження в процесі роботи, що негативно позначається на безпечності експлуатації системи [4].

З метою зменшення зазначених негативних явищ у складі систем керування батареями (BMS) застосовуються схеми балансування комірок, призначені для вирівнювання їх енергетичного стану. У науковій та технічній літературі запропоновано значну кількість методів балансування, які за принципом дії поділяють на пасивні та активні.

Система керування батареєю (BMS) забезпечує контроль стану комірок накопичувача та реалізацію їх балансування. Одним із її основних завдань є підтримання рівномірного стану заряду комірок, що особливо важливо для батарей із послідовним з'єднанням елементів у стаціонарних системах накопичення енергії.

Дисбаланс комірок виникає під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників. До внутрішніх належать відмінності, пов'язані з технологією виготовлення, внутрішнім опором і початковими характеристиками комірок. Зовнішні чинники охоплюють умови експлуатації, режими заряджання та розряджання, спосіб з'єднання елементів і теплові впливи.

Накопичувач вважається збалансованим, якщо за певного значення SOC усі комірки мають однаковий або близький рівень заряду. Порушення цієї умови призводить до зниження корисної ємності, збільшення енергетичних втрат, прискорення деградації та погіршення безпеки акумуляторної системи. Особливо небезпечними є режими перезаряду або надмірного розряду окремих комірок [4, 5].

Проблема дисбалансу є особливо актуальною для стаціонарних установок накопичення енергії, у яких використовується значна кількість послідовно з'єднаних комірок. Відмінності у швидкості заряджання та розряджання окремих елементів спричиняють нерівномірний розподіл напруги, що зменшує ресурс, надійність і ефективність роботи накопичувача енергії. Для усунення таких явищ у складі BMS застосовують методи балансування комірок, які дають змогу вирівнювати їхній енергетичний стан. Це здійснюється або шляхом розсіювання надлишкової енергії у вигляді теплоти, або шляхом її перерозподілу між комірками [6]. Тому, балансування комірок є необхідною умовою ефективної, довговічної та безпечної роботи стаціонарних електрохімічних накопичувачів.

Надалі розглянемо два основні методи балансування комірок такі як активні й пасивні які продемонстровані на рис. 1.

Схема пасивного балансування, як правило, реалізується за допомогою резистора та керованого ключа, підключених паралельно до кожної комірки. Коли система керування батареєю фіксує перевищення заданого порога напруги на окремій комірці, надлишкова енергія відводиться через резистивний елемент.

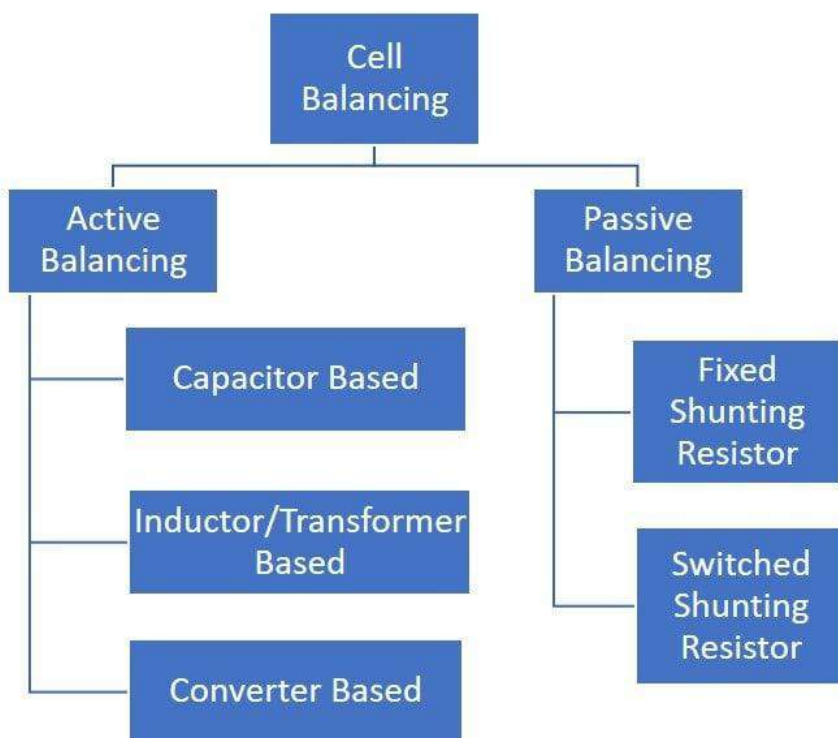


Рис. 1. Методи балансування комірок

У результаті заряд цієї комірки зменшується до рівня, близького до інших, що показано на рис. 2.

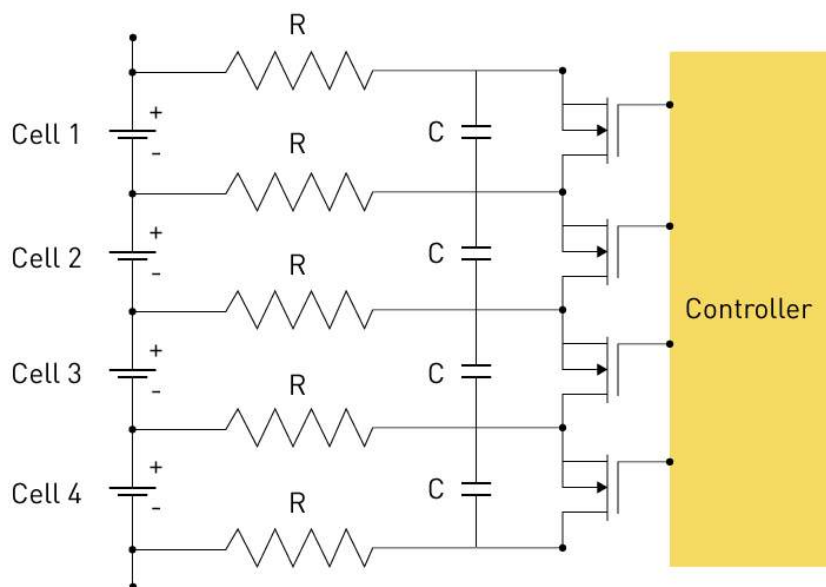


Рис. 2. Схема пасивного балансування

Перевагами пасивного балансування є простота реалізації, відносно низька вартість і можливість ефективного застосування в системах, де не висуваються жорсткі вимоги до швидкодії та енергоефективності. Водночас основним недоліком цього методу є втрата частини енергії у вигляді теплоти,

що знижує загальну ефективність системи та не сприяє збільшенню тривалості її автономної роботи. Таким чином, пасивне балансування доцільно розглядати як технічно простий і економічно доступний спосіб вирівнювання заряду, який є ефективним за помірних вимог до енергетичних характеристик накопичувача енергії.

Активне балансування комірок є більш досконалим методом вирівнювання стану заряду, за якого надлишкова енергія не розсіюється, а передається від комірок із вищим рівнем заряду до комірок із нижчим рівнем заряду. Це дає змогу повніше використовувати доступну ємність, зменшувати теплові втрати та підвищувати енергетичну ефективність системи накопичення енергії [8]. Під час розряджання без балансування слабші комірки першими досягають нижньої межі допустимого стану заряду, хоча інші елементи ще мають запас енергії. Унаслідок цього робота всього накопичувача припиняється раніше, ніж буде використано його повну ємність. Аналогічна ситуація спостерігається під час заряджання. За відсутності балансування окремі комірки раніше досягають верхньої межі напруги, через що подальше заряджання всього накопичувача доводиться обмежувати. Це призводить до неповного використання доступної ємності накопичувача, обидва випадки показані на рис. 3.

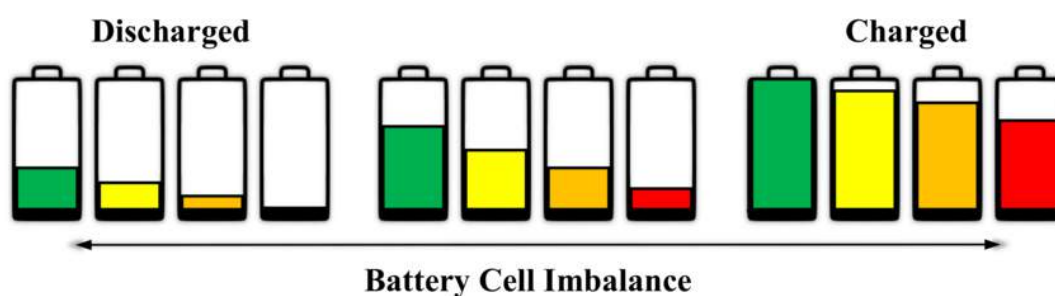


Рис. 3. Розряджання та заряджання накопичувача без балансування комірок

Активне балансування реалізується як під час заряджання, так і під час розряджання накопичувача. У процесі заряджання воно забезпечує перерозподіл енергії між комірками, що дає змогу підвищити повноту заряду накопичувача. У процесі розряджання надлишкова енергія від більш заряджених комірок передається до менш заряджених, унаслідок чого вирівнюється їхній енергетичний стан і забезпечується більш повне використання ємності накопичувача, як показано на рис. 4 [7-10].

Технічно активне балансування реалізують за допомогою силових електронних кіл, у яких передавання енергії між комірками може здійснюватися через конденсатори, індуктивності, трансформатори або DC-DC перетворювачі. Одним із поширених варіантів є схема з індуктивним елементом і керованими ключами, в якій енергія спочатку накопичується, а потім передається від більш зарядженої комірки до менш зарядженої [9].

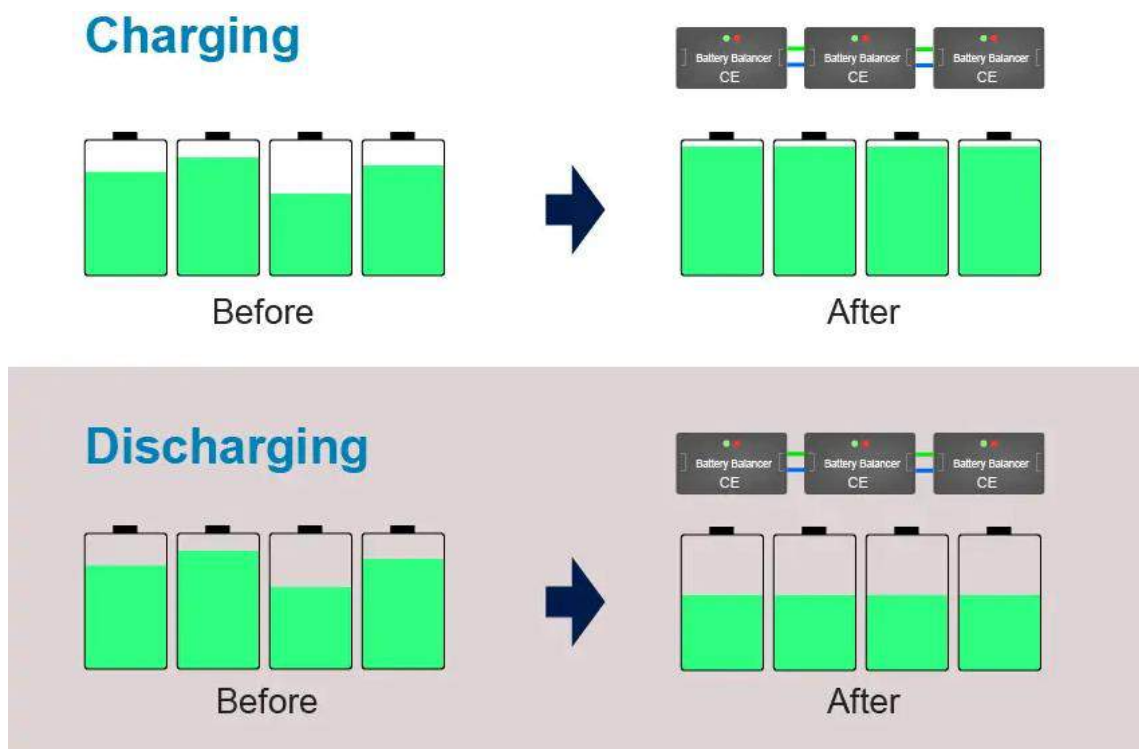


Рис. 4. Зарядження та розрядження накопичувача з активним балансуванням

Приклад такої реалізації наведено на рис. 5.

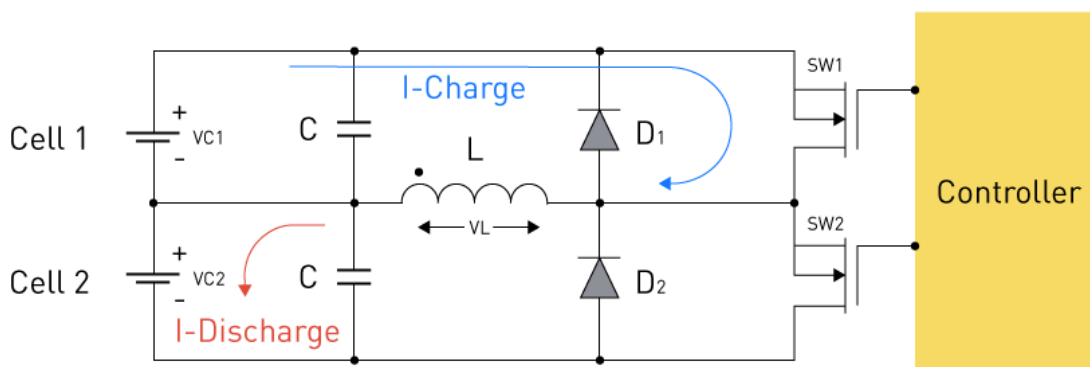


Рис. 5. Схема активного балансування комірок з використанням індуктивності та керованих ключів

Основними перевагами активного балансування є повніше використання ємності батарейного пакета, менші втрати енергії та кращі експлуатаційні характеристики системи. Разом із тим реалізація таких методів потребує складніших схемних рішень, застосування силових електронних компонентів і відповідних алгоритмів керування, що зумовлює вищу вартість порівняно з пасивним балансуванням.

Висновок. Узагальнюючи результати дослідження, слід зазначити, що балансування комірок є необхідною умовою ефективної, надійної та безпечної експлуатації електрохімічних накопичувачів енергії. Проведений аналіз показав, що застосування того чи іншого способу балансування повинно визначатися типом системи, умовами її експлуатації, вимогами до енергетичної ефективності та допустимими витратами на реалізацію. Активне балансування

є більш перспективним для стаціонарних систем накопичення енергії, у яких пріоритетними є мінімізація втрат, повніше використання ємності та підвищення ресурсу батарейного пакета. Пасивне балансування, своєю чергою, є виправданим у системах із помірними вимогами до швидкодії та енергоефективності, де визначальними чинниками залишаються простота схемної реалізації та економічність.

Список літератури

1. See K.W., Wang G., Zhang Y. et al. Critical review and functional safety of a battery management system for large-scale lithium-ion battery pack technologies. *Int J Coal Sci Technol.* 9, 36, 2022. <https://doi.org/10.1007/s40789-022-00494-0>
2. Zhang S., Wu S., Cao G., Zhang X. Active equalization for lithium-ion battery pack via data-driven residual charging capacity estimation. *Journal of Cleaner Production.* 2023, 422, 138583, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138583>
3. Miroshnyk O., Moroz O., Shchur T., Chepizhnyi A., Qawaqzeh M., Kocira S. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. *Energies*, 2023, 16(6), 2638. <https://doi.org/10.3390/en16062638>
4. Ashraf A., Ali B., Al Sunjary M.S.A., Tricoli P. A Comprehensive Review of the Art of Cell Balancing Techniques and Trade-Offs in Battery Management Systems. *Energies*, 2025, 18, 3321. <https://doi.org/10.3390/en18133321>
5. Duraisamy T., Deepa K. Evaluation and Comparative Study of Cell Balancing Methods for Lithium-Ion Batteries Used in Electric Vehicles. *International Journal of Renewable Energy Development*, 2021, 10(3), 471-479. <https://doi.org/10.14710/ijred.2021.34484>
6. Xu J., Mei X., Wang H., Shi H., Sun Z., Zou Z. A model based balancing system for battery energy storage systems, *Journal of Energy Storage*, Volume 2022, 49, 104114. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104114>.
7. Khasawneh A, Qawaqzeh M, Kuchanskyy V, Rubanenko O, Miroshnyk O, Shchur T, Drechny M. Optimal Determination Method of the Transposition Steps of An Extra-High Voltage Power Transmission Line. *Energies*, 2021, 14(20), 6791. <https://doi.org/10.3390/en14206791>
8. T. A. Fagundes et al. Battery Energy Storage Systems in Microgrids: A Review of SoC Balancing and Perspectives. *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*, 2024, 5, 961-992. <https://doi.org/10.1109/OJIES.2024.3455239>
9. Thiruvonasundari D., Deepa K. Adaptive passive balancing in battery management system for e-mobility. *International Journal of Energy Research.* 2021, 45. <https://doi.org/10.1002/er.6560>
10. Kremer P., Cigarini F., Göhlich D., Park S. Active Cell Balancing for Life Cycle Extension of Lithium-Ion Batteries under Thermal Gradient. 2021 IEEE/ACM International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED), Boston, MA, USA, 2021, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/ISLPED52811.2021.9502500>

УДК 004.65:004.9:621.311

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Бовчалюк Н. І., асистент
Надеїн О. Ю., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, natabov@btu.kharkov.ua

Анотація. Розглянуто сучасні підходи до організації збору та обробки даних інтелектуальних приладів обліку енергії в рамках концепції Smart Grid. Проаналізовано принципи функціонування інтелектуальних електромереж і роль розумних лічильників як ключового елемента цифрової енергетичної інфраструктури. Розглянуто технології передачі інформації, веборієнтовані засоби взаємодії зі споживачем та питання інформаційної безпеки. Показано, що впровадження інтелектуальних систем обліку дозволяє підвищити ефективність енергоспоживання, забезпечити гнучкість керування та створити основу для розвитку цифрової енергетики.

Ключові слова: Smart Grid, інтелектуальні прилади обліку енергії, розумний лічильник, збір даних, обробка даних, вебзастосунок, енергетичні системи, інформаційні технології

Розвиток енергетичних систем відбувається в умовах стрімкої цифровізації, зростання навантажень на електромережі та необхідності підвищення енергоефективності. Традиційні підходи до організації електропостачання вже не забезпечують належного рівня надійності, гнучкості та оперативності управління, особливо в умовах інтеграції відновлюваних джерел енергії та збільшення кількості активних споживачів. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває концепція Smart Grid, яка передбачає створення інтелектуальної енергетичної інфраструктури на основі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій та засобів автоматизації [1, 2].

Метою роботи є дослідження методів і технологій збору та обробки даних інтелектуальних приладів обліку електроенергії, а також обґрунтування підходів до створення програмних засобів їх інтеграції у Smart Grid.

Сучасна енергетика характеризується переходом від традиційних централізованих систем електропостачання до інтелектуальних мереж, що забезпечують двосторонній обмін інформацією між усіма учасниками енергетичного процесу. Концепція Smart Grid передбачає інтеграцію інформаційно-комунікаційних технологій у структуру електромережі, що дозволяє здійснювати моніторинг, аналіз та управління енергетичними потоками в режимі реального часу. У цьому контексті особливу роль відіграють інтелектуальні прилади обліку енергії, що забезпечують збір даних про споживання електроенергії та їх передачу до центрів обробки інформації.

Інтелектуальний лічильник, на відміну від традиційного, є складним електронним пристроєм, що поєднує функції вимірювання, обробки та передачі даних. Він здійснює А/Д перетворення сигналів, накопичення інформації та її передачу комунікаційними каналами. Важливою характеристикою пристроїв є можливість двостороннього зв'язку, що дозволяє не лише передавати показники, але й отримувати керуючі команди від оператора. Передача даних

може здійснюватися за допомогою різних технологій, серед яких дротові канали, бездротові мережі, PLC-технології, а також IP-орієнтовані протоколи. Сучасна тенденція полягає у використанні гібридних комунікаційних рішень, що забезпечують максимальну гнучкість та масштабованість рішень.

Значний обсяг даних, що генерується лічильниками, потребує ефективних засобів обробки й аналізу. Вони мають дозволяти не лише здійснювати моніторинг стану мережі, але й прогнозувати навантаження, оптимізувати енергоспоживання та підвищувати надійність електропостачання. Особливу роль у сучасних системах відіграють вебзастосунки, що забезпечують зручний доступ до даних для кінцевих користувачів. Використання технологій фронтенд та бекенд розробки дозволяє створювати інтерактивні інтерфейси, через які споживач може аналізувати власне споживання енергії, змінювати поведінку та оптимізувати витрати. Веборієнтована архітектура також забезпечує інтеграцію з іншими інформаційними системами та сервісами.

Не менш важливим аспектом є забезпечення інформаційної безпеки. Оскільки Smart Grid інтегрує велику кількість пристроїв та каналів зв'язку, система стає вразливою до кіберзагроз. Для забезпечення надійності функціонування застосовуються методи шифрування, аутентифікації, контролю доступу та моніторингу безпеки. Особливу увагу приділяють захисту персональних даних споживачів та забезпеченню цілісності інформації. Отже розвиток інтелектуальних систем обліку енергії є невід'ємною складовою цифровізації енергетики. Вони створюють основу для впровадження нових моделей енергоспоживання, включаючи гнучке тарифоутворення та інтеграцію відновлюваних джерел енергії.

Висновки. У роботі проведено узагальнення сучасних підходів до організації збору та обробки даних інтелектуальних приладів обліку енергії в системах Smart Grid. Показано, що використання інтелектуальних лічильників забезпечує можливість отримання детальної інформації про енергоспоживання у реальному часі та створює передумови для підвищення ефективності функціонування енергосистем. Визначено, що ефективність функціонування Smart Grid значною мірою залежить від застосування сучасних інформаційних технологій, систем аналітики даних та комунікаційних платформ.

Список літератури

1. Serhii Tymchuk, Stanislav Bovchaliuk, Vira Shendryk, Sergii Shendryk. The Architecture of Fuzzy Logic Automat of Parallel Action for the Intelligent Smart Grid Networks *Development and Application III. NT 2020. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, 2020 Vol. 128. P. 462–468. DOI:10.1007/978-3-030-46817-0_53
2. Тимчук С. О., Бовчалюк С. Я., Фурман І. О., Азацький Р. В. Реалізація функцій нечіткого логічного керування на базі автомата паралельної дії для інтелектуальних електричних мереж. *Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України: Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка*, Харків, 2018. Вип. 196. С. 86–88

УДК 621.3:004.92

ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВОДКИ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ ЗАСОБАМИ AutoCAD Electrical

Нечитайло Ю.А., к.т.н., доц.
Левицький М.Є., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, vashaadresa@btu.kharkov.ua

Анотація. У статті розглянуто особливості проєктування електропроводки приватного будинку з використанням сучасних програмних засобів автоматизованого проєктування. Проаналізовано функціональні можливості AutoCAD Electrical та обґрунтовано доцільність його застосування для створення електричних схем. Визначено основні етапи проєктування електромереж житлових будівель та переваги автоматизації процесу.

Ключові слова: електропроводка, приватний будинок, автоматизоване проєктування, електричні схеми, AutoCAD Electrical

Сьогодні електропостачання приватних будинків стає все більш складним через зростання кількості побутових електроприладів, систем опалення, кондиціонування та автоматизації житла. Неправильне проєктування електропроводки може призвести до перевантажень, коротких замикань і навіть пожеж, що робить цю тему особливо важливою. Вкрай необхідне забезпечення надійного, безпечного та енергоефективного електропостачання приватних будинків. Традиційні методи проєктування часто є трудомісткими та можуть містити помилки, тому використання сучасних програмних засобів є доцільним і необхідним. Одним із таких інструментів є AutoCAD Electrical, який дозволяє автоматизувати процес створення електричних схем і підвищити точність проєктування.

Проєктування електропроводки є важливим етапом створення інженерних систем будівлі. Воно включає розробку схеми електропостачання, визначення навантаження, вибір захисних пристроїв і прокладання кабельних ліній. Основною метою проєктування є забезпечення безпечної та ефективної роботи електричної мережі. Для цього необхідно враховувати потужність споживачів, розподіл навантаження між групами, а також відповідність нормативним вимогам.

Сучасні житлові будинки характеризуються значною кількістю електроприладів, що призводить до збільшення навантаження на мережу. Це вимагає ретельного підбору перерізу провідників, автоматичних вимикачів і пристроїв захисного відключення. Важливим аспектом є зручність експлуатації, яка забезпечується правильним розташуванням розеток, вимикачів та освітлювальних приладів.

Автоматизовані системи проєктування (CAD) значно спрощують процес розробки електричних схем. Вони дозволяють зменшити кількість помилок, прискорити створення документації та забезпечити відповідність стандартам. Однією з таких систем є AutoCAD Electrical – спеціалізоване програмне

забезпечення для проектування електричних систем. План електропроводки приватного будинку (рис. 1) містить повний набір інструментів для створення схем, автоматичного маркування елементів і генерації звітів [1].

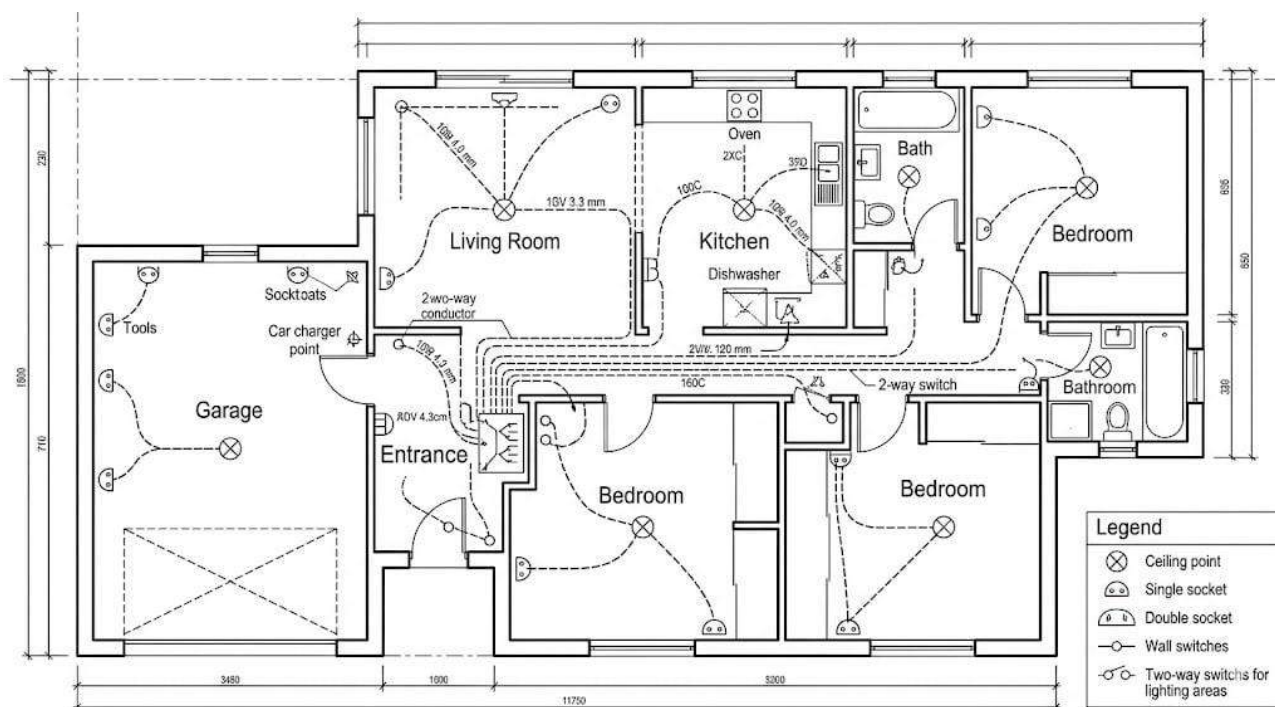


Рис. 1. План електропроводки приватного будинку

Система підтримує бібліотеки стандартних символів, що дозволяє швидко створювати принципові та монтажні схеми. Крім того, вона забезпечує автоматичну нумерацію проводів і компонентів, що значно знижує ймовірність помилок [2].

Застосування CAD-систем є важливим кроком у цифровізації інженерної діяльності, оскільки вони забезпечують високу точність і ефективність проектування. AutoCAD Electrical має широкий спектр функцій, що роблять його ефективним інструментом для електропроектування. Програма дозволяє створювати різні типи електричних схем, включаючи силові, керуючі та однолінійні [4].

Однією з ключових особливостей є наявність інтелектуальних елементів, які автоматично адаптуються до змін у проєкті. Наприклад, при зміні схеми всі пов'язані компоненти оновлюються автоматично, що забезпечує цілісність даних. Також важливою функцією є автоматичне формування звітів, включаючи специфікації, списки проводів і кабелів, а також таблиці з'єднань [1]. Це значно спрощує підготовку проєктної документації.

Програма підтримує перевірку помилок у реальному часі, що дозволяє виявляти невідповідності ще на етапі проєктування. Крім того, вона має велику бібліотеку електричних символів, що відповідають міжнародним стандартам [4]. Використання AutoCAD Electrical дозволяє підвищити ефективність і якість проектування електричних систем. Процес проектування електропроводки

приватного будинку з використанням AutoCAD Electrical включає кілька основних етапів.

Спочатку створюється план будинку, на якому визначається розташування електричних споживачів. Далі виконується розміщення розеток, вимикачів і освітлювальних приладів. Наступним етапом є побудова електричних схем, що відображають структуру мережі. На цьому етапі здійснюється вибір кабелів, визначення їхніх параметрів і підбір захисних пристроїв. Важливим аспектом є автоматичне маркування елементів, яке забезпечується засобами програмного забезпечення. Це дозволяє уникнути плутанини при монтажі та експлуатації системи. Завершальним етапом є формування проєктної документації, яка включає креслення, специфікації та звіти. Використання AutoCAD Electrical значно спрощує цей процес і підвищує його точність. Застосування AutoCAD Electrical у проєктуванні електропроводки має низку переваг. Насамперед це автоматизація рутинних операцій, що дозволяє значно скоротити час розробки проєкту.

Програмне забезпечення забезпечує високу точність креслень і зменшує кількість помилок завдяки автоматичній перевірці. Це особливо важливо при створенні складних електричних систем. Ще однією перевагою є можливість швидкого внесення змін у проєкт без необхідності повного перероблення документації. Усі зміни автоматично відображаються в пов'язаних елементах.

Також важливим є відповідність міжнародним стандартам, що забезпечує універсальність і сумісність проєктної документації. Використання AutoCAD Electrical сприяє підвищенню якості, надійності та ефективності електропроєктування. У результаті проведеного дослідження встановлено, що використання сучасних CAD-систем є необхідною умовою ефективного проєктування електропроводки приватних будинків. AutoCAD Electrical забезпечує автоматизацію процесу створення електричних схем, підвищує точність і зменшує ймовірність помилок. Завдяки широкому функціоналу програма дозволяє створювати повний комплект проєктної документації.

Таким чином, застосування AutoCAD Electrical є доцільним і ефективним рішенням для проєктування електричних систем житлових будівель.

Список літератури

1. AutoCAD Electrical – можливості та опис програмного забезпечення. URL: <https://iua.waykun.com/articles/autocad-electrical.php>.
2. AutoCAD Electrical: що це і чим він корисний. URL: <https://beta.digi-keys.com/articles/autocad-electrical-hto-eto-i-chem-on-poleze>.
3. CADprofi Electrical – програмне забезпечення для проєктування електричних систем. URL: <https://bricscad-ukraine.com.ua/app/electrical/cadprofi-electrical.html>.
4. Autodesk AutoCAD Electrical – функціональні можливості. URL: <https://lvivservice.com.ua/vstanovlennya-autodesk-autocad-electrical/>.
5. AutoCAD Electrical toolset – огляд можливостей. URL: <https://arcada.com.ua/product/autocad-electrical/>.

УДК: 621.311.243:621.316.1

ЗБІЛЬШЕННЯ ЕКСПОРТУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ЗЕЛЕНИМ ТАРИФОМ В УМОВАХ ДІЇ ГРАФІКІВ ВІДКЛЮЧЕНЬ

Дорошенко А.М., здобувач РВО PhD, andrewd.biz@gmail.com

Коломієць Д.П., ст. викладач, dmko2023@i.ua

Серьогін О.О., д.т.н., проф., Seryoginoo@ukr.net

Національний університет харчових технологій

м. Київ, Україна

Анотація. Розглянуто можливість збільшення експорту електроенергії фотоелектричною системою за зеленим тарифом в умовах дії графіків відключень. Показано, що попереднє часткове покриття власного споживання за рахунок АКБ перед імовірним відключенням мережі зменшує відбір електроенергії з мережі та одночасно збільшує обсяг відпуску сонячної генерації за зеленим тарифом. Водночас створений таким чином дефіцит енергії в АКБ може бути компенсований у період відсутності мережі, коли сонячна генерація спрямовується на заряд батареї замість експорту.

Ключові слова: зелений тариф, фотоелектрична система, акумуляторна батарея, графіки відключень, експорт електроенергії, мікромережа, власне споживання

Існують дві моделі продажу електроенергії приватними користувачами: за фіксованим зеленим тарифом та за динамічними тарифами РДН (ринку «на добу наперед»). Для моделі РДН потрібно оптимально керувати режимами (заряд-розряд) АКБ залежно від поточних цін для досягнення максимального економічного ефекту. З зеленим тарифом ситуація інша і рішення не таке очевидне: немає ніякої різниці, в який час доби споживати електроенергію, відповідно, немає ніякого стимулу споживати накопичену енергію АКБ. Розрахунок з власником здійснюється за місячним балансом генерації та споживання електроенергії і за умови надлишку генерації не залежить від часу доби. Нічний тариф застосовується тільки за умови перевищення споживання над генерацією. Така економічна модель розрахунків зовсім не створює стимулу до зменшення споживання у пікові, фактично найдорожчі, години. Але за діючих регулярних графіків відключень ситуація кардинально змінюється, тому що за відсутності мережі – експорт неможливий.

Експериментальна установка: Victron Energy 3×MultiPlus II-5000VA (15 kVA), 2×Fronius Symo 15 kVA (30 kVA), керування на базі Node-RED. Мета досліджень – оцінка можливості збільшення експорту електроенергії та зменшення споживання з мережі в години пік.

За єдиної фіксованої ціни одним із простих способів підвищення ефективності є накопичення або використання сонячної енергії в період відсутності мережі, коли експорт неможливий. Отже, потрібна вільна ємність в АКБ перед вимкненням, а це вже кардинально змінює ситуацію – з'являється стимул споживати накопичену електроенергію з АКБ протягом доби, щоб вивільнити ємність до відключення. На перший погляд це виглядає парадоксально. Коли інші підходи пропонують тримати батареї зарядженими, ми ж розглядаємо іншу ситуацію – тримати батареї розрядженими до моменту

відключення мережі і заряджати їх у періоди, коли неможливий експорт. В ідеальному сценарії необхідно враховувати прогнозування, щоб визначити оптимальну глибину розряду. У спрощеному варіанті достатньо зберегти 50 % стану заряду (SoC) для забезпечення власного споживання. На рис. 1 показано графік, що відображає потужність генерації, а на рис. 2 – струм у точці введення.

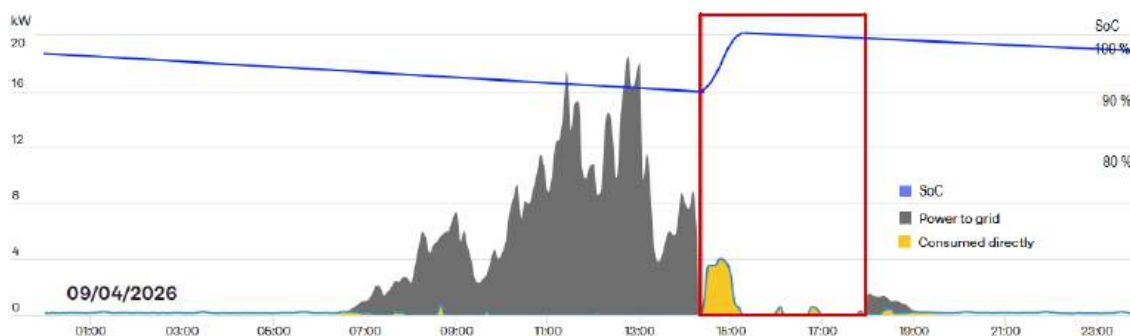


Рис. 1. Графік генерації Fronius

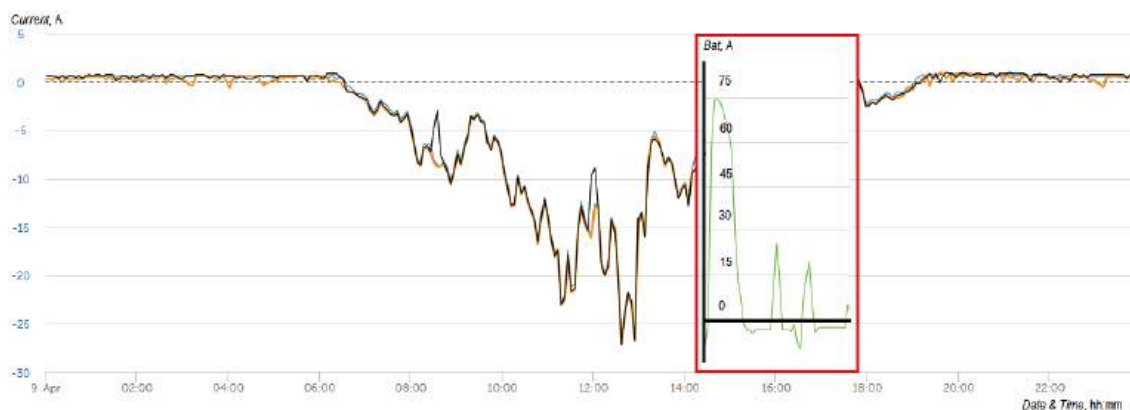


Рис. 2. Графік фазних струмів мережі з накладеним поверх графіком струму батареї в момент відсутності мережі

До 14:13 відбувається генерація в мережу. З 14:13 і до 17:49 триває період відсутності мережі (позначений на графіках червоним прямокутником). Проте генерація в мікромережу продовжується, і відбувається заряд АКБ. На рис. 1 це позначено жовтим кольором як спожиту енергію. На рис. 2 у межах прямокутника накладений графік, що відображає струм заряду АКБ у цей момент. Таким чином, за відсутності мережі сонячна енергія використовується для власного споживання та заряджання батареї. Після відновлення заряду АКБ система переходить у стан забезпечення власного споживання, обмежуючи генерацію. Принциповим є те, що заряд АКБ не здійснювався до моменту зникнення мережі, а був перенесений на період її відсутності.

Встановлено, що за наявності графіків відключень ефективність роботи приватної сонячної станції за зеленим тарифом визначається не лише величиною генерації, а й режимом використання АКБ, який у таких умовах доцільно розглядати не лише як засіб резервного живлення, а й як інструмент підвищення корисного використання сонячної генерації, зменшення відбору електроенергії з мережі та збільшення експорту.

УДК 620.4: 662.6

МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ОЦІНЮВАННЯ ГРАНИЧНИХ ВИТРАТ НА ВПРОВАДЖЕННЯ КСЕП

Дудніков С. М., к.т.н., доц.
Максименко А. О., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, dydnikov@btu.kharkov.ua

Анотація. у роботі розглянуто підходи до визначення граничних витрат на впровадження комбінованих систем енергопостачання з використанням місцевих альтернативних джерел енергії. Запропоновано алгоритмічний підхід до оцінювання економічної доцільності впровадження таких систем з урахуванням капітальних та експлуатаційних витрат. Встановлено взаємозв'язок між витратами, доходами та ефектом від використання локальних енергетичних ресурсів. Показано, що використання формалізованих моделей дозволяє підвищити обґрунтованість прийняття інженерних рішень..

Ключові слова: КСЕП, витрати, моделювання, економічна ефективність, ВДЕ

Величина допустимих витрат на створення та експлуатацію місцевих систем енергопостачання на основі альтернативних джерел енергії безпосередньо впливає на собівартість вироблених енергоресурсів. Тому визначення граничних витрат є ключовим етапом оцінювання економічної ефективності впровадження комбінованих систем енергопостачання (КСЕП).

Для дослідження алгоритмів визначення витрат на впровадження та експлуатацію місцевих систем альтернативної енергетики доцільно використовувати програмні засоби, що дозволяють враховувати зміну параметрів у часі. Річний економічний ефект від впровадження системи може бути визначений як різниця між доходами та витратами:

$$Z'_t = D_t - Z_t, \quad (1)$$

де D_t – дохід від впровадження системи у t -му році, Z_t – сукупні витрати за той самий період.

Дохід формується за рахунок зменшення витрат на придбання енергоресурсів із централізованої системи та може бути представлений у вигляді:

$$D_t = B_t^{\text{ЦС}} - B_t^{\text{КСЕП}}, \quad (2)$$

де $B_t^{\text{ЦС}}$ – витрати на закупівлю енергоносіїв із централізованих джерел, грн;
 $B_t^{\text{КСЕП}}$ – витрати на отримання енергії в межах КСЕП, грн.

Загальні витрати на функціонування системи включають як капітальні вкладення, так і експлуатаційні витрати та можуть бути визначені за формулою:

$$Z_t = \Delta B_t^a + E \cdot K, \quad (3)$$

де E – ставка дисконту або банківський відсоток;

K – обсяг капітальних інвестицій у проєкт;

ΔB_t^a – поточні експлуатаційні витрати, пов'язані з виробництвом енергії.

У складі КСЕП обсяги використання місцевих джерел енергії визначаються співвідношенням вартості енергоресурсів централізованих та локальних джерел. Це обумовлює необхідність аналізу граничних значень витрат, за яких доцільно впроваджувати альтернативні системи.

Значення економічного ефекту може мати три характерні варіанти:

- $Z_t' = 0$ – досягнення точки рівноваги, за якої витрати на енергію з централізованих і локальних джерел є однаковими;
- $Z_t' > 0$ – використання КСЕП є економічно доцільним, оскільки забезпечує зниження витрат;
- $Z_t' < 0$ – впровадження системи є недоцільним через перевищення витрат.

На початковому етапі проєктування саме оцінка величини Z_t' дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо доцільності впровадження КСЕП. У випадку отримання позитивного економічного ефекту доцільно переходити до наступного етапу, який передбачає розроблення технічних та організаційних заходів, спрямованих на подальше зниження собівартості виробництва енергії.

Таким чином, використання запропонованих методів та алгоритмів дозволяє формалізувати процес оцінювання граничних витрат і забезпечити підвищення ефективності впровадження комбінованих систем енергопостачання. Перспективним напрямом подальших досліджень є впровадження цифрових технологій для підвищення точності оцінювання граничних витрат та ефективності функціонування КСЕП. Інтеграція АСКОЕ з цифровими платформами управління сприятиме підвищенню достовірності даних, оперативності прийняття рішень та зниженню експлуатаційних витрат. Застосування таких підходів створює передумови для переходу до інтелектуальних енергетичних систем з високим рівнем автоматизації та енергоефективності.

Список літератури

1. Дудніков С.М., Шовкалюк М. М. До питань побудови систем енергопостачання споживачів АПК з використанням альтернативних джерел. Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. 2012. № 05 (99). С. 56–63
2. Дудніков, С. М. Обґрунтування методики визначення загальних обсягів різних видів енергії від комбінованої системи енергопостачання [Текст] / С. М. Дудніков // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Техн. науки. – Харків: СПДФО Червяк В. Є., 2013. – Вип. 142: Проблеми енергозабезп. та енергозбереження в АПК України. – С. 12-14. – Бібліогр.: с. 14

УДК 004.896:621.316.7:628.97

ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ МІСЦЬ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОВИТРАТ У БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ

Нечитайло Ю.А., к.т.н., доц.
Бодров В.В., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, vladbodrov019@gmail.com

Анотація. У роботі розглянуто підходи до оптимізації алгоритмів керування освітленням у місцях загального користування багатоквартирних будинків. Проведено порівняльний аналіз традиційних методів керування освітленням та адаптивних алгоритмів на основі мікроконтролерних платформ. Запропоновано модель оцінки енергоспоживання та здійснено аналіз ефективності використання плавного димування освітлення залежно від умов експлуатації.

Ключові слова: освітлення, енергоефективність, Arduino, адаптивне керування, датчики, IoT

Сучасні тенденції розвитку житлової інфраструктури та інтелектуальних міських середовищ (Smart City) передбачають системне підвищення енергоефективності всіх інженерних мереж будівель. У структурі загальнобудинкового споживання електричної енергії одним із найбільш пріоритетних напрямів для модернізації є оптимізація систем освітлення місць загального користування (МЗК). До цієї категорії приміщень належать вхідні групи під'їздів, сходові клітини, міжповерхові коридори та ліфтові холи, які функціонують у режимі високої інтенсивності експлуатації [1].

Традиційні системи освітлення, що й досі домінують у житловому фонді, базуються на принципах статичного функціонування (постійного увімкнення протягом темної пори доби) або на використанні примітивних механічних кнопкових таймерів. Такі рішення характеризуються низькою гнучкістю та призводять до значних втрат електроенергії через роботу ламп у періоди відсутності людей. Водночас інтеграція адаптивних алгоритмів керування в межах концепції Інтернету речей (IoT) відкриває можливості для кардинального зниження енергоспоживання. Важливо, що така автоматизація відбувається без погіршення комфорту мешканців та забезпечує відповідність сучасним нормам екологічної безпеки [2].

Метою даної роботи є комплексна розробка, програмування та дослідження вискоефективних алгоритмів адаптивного керування освітленням МЗК із застосуванням доступних мікроконтролерних засобів, зокрема платформи Arduino. Особлива увага приділяється створенню математичної моделі для оцінки впливу різних режимів роботи системи на сумарне добове енергоспоживання об'єкта.

У сучасній інженерній практиці керування освітленням реалізується через кілька базових методологічних підходів. Найбільш поширеним, проте обмеженим у функціональності, є метод керування на основі піроелектричних

датчиків руху. За такої схеми світло активується лише за умови фізичної присутності людини в зоні моніторингу. Незважаючи на здатність суттєво зменшити чистий час роботи ламп, даний підхід має вагомий недолік: він ігнорує динаміку рівня природної інсоляції з віконних отворів та не враховує специфіку використання приміщення в різні години, що робить його лише першим кроком на шляху до повної інтелектуалізації мереж [3].

Більш складні системи використовують датчики освітленості та забезпечують адаптивне регулювання яскравості світильників. У цьому випадку можливе застосування технології широтно-імпульсної модуляції для плавного димування світлодіодних джерел світла [4]. Структурну схему системи адаптивного керування освітленням на базі мікроконтролера наведено на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема системи керування освітленням на базі Arduino

Запропонована система керування реалізується на базі мікроконтролерної платформи Arduino, яка забезпечує обробку сигналів від датчиків та керування освітлювальними приладами. До складу системи входять датчик руху (PIR), датчик освітленості (фоторезистор), силовий модуль керування навантаженням та джерело світла. Алгоритм роботи системи передбачає аналіз даних із датчиків та формування керуючого сигналу відповідно до поточних умов. Принцип роботи системи можна представити у вигляді блок-схеми (рис. 2).



Рис. 2. Блок-схема алгоритму адаптивного керування освітленням

У разі виявлення руху система перевіряє рівень освітленості. Якщо освітленість нижча за заданий поріг, відбувається увімкнення освітлення. При цьому яскравість регулюється залежно від часу доби або рівня зовнішнього освітлення. Для оцінки ефективності роботи системи використовується інтегральна модель енергоспоживання освітлення протягом доби.

$$E = \int_0^T P(t) dt$$

де E – спожита електроенергія, $P(t)$ – потужність освітлення в момент часу, T – період спостереження.

У випадку традиційного керування потужність є сталою величиною, що призводить до значних витрат електроенергії. Для систем із датчиком руху потужність набуває імпульсного характеру, що зменшує інтегральне значення енергії. Для адаптивного алгоритму з димуванням потужність є змінною функцією часу, що дозволяє додатково знизити енергоспоживання. Графічну інтерпретацію залежності потужності від часу наведено на рис. 3.

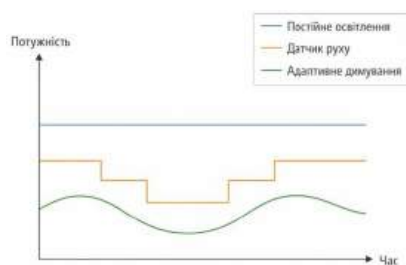


Рис. 3. Порівняння графіків споживання потужності для різних алгоритмів керування

У роботі проведено порівняння двох основних стратегій керування освітленням: перший варіант передбачає просте увімкнення освітлення при спрацюванні датчика руху з фіксованою потужністю; другий варіант реалізує адаптивне керування з можливістю плавного регулювання яскравості.

Результати дослідження показують, що використання адаптивного алгоритму дозволяє знизити енергоспоживання на 20–40 % залежно від умов експлуатації. Це пояснюється тим, що освітлення працює не на максимальній потужності протягом усього часу, а лише на необхідному рівні. Порівняльні характеристики алгоритмів наведено на рис. 4.

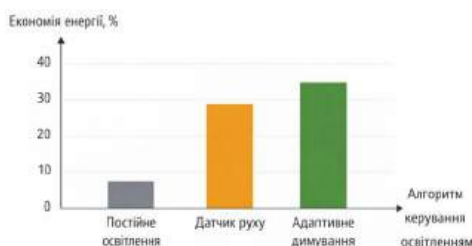


Рис. 4. Порівняльна ефективність алгоритмів керування освітленням

Реалізація системи на базі Arduino дозволяє забезпечити гнучкість налаштування алгоритмів та простоту впровадження. Програмне забезпечення реалізує обробку сигналів датчиків, керування яскравістю освітлення та підтримку часових затримок. Електрична схема підключення елементів системи наведена на рис. 5.

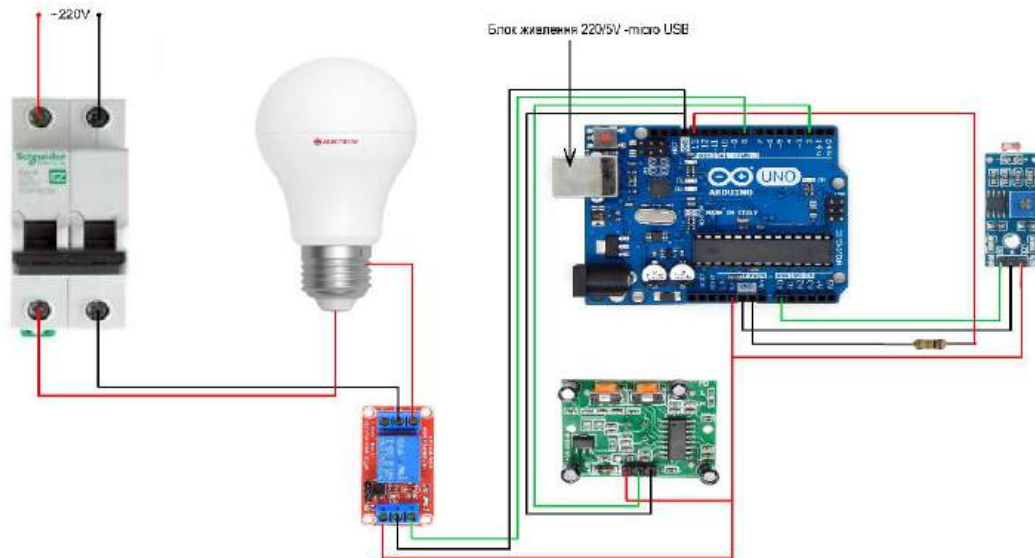


Рис. 5. Схема підключення датчиків та виконавчих пристроїв до Arduino

Застосування таких систем є економічно доцільним, оскільки вартість компонентів є відносно низькою, а термін окупності становить кілька місяців експлуатації. У результаті проведеного дослідження встановлено, що використання адаптивних алгоритмів керування освітленням у місцях загального користування дозволяє значно підвищити енергоефективність систем освітлення. Запропонований підхід на основі мікроконтролерної платформи Arduino забезпечує можливість реалізації гнучких алгоритмів керування з урахуванням зовнішніх факторів. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження систем адаптивного освітлення в багатоквартирних будинках, що сприяє зменшенню енергоспоживання та підвищенню комфорту користувачів.

Список літератури

1. Бойко В. С. Енергозбереження в системах освітлення будівель. Київ: Техніка, 2018. 256 с.
2. International Energy Agency. Energy Efficiency 2022. Paris: IEA, 2022. 386 p.
3. Pandharipande A., Caicedo D. Smart indoor lighting systems with luminaire-based sensing: A review. Lighting Research & Technology. 2016. Vol. 48(3). P. 292–308.
4. Arduino Documentation. Arduino Uno Rev3. URL: <https://www.arduino.cc>.
5. U.S. Department of Energy. LED Lighting Facts. Washington, 2021.
6. Kumar R., Singh M. Energy efficient smart lighting system using IoT. International Journal of Engineering Research. 2020. Vol. 9(5). P. 45–50.

УДК 663.004.183; 631.172

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ВПРОВАДЖЕННЯ АСКОЕ

Дудніков С. М., к.т.н., доц.
Данілейко А. А., здобувач РВО бакалавр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, dydnikov@btu.kharkov.ua

Анотація. у статті розглянуто питання підвищення ефективності функціонування систем електропостачання за рахунок впровадження автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії. Проаналізовано вплив каналів передачі даних на достовірність облікової інформації та ефективність управління. Визначено основні втрати електроенергії в мережах різних класів напруги та обґрунтовано доцільність використання PLC-технологій для побудови систем АСКОЕ в умовах сільських електромереж.

Ключові слова: АСКОЕ, PLC, енергооблік, передача даних, втрати електроенергії

Одним із ключових факторів зниження ефективності функціонування систем електропостачання промислових та аграрних підприємств [1. 2] є недосконалість існуючих схем контролю та обліку споживання енергоресурсів, а також недостатній рівень їх технічної експлуатації. Важливим елементом автоматизованих систем управління електропостачанням є автоматизовані системи контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ), які забезпечують збір, передачу та обробку даних про енергоспоживання.

Функціонування АСКОЕ базується на використанні каналів передачі даних, що з'єднують об'єкти обліку зі споживачами та постачальниками енергії. При цьому на лінії зв'язку впливають електромагнітні завади, які можуть призводити до спотворення інформації, зниження точності обліку та погіршення якості керування енергоспоживанням.

Аналіз функціонування електричних мереж України показує, що найбільші втрати електроенергії спостерігаються в розподільчих мережах напругою 0,4 кВ, через які здійснюється живлення кінцевих споживачів. Рівень втрат у цих мережах може досягати 26%, що свідчить про необхідність впровадження ефективних засобів контролю та управління.



Рис. 1. Втрати електроенергії в електромережах з різними рівнями напруги.

Підвищення ефективності використання електроенергії безпосередньо пов'язане з підвищенням надійності передачі даних у системах АСКОЕ.

Одним із найбільш перспективних рішень є застосування PLC-технологій, які дозволяють передавати інформацію по існуючих лініях електропередачі без необхідності створення додаткової телекомунікаційної інфраструктури. Це забезпечує значне зниження витрат на впровадження системи та спрощує її експлуатацію.

До характерних особливостей PLC-технологій належать обмежена кількість високочастотних каналів у межах однієї лінії, відносно низький рівень впливу зовнішніх перешкод, а також можливість незалежного налаштування частот передачі даних. Це дозволяє адаптувати систему до конкретних умов експлуатації.

Для кількісної оцінки ефективності передачі даних у системах АСКОЕ доцільно використовувати показник надійності каналу зв'язку:

$$\eta_d = \frac{N_{corr}}{N_{tot}}, (1)$$

де N_{corr} – кількість коректно переданих повідомлень,
 N_{tot} – загальна кількість переданих повідомлень.

Застосування PLC-технологій сприяє підвищенню значення показника η_d , що безпосередньо впливає на достовірність облікових даних та ефективність управління енергоспоживанням.

Проведений аналіз показує, що для умов сільських електромереж використання PLC-технологій є найбільш економічно доцільним та технічно ефективним рішенням. При цьому важливою умовою є забезпечення належного рівня захисту від електромагнітних завад та оптимізація параметрів каналів передачі даних.

Таким чином, впровадження АСКОЕ на базі PLC-технологій дозволяє підвищити ефективність функціонування систем електропостачання, зменшити втрати електроенергії та забезпечити надійний облік енергоресурсів.

Список літератури

1. Qawaqzeh, M., Dudnikov, S., Miroshnyk, O., Moroz, O., Savchenko, O., Trunova, I., Pazyi, V., Danylchenko, D., Iegorov, O., Halko, S., Buinyi, R. Development of Algorithm for the Operation of a Combined Power Supply System with Renewable Sources (2022) 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2022 – Conference Proceedings, DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916372
2. Phased Modeling Of An Autonomous Solar Power Plant And Its Operation In The Power System [Electronic resource] / L. H. Hussienat, A. Sereda, M. Syvenko, V. Bezruchko, S. Dudnikov, S. Halko // 2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2023: Conference Proceedings, Kharkiv, October 2-6, 2023. – Kharkiv, 2023. – DOI [10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312834](https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312834).

УДК 663.004.183; 631.172

ПЕРСПЕКТИВИ ЦИФРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИМ КОМПЛЕКСОМ

Дудніков С. М., к.т.н., доц.
Клочко А. О., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, dydnikov@btu.kharkov.ua

Анотація. у статті розглянуто сучасні підходи до цифрового забезпечення систем керування біоенергетичними комплексами. Проаналізовано роль автоматизованих систем збору та обробки даних, технологій дистанційного моніторингу та інтелектуальних алгоритмів керування. Обґрунтовано доцільність інтеграції цифрових платформ для підвищення енергоефективності та надійності функціонування біоенергетичних установок. Визначено ключові напрями розвитку цифрових рішень у контексті енергетичної безпеки..

Ключові слова: біоенергетика, цифрові системи, автоматизація, енергоефективність, керування

Аналіз наукових джерел свідчить про зростаючий інтерес до цифровізації енергетичних систем, зокрема у сфері біоенергетики. У роботах вітчизняних та зарубіжних дослідників [1-3] розглядаються питання автоматизації біогазових установок, оптимізації режимів їх роботи та інтеграції в енергетичні мережі. Разом з тим, недостатньо дослідженими залишаються аспекти комплексної цифрової інтеграції систем керування, включаючи використання технологій Інтернету речей (IoT), великих даних та інтелектуального аналізу. Проблема полягає у відсутності уніфікованих підходів до створення цифрових платформ, здатних забезпечити адаптивне та ефективне керування біоенергетичними комплексами в умовах змінного навантаження та нестабільних параметрів сировини. Таким чином метою статті є обґрунтування перспектив розвитку цифрового забезпечення систем керування біоенергетичними комплексами та визначення напрямів підвищення ефективності їх функціонування на основі сучасних інформаційних технологій.

Сучасні біоенергетичні комплекси є складними технічними системами, ефективність яких значною мірою залежить від рівня автоматизації та якості керування технологічними процесами. Основними етапами перетворення енергії в таких системах є підготовка сировини, процес анаеробного зброджування, генерація біогазу та виробництво теплової й електричної енергії. Кожен із цих етапів характеризується значною кількістю змінних параметрів, що потребує впровадження цифрових засобів моніторингу та керування.

Одним із ключових напрямів цифровізації є використання автоматизованих систем контролю та обліку енергоресурсів, які забезпечують безперервний збір даних про виробництво та споживання енергії. Інтеграція таких систем з програмно-апаратними комплексами дозволяє здійснювати оперативний аналіз стану біоенергетичного об'єкта та своєчасно виявляти відхилення від оптимальних режимів роботи.

Для кількісної оцінки ефективності функціонування біоенергетичного комплексу доцільно використовувати показник коефіцієнта корисного використання енергії, який враховує співвідношення корисно використаної енергії до енергетичного потенціалу сировини.

$$\eta = \frac{E_{el} + E_{th}}{E_{raw}}, \quad (1)$$

де: E_{el} – вироблена електрична енергія;

E_{th} – корисно використана теплова енергія;

E_{raw} – енергетичний потенціал біомаси.

Структурна організація цифрового керування біоенергетичним комплексом представлена на рис. 1. Запропонована схема відображає взаємодію технологічних та інформаційних підсистем, що забезпечують адаптивне керування процесами виробництва енергії.

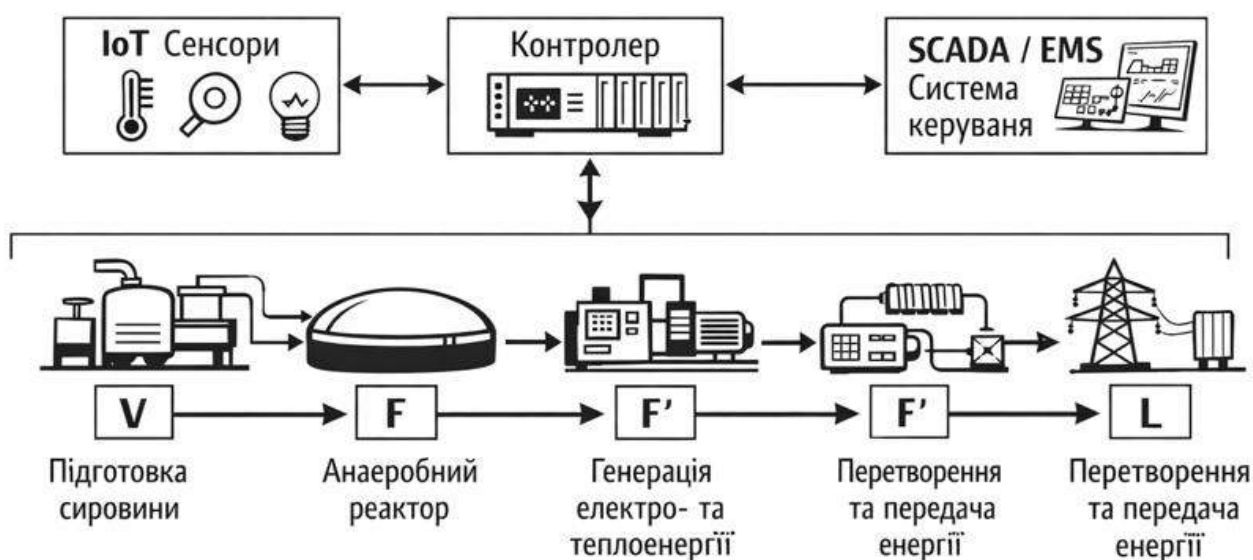


Рис. 1. Структурна схема цифрового керування біоенергетичним комплексом

Застосування цифрових систем керування дозволяє підвищити значення коефіцієнта η за рахунок оптимізації режимів зброджування, зменшення втрат енергії та підвищення стабільності роботи обладнання. При цьому цифрові алгоритми забезпечують адаптивне регулювання параметрів процесу в реальному часі.

Важливу роль у підвищенні ефективності відіграють технології Інтернету речей, що забезпечують можливість дистанційного контролю параметрів процесу зброджування, температурного режиму, тиску та складу біогазу. Використання мережевих датчиків та контролерів дозволяє формувати єдине інформаційне середовище, у якому відбувається обробка даних у реальному часі. Це, у свою чергу, створює передумови для впровадження адаптивних алгоритмів керування.

Застосування методів інтелектуального аналізу даних, зокрема елементів машинного навчання, відкриває можливості для прогнозування виробітку біогазу та оптимізації роботи обладнання. На основі накопичених даних можливо формувати математичні моделі, які враховують вплив складу сировини, режимів подачі та зовнішніх факторів на ефективність процесу. Це дозволяє мінімізувати втрати енергії та підвищити коефіцієнт корисного використання енергоресурсів.

Окрему увагу слід приділити інтеграції біоенергетичних комплексів у локальні енергетичні системи. Використання цифрових платформ керування дозволяє координувати роботу біогазових установок з іншими джерелами енергії, зокрема відновлюваними, такими як сонячні та вітрові установки. У цьому випадку біогаз виступає як кероване джерело енергії, що забезпечує балансування енергосистеми.

Разом з тим, впровадження цифрових технологій супроводжується рядом викликів, серед яких необхідність забезпечення кібербезпеки, надійності передачі даних та стандартизації протоколів обміну інформацією. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, що включає розроблення нормативної бази та впровадження сучасних технічних рішень.

Таким чином, цифрове забезпечення систем керування біоенергетичними комплексами є важливим фактором підвищення їх ефективності, надійності та інтеграційної спроможності в сучасних енергетичних системах.

У результаті дослідження встановлено, що цифровізація систем керування біоенергетичними комплексами є ключовим напрямом їх розвитку. Використання автоматизованих систем збору даних, технологій IoT та інтелектуального аналізу забезпечує підвищення ефективності виробництва енергії та оптимізацію режимів роботи обладнання. Перспективним є створення інтегрованих цифрових платформ, здатних забезпечити адаптивне керування та взаємодію з іншими енергетичними системами. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення уніфікованих підходів до цифрової інтеграції та підвищення кібербезпеки енергетичних об'єктів.

Список літератури

1. Дудніков С.М., Шовкалюк М. М. До питань побудови систем енергопостачання споживачів АПК з використанням альтернативних джерел. *Енергосбережение, энергетика, энергоаудит*. 2012. No 05 (99). С. 56–63.
2. Дудніков С. М. Обґрунтування методики визначення загальних обсягів різних видів енергії від комбінованої системи енергопостачання [Текст] / С. М. Дудніков // *Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка*. Техн. науки. – Харків: СПДФО Червяк В. Є., 2013. – Вип. 142: Проблеми енергозабезп. та енергозбереження в АПК України. – С. 12-14. – Бібліогр.: с. 14
3. IEA. *Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028*. – Paris: International Energy Agency, 2023.

УДК 621.311

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Оберемок Д.О., здобувач РВО PhD
Державний біотехнологічний університет
м.Харків, Україна, dimaoberemok1992@gmail.com

Анотація. Розглянуто вплив відновлюваних джерел енергії на роботу електричних мереж. Проведено аналіз можливостей штучного інтелекту у прогнозуванні генерації та споживання електроенергії, балансуванні навантаження та зниженні втрат. Описано застосування інтелектуальних мереж і методів оптимізації для підвищення ефективності роботи енергетичних систем.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, втрати електроенергії, штучний інтелект, прогнозування генерації електроенергії, Smart Grid

Зростання частки генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії суттєво впливає на режими функціонування сучасних електроенергетичних систем. Нестабільність показників генерації відновлювальних джерел енергії обумовлюють виникнення нових технічних і організаційних викликів, пов'язаних із забезпеченням надійності, стійкості та ефективності роботи електричних мереж. У зв'язку з цим актуалізується потреба у впровадженні інноваційних підходів до управління енергосистемами, зокрема із залученням методів штучного інтелекту.

Сучасні тенденції розвитку електроенергетики передбачають перехід до концепції інтелектуальних електричних мереж (Smart Grid), яка базується на інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій у всі рівні енергетичної інфраструктури. Ключовою особливістю таких мереж є реалізація двостороннього обміну інформацією та енергією між суб'єктами ринку – генерацією, передачею, розподілом і кінцевим споживанням. Важливим елементом цієї концепції є активні споживачі, які здатні не лише споживати, але й генерувати електроенергію, беручи участь у процесах балансування та оптимізації режимів роботи мережі. У результаті формується нове технологічне поняття функціонування електроенергетичних систем, спрямована на підвищення їх гнучкості, адаптивності та ефективності [1].

Однією з ключових задач функціонування електроенергетичних систем є забезпечення балансу між виробництвом і споживанням електроенергії в реальному часі. Інтелектуалізація електромереж дозволяє підвищити точність прогнозування навантажень і генерації, що є критично важливим для ефективного диспетчерського управління. Особливої актуальності набуває задача зниження технологічних втрат електроенергії, які значною мірою виникають при передачі та розподілу.

Застосування методів штучного інтелекту, зокрема алгоритмів машинного навчання та глибоких нейронних мереж, забезпечує суттєве підвищення точності прогнозування електричних навантажень і генерації

порівняно з класичними статистичними підходами. Це досягається завдяки здатності таких моделей обробляти великі масиви різнорідних даних і виявляти нелінійні залежності між метеорологічними параметрами, часовими характеристиками та режимами споживання електроенергії [2].

Моделі на основі штучних нейронних мереж широко застосовуються для прогнозування генерації електроенергії з відновлюваних джерел. Вони враховують такі вхідні параметри, як рівень сонячної радіації, температура навколишнього середовища, швидкість і напрямок вітру, що дозволяє формувати достовірні оцінки генерації електроенергії сонячними та вітровими електростанціями. Отримані прогнози можуть бути використані для оптимізації режимів роботи енергосистеми, зокрема для узгодження графіків генерації та споживання. Водночас реалізація таких підходів потребує адаптації технологічних процесів споживачів і комплексного аналізу їх енергетичних характеристик [3].

У цілому впровадження технологій штучного інтелекту в електроенергетиці забезпечує підвищення ефективності функціонування енергосистем, покращення якості електропостачання та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Використання сучасних методів обробки даних і аналізу метеорологічної інформації сприяє підвищенню точності прогнозів і надійності роботи енергетичної інфраструктури.

Таким чином, цифрова трансформація електроенергетичного сектору, незважаючи на його інерційність, є об'єктивною необхідністю в умовах зростання частки відновлюваних джерел енергії. Штучний інтелект виступає ключовим інструментом забезпечення надійного та ефективного функціонування енергосистем, а також оптимізації процесів генерації, передачі та споживання електроенергії.

Водночас впровадження цифрових технологій є складним багатокомпонентним процесом, що потребує системного підходу, значних інвестицій і міжгалузевої координації. До основних викликів належать необхідність модернізації існуючої інфраструктури, забезпечення кібербезпеки, підготовка кваліфікованих кадрів, а також розробка нормативно-правової бази, що регулює функціонування інтелектуальних енергетичних систем.

Список літератури

1. Miroshnyk O., Moroz O., Shchur T., Chepizhnyi A., Qawaqzeh M., Kocira S. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. *Energies*, 2023, 16(6), 2638. <https://doi.org/10.3390/en16062638>
2. Штучний інтелект в енергетиці: аналіт. доповідь. Суходоля О.М. К.: НІСД, 2022. 49 с.
3. Halko S., Halko K., Suprun O., Qawaqzeh M., Miroshnyk O. Mathematical Modelling of Cogeneration Photoelectric Module Parameters for Hybrid Solar Charging Power Stations of Electric Vehicles. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2022, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916397>

УДК 663.004.183; 631.172

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ЦИФРОВОГО КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ЕНЕРГІЇ В КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Кур`янова Д. С., здобувач РВО магістр
 Дудніков С.М., к.т.н., доц.
 Державний біотехнологічний університет
 м. Харків, Україна, dydnikov@btu.kharkov.ua

Анотація. У статті досліджено підходи до інтелектуалізації цифрового керування процесами виробництва енергії в комбінованих системах енергопостачання. На основі аналізу енергетичних балансів та результатів енергоаудиту запропоновано вдосконалену структурно-параметричну модель КСЕП. Встановлено функціональні залежності між обсягами виробництва різних видів енергії та параметрами системи. Показано, що використання цифрових алгоритмів дозволяє підвищити ефективність прийняття технічних рішень при проектуванні та експлуатації енергетичних комплексів..

Ключові слова: КСЕП, цифрове керування, біоенергетика, моделювання, ВДЕ

На основі проведеного аналізу функціонування комбінованих систем енергопостачання (КСЕП) формуються альтернативні варіанти схемних рішень щодо використання енергії від альтернативних джерел (АДЕ). З урахуванням результатів енергоаудиту, а також методичних підходів до формування енергетичних балансів, удосконалено структурно-параметричну модель КСЕП, яка дозволяє враховувати взаємодію основних підсистем та джерел енергії.

Відповідно до запропонованої моделі, обсяги різних видів енергії, що виробляються та споживаються в КСЕП, доцільно описувати у вигляді функціональних залежностей:

$$Y_i = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n) \quad (1)$$

де Y_i – обсяги i -го виду енергії, x_i – параметри, що визначають режими роботи системи.

Загальний енергетичний баланс КСЕП може бути представлений у вигляді системи рівнянь:

$$A_{\Sigma} = \begin{bmatrix} Y_1 = Y_1'' + Y_1' + Y^\circ - Y_1^\bullet - Y_3^\bullet - Y_4^\bullet - Y_5^\bullet - Y_6^\bullet \\ Y_2 = Y_2'' + Y_2' - Y_2^\bullet \\ Y_3 = Y_3'' + Y_3' \\ Y_4 = Y_2^\bullet + Y^* + \Delta Y_3^\bullet - \Delta Y_2^\bullet \\ Y_5 = Y_3^\bullet - \Delta Y_3^\bullet \\ Y_6 = Y_4'' + \Delta Y_4' + \Delta Y_{42}' + \Delta Y_{44}' + Y_4^\bullet + Y_5^\bullet + Y_6^\bullet \end{bmatrix} = [\sum_1^6 Y_i] \quad (2)$$

Представлена система рівнянь відображає взаємозв'язок між потоками різних видів енергії та дозволяє врахувати як надходження енергоресурсів із зовнішніх джерел, так і їх перерозподіл всередині системи.

Дослідження залежностей між змінами обсягів енергії Y_i та параметрами x_i створює основу для прийняття рішень щодо вибору технічних характеристик обладнання місцевих систем альтернативної енергетики. Зокрема, можуть бути визначені функціональні залежності для окремих видів енергії. Наведемо приклади для електричної та теплової енергії:

для електричної енергії:

$$Y_1 = f_1(x_{el}, \eta_{gen}, P_{inst}, t), \quad (3)$$

де:

- x_{el} – параметри генерації (біогаз, ВДЕ),
- η_{gen} – ККД генератора,
- P_{inst} – встановлена потужність,
- t – час роботи.

для теплової енергії:

$$Y_2 = f_2(x_{th}, \eta_{th}, Q_{loss}), \quad (4)$$

де:

- x_{th} – теплотехнічні параметри процесу,
- η_{th} – ККД теплогенерації,
- Q_{loss} – теплові втрати.

Отримані функціональні залежності дозволяють на етапі проектування здійснювати обґрунтований вибір або модернізацію енергетичних установок та обладнання, що входять до складу КСЕП. Використання цифрових алгоритмів обробки даних забезпечує можливість адаптивного керування режимами роботи системи, що сприяє підвищенню ефективності використання енергетичних ресурсів.

Таким чином, запропонований підхід до інтелектуалізації цифрового керування дозволяє не лише формалізувати процеси функціонування КСЕП, але й забезпечує підвищення точності прийняття технічних рішень при розробці та експлуатації біоенергетичних комплексів.

Список літератури

1. Дудніков С. М. Методи підвищення ефективності функціонування комбінованих систем енергопостачання споживачів АПК: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.01 / Дудніков Сергій Миколайович. – К., 2011 – 278 с.
2. Дудніков С.М., Шовкалюк М. М. До питань побудови систем енергопостачання споживачів АПК з використанням альтернативних джерел. Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. 2012. No 05 (99). С. 56–63.

УДК 663.004.183; 631.172

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦІЙНОГО ОБЛІКУ

Дудніков С. М., к.т.н., доц.
Ужик М. О., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, dydnikov@btu.kharkov.ua

Анотація. у роботі досліджено ефективність передачі даних у системах дистанційного обліку електроенергії. Проведено аналіз сучасних каналів зв'язку, що застосовуються в автоматизованих системах контролю та обліку електричної енергії, зокрема радіоканальних, GSM та PLC-технологій. Визначено їх технічні особливості, переваги та обмеження в умовах експлуатації, особливо для сільських електромереж. Обґрунтовано доцільність використання PLC-технологій як ефективного інструменту забезпечення надійного та економічно обґрунтованого обліку електроенергії.

Ключові слова: АСКОЕ, передача даних, PLC, GSM, енергооблік

Сучасний стан розвитку електроенергетики України характеризується тенденцією до зниження загального рівня електроспоживання, що призводить до недовантаження елементів систем електропередачі. За таких умов значна частина обладнання функціонує у режимах, близьких до неекономічних, що негативно впливає на ефективність енергетичної системи в цілому. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності функціонування електроенергетичних систем є вдосконалення систем обліку електроенергії, зокрема шляхом впровадження сучасних автоматизованих рішень.

Зростання ефективності енергоспоживання значною мірою залежить від надійності передачі інформації в автоматизованих системах контролю та обліку електричної енергії (АСКОЕ). Саме якість і стабільність каналів зв'язку визначають точність обліку, своєчасність обробки даних та можливість оперативного управління енергоспоживанням. У зв'язку з цим особливого значення набуває аналіз існуючих технологій передачі даних та їх адаптація до конкретних умов експлуатації. Дослідження стану систем обліку електроенергії, особливо у сільській місцевості, показує, що підвищення ефективності їх функціонування можливе лише за умови комплексної автоматизації процесів обліку та розрахунків зі споживачами. Реалізація таких рішень здійснюється шляхом інтеграції споживачів у структуру АСКОЕ, яка забезпечує обмін даними між користувачами та постачальниками електроенергії за допомогою різних каналів зв'язку:

- використання радіоканальних систем;
- GSM-зв'язку;
- PLC – технологій.

Кожен із зазначених варіантів має свої технічні особливості, що визначають сферу їх застосування.

GSM-технології характеризуються відносною простотою впровадження, широкою зоною покриття та доступністю інфраструктури. Водночас їх

використання пов'язане з низкою обмежень, серед яких варто відзначити вплив електромагнітних перешкод, наявність абонентської плати, обмежену частоту передачі даних, а також залежність від зони покриття мобільних операторів. Крім того, відсутність уніфікованих стандартів передачі інформації ускладнює інтеграцію таких систем у єдину інформаційну мережу.

Радіоканальні системи забезпечують можливість автономної організації передачі даних, проте їх ефективність значною мірою залежить від умов поширення сигналу, наявності перешкод та необхідності встановлення додаткового обладнання. Це може призводити до зростання капітальних витрат та ускладнення експлуатації системи.

Альтернативним рішенням є використання PLC-технологій, що передбачають передачу даних по існуючих лініях електропередачі. Основною перевагою такого підходу є відсутність необхідності прокладання додаткових каналів зв'язку, що значно знижує витрати на впровадження системи. Крім того, PLC-технології характеризуються достатньо високою завадостійкістю, можливістю гнучкого вибору частот передачі та незалежністю від зовнішніх телекомунікаційних операторів. До особливостей застосування PLC-рішень належить обмежена кількість високочастотних каналів на одній лінії електропередачі, однак це не є критичним фактором для більшості практичних застосувань. Важливим є також те, що рівень перешкод у таких системах є контрольованим, що забезпечує стабільність передачі даних.

Порівняльний аналіз розглянутих технологій дозволяє зробити висновок, що для умов сільських електромереж найбільш доцільним є використання PLC-технологій. Вони забезпечують оптимальне співвідношення між економічними витратами та технічною ефективністю, що особливо важливо при масовому впровадженні систем дистанційного обліку електроенергії.

Таким чином, впровадження сучасних засобів передачі даних у складі АСКОЕ є важливим чинником підвищення ефективності функціонування електроенергетичних систем. Подальший розвиток даного напрямку повинен бути спрямований на удосконалення алгоритмів обробки даних, підвищення надійності каналів зв'язку та інтеграцію різних технологій у єдині інформаційні платформи.

Список літератури

1. Dudnikov S. The feasibility of implementing aedas in rural networks [Text] / S. Dudnikov, O. Zasukha // Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XXI Міжнар. форуму молоді, Держ. біотехнол. ун-т, 10-11 квіт. 2025
2. Засуха, О. М. Обґрунтування необхідності впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії в сільських електромережах [Текст] / О. М. Засуха, С. М. Дудніков, В. Г. Пазій // Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, Держ. біотехнол. ун-т, 5 листоп. 2025 р. – Харків: ДБТУ, 2025. – С. 23-24.

УДК 663.004.183; 631.172

АЛГОРИТМИ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Дудніков С. М., к.т.н., доц.
Іванова М. І., здобувач РВО магістр
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна, dydnikov@btu.kharkov.ua

Анотація. у статті розглянуто підходи до формування структурно-параметричної моделі біоенергетичного комплексу в складі комбінованих систем енергопостачання. Проаналізовано енергетичні потоки, визначено взаємозв'язки між підсистемами та обґрунтовано алгоритм функціонування комплексу з урахуванням використання відновлюваних джерел енергії. Показано можливість підвищення ефективності виробництва енергії за рахунок інтеграції біогазових установок з іншими джерелами та оптимізації енергетичних балансів.

Ключові слова: біоенергетика, КСЕП, біогазова установка, моделювання, ВДЕ

Сучасний стан енергетичного сектору України характеризується залежністю від імпорتنих енергоносіїв, зокрема нафти та природного газу, а також зростаючого впливу викидів парникових газів на довкілля. Вирішення зазначених проблем можливе шляхом активного впровадження локальних енергетичних систем, інтегрованих у комбіновані системи енергопостачання (КСЕП), до складу яких входять біогазові установки (БГУ).

За оцінками фахівців [1, 2], потенціал розвитку біогазових технологій в Україні є значним і в окремих аспектах може перевищувати показники провідних європейських країн, але існує необхідність визначення підходів до підвищення ефективності функціонування біоенергетичних комплексів та обґрунтування алгоритмів їх роботи. Найбільш перспективними є рішення, що передбачають інтеграцію біогазових установок у структуру КСЕП з використанням відновлюваних джерел енергії. Результат проведеного енергетичного аудиту біогазових систем став основою для побудови структурно-параметричної моделі біоенергетичного комплексу (рис.1).

Згідно з запропонованим алгоритмом роботи КСЕП споживач АПК закуповує енергію у ЦС в окремі години доби відповідного сезону: електричну – Y''_1 , теплову – Y''_2 , паливо для транспортних засобів (бензин, дизельне пальне, та інше) – Y''_3 , хімічне добриво – Y''_4 . Обсяги цих видів енергії визначаються відповідними параметрами, які є аргументами функцій Y_i .

Від КСЕП споживач має отримувати усі потрібні йому види енергії: електричну – Y_1 , теплову – Y_2 , паливо для транспортних засобів – Y_3 , до загальних обсягів якого входять обсяги виробленого МСАДЕ біогазу – Y'_2 , теплу (гарячу) воду – Y_4 , технічну, питну воду – Y_5 , добриво – Y_6 , загальні обсяги якого включають в собі: хімічне добриво – $\Delta Y'_4$; органічне добриво вологістю (90-96)% – $\Delta Y'_4$; рідку $\Delta Y'_{42}$ та тверду $\Delta Y'_{44}$ фракції органічного добрива. Отримані види енергії можуть використовуватися споживачем для перетворення в інші види енергії згідно вимог технологічних процесів

виробництва чи власних потреб для системи створення комфортних умов роботи і відпочинку і т.д.

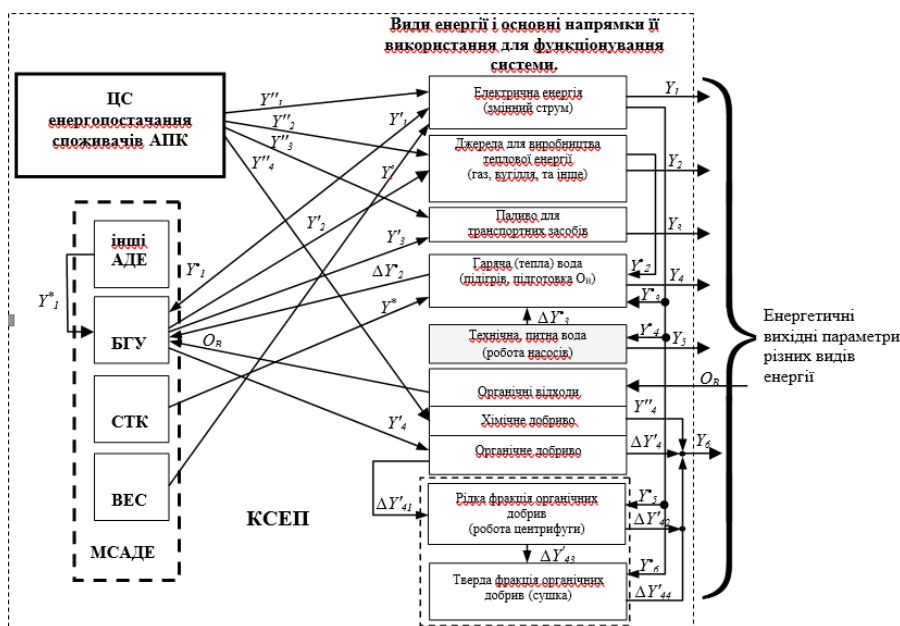


Рис. 1. Структурно-параметрична схема КСЕП.

На власні потреби роботи БЕК використовується енергія органічних та рослинних відходів (O_B), а для підтримання умов технологічного процесу – електрична і теплова види енергії, які вироблені: з біогазу (Y_1 , ΔY_2 , та частка від Y_2 , $Y_3 - Y_6$); з ВЕС, СТК та можливих інших АДЕ (Y_1 , Y_2 , Y_3 та частка від $Y_3 - Y_6$); резервного джерела (ЦС) – частка від (Y_2 , $Y_3 - Y_6$).

В години, коли на ВЕС і СТК виникає надлишок енергії вона накопичується в акумуляторах з технічною водою, яка потім використовується для обігріву БГУ (ΔY_2), або передається споживачеві.

Проведений аналіз показує, що застосування розроблених алгоритмів формування структурно-параметричної моделі дозволяє визначити оптимальні варіанти функціонування біоенергетичних комплексів у складі КСЕП. Це, у свою чергу, створює передумови для підвищення енергоефективності, зниження витрат та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Список літератури

1. Analysis of the energy balance of the local energy supply system based on the bioenergy complex [Electronic resource] / Q. Mohamed, A. Lazurenko, O. Miroshnyk, S. Dydnikov, O. Savchenko, I. Trunova // Energy Smart Systems: 7th International Conference, Kyiv, May 12-14, 2020. – 2020. – Ст. 9160050. – P. 134-138. – DOI [10.1109/ESS50319.2020.9160050](https://doi.org/10.1109/ESS50319.2020.9160050).
2. Development of Algorithm for the Operation of a Combined Power Supply System with Renewable Sources [Electronic resource] / M. Qawaqzeh, S. Dudnikov, O. Miroshnyk, O. Moroz, O. Savchenko, I. Trunova, V. Pazyi, D. Danylchenko, O. Iegorov, S. Halko, R. Buinyi // IEEE, KhPI Week 2022: Conference Proceedings 3rd KhPI Week on Advanced Technology, Kharkiv, 03-07 October 2022. – Kharkiv, 2022. – Ст. 22186808. – DOI [10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916372..](https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916372..)

ЗМІСТ

Секція 1. Інформаційні технології: погляд у майбутнє

Даниленко В.В.

Державний біотехнологічний університет

ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ГАЛУЗЬ ВЕБРОЗРОБКИ ТА
ПРОГНОЗИ НА МАЙБУТНЄ

7

Levterov G., Sergienko O.

Kharkiv National University of Radio Electronics

MACHINE VISION SYSTEMS IN ADVANCED AUTOPILOT
\ALGORITHMS

11

Самойленко О.В., Івашин Д.В.

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРОФОРІЄНТАЦІЙНОЇ РОБОТИ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ:
СУЧАСНІ ІНСТРУМЕНТИ ТА УПРАВЛІНСЬКІ ВИКЛИКИ

14

Горошко О.Л.

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

ІТ-ІНСТРУМЕНТАРІЙ ВІДТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНИХ КОНЦЕПЦІЙ
У ФАХОВІЙ ПІДГОТОВЦІ ВЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ

16

Давидченко І.Д.

Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»

Харківської обласної ради

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ЗАНЯТТЯХ ФІЛОЛОГІЧНОГО
СПРЯМУВАННЯ

21

Zakaryayev Z.N., Zakarya N.Z.

Military Institute named after Heydar Aliyev

ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR IMPROVING SPECTRAL
EFFICIENCY IN 6G NETWORKS

26

Труфанов А.С., Демченко К.В., Панов А.О.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА
ВЕРШКОВОГО МАСЛА

28

Iskanderov R.Z., Imanov E.I., Adiyev G.M.

Military Institute named after Heydar Aliyev

FORECASTING OF MODERN TELECOMMUNICATION NETWORKS
USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

31

Шимчишин О.Й., Карандашов А.В., Шимчишин М.О.

Національний університет «Львівська політехніка»

Львівська філія ПВНЗ “Європейський університет”

СВІТЛОВИЙ БУДИЛЬНИК НА ОСНОВІ ESP8266 ДЛЯ ФІЗІОЛОГІЧНО
КОМФОРТНОГО ПРОБУДЖЕННЯ

34

Герасименко Д.Є., Тимчук С.О., Панов А.О.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА
РОЗЧИННОЇ КАВИ

36

Zakarya N.Z.

Azerbaijan Technical University

CYBERSECURITY RISK MANAGEMENT IN SMALL AND MEDIUM-SIZED
ENTERPRISES: A COMPREHENSIVE REVIEW OF PRACTICES AND
ALIGNMENT WITH THE NIST CYBERSECURITY FRAMEWORK

39

Панченко С.Є., Тимчук С.О.

Сумський державний університет

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО СТЕКУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА NO-CODE
ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБЗАСТОСУНКІВ
(RECOMMENDATIONS ON TECHNOLOGY STACK AND NO-CODE TOOLS
FOR WEB APPLICATION DEVELOPMENT)

48

Музикін А.М., Бовчалуок С.Я.

Харківський національний університет радіоелектроніки

РЕАЛІЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРИ ШЕЙДЕРНО-ОРІЄНТОВАНОЇ БІБЛІОТЕКИ
КОРИСТУВАЦЬКОГО ІНТЕРФЕЙСУ

50

Лєдок М.В., Іващенко О.В.

Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»

Харківської обласної ради

УПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ЦИФРОВИХ
ІНСТРУМЕНТІВ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

56

Bovchaliuk S., Kiyashko M.

Kharkiv National University of Radio Electronics

CONCEPT FOR IMPLEMENTING A FUTURE-ORIENTED PROGRAMMING
LANGUAGE FOR PARALLEL-ACTION CONTROL DEVICES

60

Гнатів І.І., Лобода Н.О.

Львівський національний університет імені Івана Франка

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ОБЛІКУ В УМОВАХ РОЗВИТКУ
FINTECH

66

Орловський В.І., Тимчук С.О., Панов А.О.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА
ХЛІБНОГО КВАСУ

69

Васильченко Л.В.

Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти

ІНТЕГРАЦІЯ ОСВІТИ ТА РИНКУ ПРАЦІ В УМОВАХ
ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІКИ: ГЛОБАЛЬНІ ТРЕНДИ ТА
УКРАЇНСЬКИЙ КОНТЕКСТ

72

Короткова А.І., Піскачова І.В., Панов А.О.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА
КАРТОПЛЯНОГО КРОХМАЛЮ

76

Шкільний О.О., Тимчук С.О.

Сумський державний університет

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ПЛАНУВАННЯ НАВЧАННЯ
(INTELLECTUAL LEARNING PLANNING ENVIRONMENT)

79

Лінькова Є.І., Іванова Н.Г.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПОЧАТКОВОГО ЕТАПУ НАВЧАННЯ
ІСПАНСЬКОЇ МОВИ: ОПАНУВАННЯ АЛФАВІТУ ЯК
ЛІНГВОДИДАКТИЧНИЙ ВИКЛИК

81

Плюшко Р.І., Головчук Ю.О.

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КАДРОВИЙ
МЕНЕДЖМЕНТ

86

Kryvoviaz A., Slivka M.

Uzhhorod National University

VIRTUAL CHEMICAL EXPERIMENT IN MODERN EDUCATION

89

Щербань Ю.О., Іванова Н.Г.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

ЦИФРОВІ ПЛАТФОРМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОЧАТКОВОГО
НАВЧАННЯ ІСПАНСЬКОЇ МОВИ: МОЖЛИВОСТІ ТІКТОКУ

91

Мартин В.О., Дука С.О., <i>Національна академія Служби безпеки України</i> ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЕКОНОМІЧНОМУ ШПИГУНСТВІ	94
Яровий І.О. <i>Харківський національний автомобільно-дорожній університет</i> ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ КУЛЬТУРНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРСОНАЛУ В МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ КОМПАНІЯХ	97
Денисенко О.Г., Волохань А.В. <i>Комунальний заклад освіти «Покровський професійний коледж» Дніпропетровської обласної ради»</i> ІННОВАЦІЙНІ ІТ-ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПІДТРИМКИ МЕНТАЛЬНОГО ЗДОРОВ'Я УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ	101
Мелешко В.Д., Тимчук С.О., Панов А.О. <i>Державний біотехнологічний університет</i> РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА МАРИНОВАНИХ ОГІРКІВ	106
Корнійчук А.А., Демченко К.В., Радченко С.С. <i>Державний біотехнологічний університет</i> РОЗРОБКА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ТА ТРЕКІНГУ ЗАДАЧ ДЛЯ ІТ-КОМАНД	109
Півень К.А., Чернецький А.С. <i>Державний біотехнологічний університет</i> РОЗРОБКА МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ДЛЯ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ПЛАТФОРМ ОНЛАЙН-БІЗНЕ	111
Салімов В.Б., Бовчалюк Н.І. <i>Державний біотехнологічний університет</i> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ФОРМУВАННЯ КОНДЕНСАЦІЙНОЇ ВОЛОГИ	113
Яровенко П.А., Бовчалюк Н.І. <i>Державний біотехнологічний університет</i> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ РІВНЯ ВОДИ	115
Болотний Д.Ю., Бовчалюк С.Я. <i>Державний біотехнологічний університет</i>	

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ РІВНЯ РІДИНИ З УЛЬТРАЗВУКОВИМ ДАТЧИКОМ	117
Улько В.К., Бовчалюк С.Я. <i>Державний біотехнологічний університет</i> ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ	119
Лєвтерєв М.О., Солдатенко С.С. <i>Харківський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну</i> ІНТЕРАКТИВНІ ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ: ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОСТОРОВИХ ОБ'ЄКТІВ ТА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ПРАКТИЧНОГО СПРЯМУВАННЯ	121
Ліфєнцев О.Є., Бовчалюк С.Я. <i>Державний біотехнологічний університет</i> РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГРАМУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО КОНТРОЛЕРА АСК	126
Франчук-Крива Л.О. <i>Одеська гімназія №46</i> МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ БІОЛОГІЇ ІЗ СУЧАСНИМИ МУЛЬТИМЕДІЙНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ	129
Лучко Ю.І. <i>Хмельницький інститут соціальних технологій Університету «Україна»</i> ТРАНСФОРМАЦІЯ МЕТОДІВ КІБЕРЗАХИСТУ В УМОВАХ ПЕРЕХОДУ ДО ПОСТКВАНТОВОЇ ЕРИ	132
Бабинін М.Р., Бовчалюк Н.І. <i>Державний біотехнологічний університет</i> ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ВІДЕОФІКСАЦІЇ ЗА ОЗНАКАМИ РУХУ	135
Ліннік О.В. <i>Державний біотехнологічний університет</i> МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ЛІДЕРСТВА ОРГАНІВ ВИКОНАВЧОЇ ВЛАДИ В УМОВАХ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ	137
Морозов А.В. <i>Кам'янський енергетичний фаховий коледж</i> ВПЛИВ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЕВОЛЮЦІЮ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	139

Хомочкін А.П.

Приватний заклад освіти «КМДШ Голосіїв» у формі ТОВ

**ВИКОРИСТАННЯ ПОМІЧНИКІВ НА ОСНОВІ ШІ ДЛЯ
ВИЗНАЧЕННЯ МІНЕРАЛІВ, НАПІВКОШТОВНОГО ТА
КОШТОВНОГО КАМІННЯ**

140

Пономаренко Ю.В.

*Комунальний заклад «Харківський ліцей №152 Харківської міської р
ади»*

**ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ
МАТЕМАТИКИ**

142

Секція 2. Інтеграція ІТ у промисловості: сучасні тенденції

Крайнюк О.В., Стрілець Д.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**АВТОНОМНІ ІОТ-ТЕРМІНАЛИ ЯК ОСНОВА КІБЕРСТІЙКОЇ
СИСТЕМИ ВИДАЧІ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ** 146

Віштак І.В., Галузінська О.І.

Вінницький національний технічний університет

**ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА БЕЗПЕКУ ПРАЦІ В УМОВАХ
ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ** 151

Baxshiyev I.S., Sadixov A.S.

Military Institute named after Heydar Aliyev

MODERN MEMORY DEVICES OF ELECTRONIC EQUIPMENT 156

Стативка Є.С., Левтеров О.А.

Національний університет цивільного захисту

**ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ
ОБ'ЄКТІВ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ УДАРНО-
ІМПУЛЬСНОГО ВПЛИВУ** 161

Гурко О.Г., Мірошник В.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АЛГОРИТМІВ НАВЧАННЯ З
ПІДКРІПЛЕННЯМ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНО-
КЕРУЮЧОГО КОМПЛЕКСУ ЕКСКАВАТОРА** 164

Островський О.Т.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЧІ
ПРОЦЕСИ** 167

Клітний Д.В., Хітько А.Г.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ
ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ** 170

Гургенян А.Е., Ковальчук Д.М.

Державний біотехнологічний університет

**РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО
МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ СМАРТТЕПЛИЦЕЮ** 174

Піскаръов О.М., Курганова А.В., Рижов Е.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ
АНОМАЛІЙ ТА КРИПТОГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ ДАНИХ У
ПРОМИСЛОВИХ МЕРЕЖАХ

176

Глущенко М.В., Тимчук С.О.

Державний біотехнологічний університет

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ІРИГАЦІЙНОЮ
СИСТЕМОЮ

178

Абраменко І.Г., Тюльпінов М.С.

Державний біотехнологічний університет

АНАЛІЗ ЛІНІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ ЯК
ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

181

Кубась Є.С., Демченко К.В.

Державний біотехнологічний університет

АДАПТИВНИЙ ЛЮДИНО-МАШИННИЙ ІНТЕРФЕЙС В
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ

183

Ковальчук Д.М., Ладоненко Д.В.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ СТРІЧКОВИМ КОНВЕЄРОМ

185

Абраменко І.Г., Кріль А.А.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ РОЗЛИВУ ХАРЧОВОЇ
ПРОДУКЦІЇ У ПЛЯШКИ

187

Абраменко І.Г., Лисиця А.Є.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ
ПРОЦЕСОМ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ФЕРМЕРСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА

189

Абаньшина А.П., Демченко К.В.

Державний біотехнологічний університет

ПІДХОДИ ДО САМОДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ
З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛК

191

Абраменко І.Г., Мушенко Б.А.

Державний біотехнологічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ

193

Абраменко І.Г., Павліченко І.О.

Державний біотехнологічний університет

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦУКРУ ЯК ОБ'ЄКТА
УПРАВЛІННЯ

195

Піскарьов О.М., Артеменко В.О.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ СПЕКТРА
ЗВУКОВОГО СИГНАЛУ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

196

Піскарьов О.М., Бойко О.М.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА ЗБЕРІГАННЯ
ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ ДАНИХ У РОЗПОДІЛЕНИХ МЕРЕЖАХ

198

Піскарьов О.М., Майборода Я.О.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ
ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

200

Піскарьов О.М., Грабельник В.М.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОЇ ІГРОВОЇ СИСТЕМИ НА БАЗІ
МІКРОКОНТРОЛЕРА STM32 ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІЧНИХ
ПРИСКОРЮВАЧІВ

202

Піскарьов О.М., Чернецький А.С., Яковлева А.А.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО
АНАЛІЗУ ТА ОБРОБКИ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА БАЗІ
НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

204

Захарчук М.А., Піскачова І.В.

Державний біотехнологічний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА
ВАРЕНО-СУШЕНИХ КРУП

206

Абраменко І.Г., Камара Р.

Державний біотехнологічний університет

АНАЛІЗ ВОДОНАГРІВАЛЬНОГО КОТЛА КОТЕЛЬНІ ЯК ОБ'ЄКТА
УПРАВЛІННЯ

209

Ковальчук Д.М., Андропова А.О.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ
ОВОЧЕСХОВИЩА

211

Чемерис Д.В., Піскарьов О.М., Чернецький А.С.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ НА БАЗІ
МІКРОКОНТРОЛЕРА

213

Устіменко О.Д., Піскачова І.В.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА

215

Точенюк О.В., Филипенко Г.І.

Харківський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ
ПОКРІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

219

Абраменко І.Г., Гриб Д.В.

Державний біотехнологічний університет

АНАЛІЗ ЛІНІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ЯК
ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

223

Кононихін О.С., Забавський Д.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СТРУКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
ПЕРСОНАЛУ НА ВИРОБНИЧОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

225

Піскарьов О.М., Чернецький А.С., Тузов І.В.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ІНТЕРНЕТ-
МАГАЗИНУ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ПРИЙНЯТТЯ ЗАМОВЛЕНЬ У
РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

229

Самченко В.Р.

Кам'янський енергетичний фаховий коледж

ІНТЕГРАЦІЯ ІТ У ПРОМИСЛОВІСТІ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ

231

Секція 3. Цифрові рішення у сфері фінансів і економіки

Башук І.Г.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

**ІІІ В БУХГАЛТЕРІЇ: АВТОМАТИЗАЦІЯ, РИЗИКИ ТА НОВІ
МОЖЛИВОСТІ**

232

Даниленко В.В., Кобцева А.С.

Державний біотехнологічний університет

**ЕЛЕКТРОННІ ПЛАТЕЖІ ТА ЇХНЯ РОЛЬ У ПІДВИЩЕННІ ДОСТУПНОСТІ
ТУРИЗМУ**

236

Морозова О.О.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

**ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ІНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГУ ЯК ІНСТРУМЕНТ
ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА**

240

Хилько І.І., Слободян Т.А.

Миколаївський національний аграрний університет

**МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНІЙ ЕКОНОМІЦІ**

244

Меньшикова А.Д., Башук І.Г.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

**ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМАТИЗАЦІЇ
БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ ПІДПРИЄМСТВА**

248

Гребенюк А.А., Макогон В.В.

Державний біотехнологічний університет

**ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ОПТИМІЗАЦІЇ АКЦИЗНОГО
НАВАНТАЖЕННЯ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ**

251

Наконечна О.А., Сивоконь Т.В.

Одеський державний аграрний університет

**БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЇ В БУХГАЛТЕРСЬКОМУ ОБЛІКУ Й
АУДИТІ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА РИЗИКИ**

256

Осадчий М.Л.

Одеський національний економічний університет

**СМАРТПЛАТФОРМИ У ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ: ОПТИМІЗАЦІЯ
ВИТРАТ І ФОРМУВАННЯ НОВИХ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ**

261

Хижняк М.Ю., Курган Н.В.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ОБЛІКУ Й АНАЛІЗУ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ
ЯКОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ФІНАНСОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ
ПІДПРИЄМСТВА

265

Бушай М.С., Близнюк О.П.

Державний біотехнологічний університет

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВО-
ІНВЕСТИЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ СУБ'ЄКТІВ ПІДПРИЄМНИЦТВА

269

Круглов Д.О., Макогон В.В.

Державний біотехнологічний університет

СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЦИФРОВІ СИМУЛЯЦІЇ У
ПРОГНОЗУВАННІ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ

271

Вашечко С.С., Нагаєв В.М.

Державний біотехнологічний університет

МОДЕЛЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ HR-МЕНЕДЖМЕНТУ В СИСТЕМІ
АГРАРНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

276

Кізілов А.В.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

ЦИФРОВИЙ КОНТРОЛІНГ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ
СТРАТЕГІЧНО-ТРАНСФОРМАЦІЙНИМ РОЗВИТКОМ
ПІДПРИЄМНИЦТВА

278

Король Є.С., Нагаєв В.М.

Державний біотехнологічний університет

МОДЕЛЬ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ РЕСТОРАННИМ
ПІДПРИЄМСТВОМ ТІВ УМОВАХ КОНКУРЕНТНОГО СЕРЕДОВИЩА

280

Шаповалов В.О., Макогон В.В.

Державний біотехнологічний університет

СУЧАСНІ ФІНАНСОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК
ІНСТРУМЕНТИ ПІДТРИМКИ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ
БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ

282

Кірюхіна В.С., Близнюк О.П.

Державний біотехнологічний університет

УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВИМИ РЕСУРСАМИ В СИСТЕМІ
ФОРМУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ
ПІДПРИЄМСТВ

286

Сабалдир О.О., Степанова Г.М.

Національна академія внутрішніх справ

ЦИФРОВІ РІШЕННЯ У СФЕРІ ФІНАНСІВ ТА ЕКОНОМІКИ 288

Нечитайло К.І., Башук І.Г.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

ЦИФРОВІЗАЦІЯ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ: СУЧАСНІ
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА ФІНАНСОВУ ЗВІТНІСТЬ
ПІДПРИЄМСТВ 291

Скрипка О.В., Башук І.Г.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОБОТІ БУХГАЛТЕРА,
ЕКОНОМІСТА Й БІЗНЕС-АНАЛІТИКА 295

Бернацький О.Є., Нагаєв В.М.

Державний біотехнологічний університет

МОДЕЛЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ГОСПОДАРСЬКОГО МЕХАНІЗМУ
РЕАЛІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ 298

Захарова О.А., Макогон В.В.

Державний біотехнологічний університет

ЦИФРОВІ МЕТОДИ ЕКОНОМІКО-СТАТИСТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОДАТКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА
ФІНАНСОВУ СТІЙКІСТЬ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ 300

Омельченко М.Д., Близнюк О.П.

Державний біотехнологічний університет

ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВОЮ
БЕЗПЕКОЮ ПІДПРИЄМСТВА 304

Зателепа В.К., Макогон В.В.

Державний біотехнологічний університет

ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОДАТКОВОГО
НАВАНТАЖЕННЯ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ 306

Захаренко С.С., Близнюк О.П.

Державний біотехнологічний університет

ФОРМУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО КЛІМАТУ УКРАЇНИ
В УМОВАХ ВІЙНИ 310

Мальонкін Є.М., Нагаєв В.М.

Державний біотехнологічний університет

УПРАВЛІНСЬКА КОМПЕТЕНТНІСТЬ КАДРОВОГО СКЛАДУ ЯК
ОСНОВА ДІЛОВОЇ РЕПУТАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

312

П'янов С.В., Ставерська Т.О.

Державний біотехнологічний університет

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ФОНДОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ:
СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ВИКЛИКИ

314

Жеденко Н.О., Костенко Г.П.

Бердянський державний педагогічний університет

СПЕЦИФІКА ЗБОРУ АУДИТОРСЬКИХ ДОКАЗІВ В УМОВАХ
ОБМЕЖЕНОГО ДОСТУПУ ДО ОБ'ЄКТІВ ПЕРЕВІРКИ

317

Міщукowa Д.А., Нагаєв В.М.

Державний біотехнологічний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОСМЕТИЧНИМ
ПІДПРИЄМСТВОМ В УМОВАХ РИНКОВОЇ КОНКУРЕНЦІЇ

319

Дубінін І.О., Близнюк О.П.

Державний біотехнологічний університет

СУТНІСТЬ БАНКІВСЬКИХ ДОХОДІВ І ВИТРАТ ТА ЇХ
КЛАСИФІКАЦІЯ

321

Шутько Д.Ю., Нагаєв В.М.

Державний біотехнологічний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ Б'ЮТИ-
ПРОДАЖАМИ ПІДПРИЄМСТВА НА ПРИКЛАДІ КОМПАНІЇ
«FRC FRENCH» (м. ХАРКІВ)

323

Секція 4. Інформаційні технології для сталого розвитку**Шелест О.Л.***Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна***РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ
СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

325

Levkin D., Kotko Ya., Levkin A.*State Biotechnological University***CYBERSECURITY AND DIGITAL TRANSFORMATION OF SOCIETY –
THE BIGGEST CHALLENGES OF TODAY**

328

Самойленко О.В., Кривчук М.В.*Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя***ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ОСВІТИ ЯК
СКЛАДОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

330

Крайнюк О.В., Репринцева Р.Р.*Харківський національний автомобільно-дорожній університет***КІБЕРЗАХИЩЕНА СИСТЕМА АВТОНОМНОГО МОНІТОРИНГУ
НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ЗОН**

332

Самойленко О.В., Пекальова В.О.*Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя***ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ОСВІТНЬОГО МЕНЕДЖМЕНТУ
ЯК УМОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ
ЗАКЛАДУ ОСВІТИ**

338

Рашкевич Н.В.*Національний університет цивільного захисту України***ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ МЕТОДИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ
ТЕХНОГЕННИХ НЕБЕЗПЕК ЯК ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ
В УМОВАХ ВОЄННОГО ВПЛИВУ**

340

Kapiton A.*Yuriy Kondratyuk Poltava Polytechnic National University***SYSTEM ARCHITECTURE AND ALGORITHMICAL BASIS OF
NUMERICAL METHODS**

343

Даниленко В.В., Гридчина Є.А.*Державний біотехнологічний університет***ЕВОЛЮЦІЯ ЦИФРОВИХ РІШЕНЬ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО
РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ В ЕРУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

344

Шишко І.М.

Комунальний заклад «Харківський ліцей №113 Харківської міської ради»

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЧИННИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ

347

Нечитайло Ю.А., Радченко В.В.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРОТУАРНОЇ ПЛИТКИ

349

Краснов В.А., Рашкевич Н.В., Рашкевич О.С.

Національний університет цивільного захисту України

МОНІТОРИНГ ТЕРИТОРІЙ НАВКОЛО СХОВИЩ

ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

353

Нечитайло Ю.А., Дзвіняк І.Р.

Державний біотехнологічний університет

КЛІЄНТ-СЕРВЕРНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ

МАГАЗИНУ КАНЦТОВАРІВ

357

Самойленко А.Р., Синявіна Ю.В.

Державний біотехнологічний університет

АДАПТИВНІ ТА КЛАСИЧНІ МОДЕЛІ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

В УМОВАХ КІБЕРЗАГРОЗ

360

Чалий І.В., Міхальова К.М.

Державний біотехнологічний університет

НОВІТНІ ЗАСОБИ АДМІНІСТРУВАННЯ У WINDOWS 11

363

Обидєннова Т.С.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

ЦИФРОВІ ПЛАТФОРМИ УПРАВЛІННЯ ТАЛАНТАМИ В УМОВАХ

СТАЛОГО РОЗВИТКУ БІЗНЕСУ

365

Chygryna S.A.

State Biotechnological University

TRANSFORMATION OF AGRICULTURE: THE KEY ROLES OF

DRONES IN PRECISION FARMING

367

Лобода Н.О., Стефанишин С.Р.

Львівський національний університет імені Івана Франка

ІННОВАЦІЙНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СТАЛОГО

РОЗВИТКУ ОБЛІКОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПОДАТКОВОЇ

ЗВІТНОСТІ

369

Романюк Ю.Р., Будішевська О.Г.

Національний університет «Львівська політехніка»

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ У ДОСЛІДЖЕННЯ
ХІТОЗАН-БЕНТОНІТОВИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ
СТІЧНИХ ВОД ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

372

Самойленко А.Р., Дьоміна В.М.

Державний біотехнологічний університет

АРХІТЕКТУРА БЕЗПЕЧНОЇ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ
ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ
ХУДОБИ

374

Чалий І.В., Міхальова К.М.

Державний біотехнологічний університет

ТЕХНОЛОГІЇ VIRTUALIZATION-BASED SECURITY У WINDOWS 11

377

Чаговець В.В., Медведєв М.Л.

Державний біотехнологічний університет

ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ТИПОГРАФІКИ НА ЯКІСТЬ ЦИФРОВОГО
КОНТЕНТУ

379

Нечитайло Ю.А., Хоміч Є.С.

Державний біотехнологічний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УТИЛІЗАЦІЇ ТА ПЕРЕРОБКИ
ПЛАСТИКОВОЇ ТАРИ

382

Балла Л.В.

Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»

Харківської обласної ради

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ
КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ПЕДАГОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ
В УМОВАХ ВИЩОЇ ШКОЛИ

387

Грищенко А.А.

Національний університет цивільного захисту України

ПІДВИЩЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЗБЕРІГАННЯ
НАФТОПРОДУКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ МОДЕЛЮВАННЯ

389

Созанська Т.М., Шуба І.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ
ДЛЯ СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

393

Левтеров М.О., Скрипник Д.В.

Харківський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК СПІВАВТОР ДИЗАЙНЕРА:

ПРОЄКТУВАННЯ ВІД КРЕСЛЕНЬ ДО ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ

398

Шевцов І.О., Фесенко Т.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ФРЕЙМВОРК ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

КОНФІДЕНЦІЙНОСТІ ОБЧИСЛЕНЬ У ГЕТЕРОГЕННИЙ

FOG-ІНФРАСТРУКТУРІ

404

Чуб І.М., Чумакова А.С.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

УПРАВЛІННЯ УСТАНОВКОЮ МЕТРОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ

ВИТРАТИ РІДИНИ

408

Нагаєв В.М., Червоний С.О., Безнос Є.О.

Державний біотехнологічний університет

МОДЕЛЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ

УПРАВЛІНСЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МЕНЕДЖЕРІВ

410

Філь Н.Ю., Бачила Д.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАГАЛЬНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ВИБОРУ ГІБРИДНОГО

ІНВЕРТОРА ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

413

Проценко Н.М., Косицин О.О., Проценко Н.М.

Державний біотехнологічний університет

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АВТОМАТИЗАЦІЇ ДИЗАЙНУ

ІГРОВИХ ВЕБІНТЕРФЕЙСІВ

416

Авраменко В.А., Башук І.Г.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ФІНАНСОВОМУ ОБЛІКУ:

ПЕРСПЕКТИВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКОВИХ ПРОЦЕСІВ

419

Тіхонова В.А., Нечитайло Ю.А.

Державний біотехнологічний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИНЕРГІЇ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ

В ГЕТЕРОГЕННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

422

Проценко Н.М., Бутенко Т.А.

Державний біотехнологічний університет
ІННОВАЦІЇ ТА ОБМЕЖЕННЯ В 3D-ДРУКУ

427

Лукінов Я.В., Дьоміна В.М.

Державний біотехнологічний університет
КІБЕРЗАХИСТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГОМЕРЕЖ ЯК СКЛАДОВА
СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

430

Чайка Т.О.

*Відокремлений структурний підрозділ «Аграрно-економічний фаховий коледж
Полтавського державного аграрного університету»*
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СТАЛОМУ РОЗВИТКУ
ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: ІНТЕГРОВАНІ РІШЕННЯ ТА
МОБІЛЬНІ ДОДАТКИ

434

Піскарьов О.М., Целуйко О. М.

Державний біотехнологічний університет
РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ
ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ АДАПТИВНОЇ НАВІГАЦІЇ

440

Секція 5. Цифрові платформи та рішення у транспортній галузі

Іващенко М.М., Ратнакар Ю.В., Хмара А.О.

Інститут цивільної авіації Харківського національного університету

Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ ПАСАЖИРІВ У ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

442

Даниленко В.В., Федорченко Д.В.

Державний біотехнологічний університет

РОЛЬ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ У ЛОГІСТИЦІ ТУРИСТИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

446

Крайнюк О.В., Яковлева А.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АЛГОРИТМИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СВІТЛОФОРАМИ В КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНОГО МІСТА

449

Плугіна Т.В., Авдєєв В.Ю.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАДАЧА ПРОЄКТУВАННЯ ТЕРМІНАЛЬНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (ІОТ)

454

Осадчий М.Л.

Одеський національний економічний університет

ІННОВАЦІЙНІ БІЗНЕС-МОДЕЛІ У ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ НА ОСНОВІ ЦИФРОВИХ ЕКОСИСТЕМ

458

Лаворько І.Д., Ковальчук Д.М.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ

461

Хілько О.О., Нечитайло Ю.А.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯМ МОТОРНОГО ПАЛИВА

463

Парамонов Є.С., Пак А.В.

ННІ «УІПА» ХНУ ім. В.Н. Каразіна

РОЛЬ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ У ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИКИ ТА МАСШТАБУВАННІ БІЗНЕСУ

467

Жорняк А.С., Іванов В. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

ЦИФРОВІЗАЦІЯ СЕРВІСУ ХАРЧУВАННЯ У ШВИДКІСНИХ ПОЇЗДАХ: РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ЗАМОВЛЕННЯ ЇЖИ

469

Секція 6. Цифрові технології в машинобудуванні

Артёмов М.П., Пушкаренко О.Ю.

Державний біотехнологічний університет

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ПОДАЧЕЮ ПАЛИВА ДИЗЕЛЯ
ШЛЯХОМ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИЛІНДРІВ**

471

Smetankina N.V., Misiura Ie. Yu., Ivanova A.V.

*Anatolii Pidhornyi Institute of Power Machines and Systems of the National
Academy of Sciences of Ukraine*

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

State Biotechnological University

**ANALYSIS OF CURRENT MANUFACTURING TECHNOLOGIES IN
THE AGRICULTURAL MACHINERY**

473

Скляр О.Г.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра
Моторного*

**ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ – ЗАПОРУКА ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ СКОТАРСТВА В УКРАЇНІ**

475

Димерцов Д.О.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

**РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ РОЗРАХУНКУ
ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАКРИТИХ ЄМНОСТЯХ**

477

Лиходєєв О.С., Мартиненко А.В.

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
АВІАЦІЙНИМИ ДВИГУНАМИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ДАНИХ**

480

Гурко В.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МОДУЛЬ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМ
ОБЛАДНАННЯМ НАВАНТАЖУВАЧА**

482

Багач Р.В., Латвинський В.Д., Мельник Н.Г.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ
СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

485

Момот М.М., Добров Н.Г.

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОЄКТУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ
СУДЕН

490

Плугіна Т.В., Теліцин Д.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ НАВІГАЦІЙНОГО МОДУЛЯ БДМ У
СЕРЕДОВИЩІ PROTEUS

493

Бурдейна В.М., Дунаєв В.В.

Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ РОБОТИЗОВАНОГО
МАНІПУЛЯТОРА В УМОВАХ ЦИФРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

497

Багач Р.В., Латвинський В.Д., Савенко О.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЛЕГКОВИХ
ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

500

Калюжний О.Б., Платков В.Я., Марченко М.М.

Державний біотехнологічний університет

ІНТЕРАКТИВНА ВЕБОРІЄНТОВАНА ПРОГРАМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ
РЕЖИМІВ РІЗАННЯ В ПРОЦЕСАХ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

504

Циб А.О.

Державний біотехнологічний університет

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ: ВІД
АВТОМАТИЗАЦІЇ ДО АНДРОЇДИЗАЦІЇ

507

Бекіров А.Ш.,

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

ДІАГНОСТИКА НЕСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМИ ВІДБОРУ ПОВІТРЯ
НА РІЗНИХ ТИПАХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ЗА ДОПОМОГОЮ
ГЕНЕРАТИВНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

511

Латвинський В.Д., Багач Р.В., Челпан Д.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ВАРІАНТІВ
ТЕПЛООБМІННИКА НА ОСНОВІ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
В ANSYS

515

Артёмов М.П., Ген І.О.

Державний біотехнологічний університет

**ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
МОБІЛЬНИХ АГРЕГАТІВ**

519

Анікєєв О.І., Ільїна Н.О.

Державний біотехнологічний університет

**РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОГО
ПРОЦЕСУ**

521

Мельник В.І., Зеленський О.П., Зеленський А.П.

Державний біотехнологічний університет

**ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА
СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ
ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ ВІДЦЕНТРОВОГО РАДІАЛЬНОГО
ВЕНТИЛЯТОРА**

526

Черевашенко І.С., Калюжний О.Б.

Державний біотехнологічний університет

**ВИКОРИСТАННЯ СПЛАВІВ НІТИНОЛУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНІЗМІВ**

529

Свіргун О.А., Черноног А.Ю.

Державний біотехнологічний університет

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ДРАЙВЕР ТРАНСФОРМАЦІЇ
МАШИНОБУДУВАННЯ**

533

Топільський П.М., Воложинська О.О.

Харківський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну

**ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ
БУДІВЕЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ НА ОСНОВІ ВІМ-МОДЕЛЕЙ
ТА VR-ВІЗУАЛІЗАЦІЇ**

535

Секція 7. Електроенергетика в епоху цифровізації

Вольська А.В., Чуб І.М.

Державний біотехнологічний університет

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ
УСТАНОВКИ 538

Карабут О.О., Тимчук С.О.

Державний біотехнологічний університет

ПІДСИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПРИВАТНОГО БУДИНКУ 540

Циганов Є.В., Приходько Л.Є.

Дніпровський політехнічний фаховий коледж

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ 543

Мотайло М.С., Мороз О.М.

Державний біотехнологічний університет

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МІЛР ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ
УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ 545

Оксенич Р.В., Мірошник О.О.

Державний біотехнологічний університет

ПОРІВНЯННЯ СПОСОБІВ БАЛАНСУВАННЯ КОМІРОК
ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ 548

Надєїн О.Ю., Бовчалюк Н.І.

Державний біотехнологічний університет

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ 554

Левицький М.Є., Нечитайло Ю.А.

Державний біотехнологічний університет

ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВОДКИ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ
ЗАСОБАМИ AUTOCAD ELECTRICAL 556

Дорошенко А.М., Коломієць Д.П., Серьогін О.О.

Національний університет харчових технологій

ЗБІЛЬШЕННЯ ЕКСПОРТУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ЗЕЛЕНИМ
ТАРИФОМ В УМОВАХ ДІЇ ГРАФІКІВ ВІДКЛЮЧЕНЬ 559

Максименко А.В., Дудніков С.М.

Державний біотехнологічний університет

МЕТОДИ Й АЛГОРИТМИ ОЦІНЮВАННЯ ГРАНИЧНИХ ВИТРАТ
НА ВПРОВАДЖЕННЯ КСЕП

561

Бодров В.В., Нечитайло Ю.А.

Державний біотехнологічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ
ОСВІТЛЕННЯМ МЗК ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОВИТРАТ У
БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ

563

Данілейко А.А., Дудніков С.М.

Державний біотехнологічний університет

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З
УПРОВАДЖЕННЯ АСКОВЕ

567

Клочко А.О., Дудніков С.М.

Державний біотехнологічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ЦИФРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ
КЕРУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИМ КОМПЛЕКСОМ

569

Оберемок Д.О.

Державний біотехнологічний університет

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

572

Кур'янова Д.С., Дудніков С.М.

Державний біотехнологічний університет

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ЦИФРОВОГО КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ
ЕНЕРГІЇ В КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

574

Ужик М.О., Дудніков С.М.

Державний біотехнологічний університет

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У СИСТЕМАХ
ДИСТАНЦІЙНОГО ОБЛІКУ

576

Іванова М.І., Дудніков С.М.

Державний біотехнологічний університет

АЛГОРИТМИ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНОЇ
МОДЕЛІ БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

578

СЕРТИФІКАТИ УЧАСНИКІВ – за [посиланням](#)

Інформаційне видання

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
міжнародної науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти і молодих учених
«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ СВІТІ»

21 квітня 2026 року

Відповідальна за випуск *Ю.А. Нечитайло*
Комп'ютерний набір та верстка *Ю.А. Нечитайло*
Редактор *Л.Ю. Кротченко*

Підп. до друку 07.05.2026 р.
Один електрон. оптичний диск (CD-ROM);
супровідна документація. Об'єм даних 14.7 Мб.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44